

TOMOS
—
V
=



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE: EXPERIENCIAS DESDE LO LOCAL

TLAJOMULCO EN EL CONTEXTO DEL ÁREA
METROPOLITANA DE GUADALAJARA

COORDINADORES
MARCO ANTONIO BERGER GARCÍA
IVÁN ALEJANDRO SALAS DURAZO

TOMO II CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE

MARCO ANTONIO BERGER GARCÍA
(COORDINADOR DEL TOMO)



Objetivos de Desarrollo Sostenible: Experiencias desde lo local Tlajomulco en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara

Marco Antonio Berger García
Iván Alejandro Salas Durazo
(Coordinadores)

Tomo II. Cuidado del medio ambiente

Marco Antonio Berger García
(Coordinador del tomo)

Primera edición, febrero del 2026

D.R. © Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Innovación

La realización de esta obra fue posible gracias al apoyo y facilidades otorgado por la Universidad de Guadalajara que hicieron posible concretar este proyecto multidisciplinar y de colaboración académica.

Esta obra fue financiada con fondos del Programa de Apoyo a la Mejora en las Condiciones de Producción de los Miembros del SNII y SNCA (PROSNII), el cual tiene como objetivo ***“Apoyar a los investigadores de la Universidad de Guadalajara que sean miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) y del Sistema Nacional de Creadores de Arte (SNCA) de la Universidad de Guadalajara en sus actividades de investigación, difusión y formación de recursos humanos que apoyen su permanencia y promoción en el SNII y SNCA”***. Asimismo, contó con el financiamiento del Departamento de Innovación Tecnológica del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara.

ISBN: **978-607-69341-3-5** Objetivos de Desarrollo Sostenible: Experiencias desde lo local. Tlajomulco en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara

ISBN: **978-607-69341-6-6** Tomo II. Cuidado del medio ambiente

Editado por: Alejandra Ulloa en Prometeo editores
Diseño de portada: Alejandra Ulloa

Todos los derechos son reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su totalidad o parcialidad, en español o cualquier otro idioma, ni registrada en, transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, inventado o por inventar, sin permiso expreso, previo y por escrito del autor.

Este libro fue dictaminado por pares académicos bajo la modalidad de doble ciego por especialistas miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Asimismo, la totalidad de los capítulos y secciones que componen esta obra fueron sometidos a un análisis de similitud con el **software** Turnitin.

Se contó con un comité científico conformado de manera externa por miembros de la Academia Jalisciense de Ciencias con el propósito de avalar la calidad académica y editorial de la presente obra.

La presente publicación es de distribución gratuita y privilegia el acceso universal al conocimiento.

CONTENIDO

Prólogo de la obra <i>Luis F. Aguilar Villanueva</i>	6
El propósito general de la obra Marco Antonio Berger García Iván Alejandro Salas Durazo	13
Prólogo del Tomo II. Cuidado del medio ambiente La implementación de los componentes ambientales de los ODS desde los municipios y las universidades <i>Eduardo Santana Castellón</i>	17
Introducción al tomo <i>Irma Leticia Leal Moya</i>	20
Vulnerabilidad social frente a inundaciones en el contexto del cambio climático: Tlajomulco de Zúñiga como un caso ejemplar <i>Juan Alberto Gran Castro</i>	25
El ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres. Propuesta para medirlo a escala subnacional y no fracasar en el intento <i>John Alejandro Pulgarín Franco</i>	53
El nuevo urbanismo y la acción por el clima: Nexos y desafíos desde lo local entre el ODS 13 y el ODS 11 en el Área Metropolitana de Guadalajara y Tlajomulco de Zúñiga <i>Marco Antonio Berger García</i> <i>Pedro Alonso Mayoral Ruiz</i>	74
Iniciativas locales para la protección de la vida de los ecosistemas terrestres: Un aporte desde Tlajomulco de Zúñiga <i>Gabriel Vázquez Sánchez</i>	90

Tlajomulco de Zúñiga: El agua en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	124
Salvador Peniche Camps José Alberto González Ochoa	
Retos, desafíos, acciones y alcances para la sostenibilidad del Centro Universitario de Tlajomulco en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	145
Tadeo Eduardo Hübbe Contreras José de Jesús Iglesias González	
Políticas para la conservación del paisaje agroecológico: Estrategia Hambre Cero	162
Paloma Gallegos Tejeda Pedro Lina Manjarrez	
Desarrollo local y turismo: Líneas de acción para la socialización de los ODS desde una visión integral	184
Guillermo Issac González Rodríguez	
Implicaciones de la eutrofización en la laguna de Cajititlán en el marco del ODS 6: Agua limpia y saneamiento	217
Jesús Barrera Rojas Hasbleidy Palacios Hinestroza Abril Adriana Angulo Sherman Freddy Villota González	
Diseño hidrológico con keyline en Tlajomulco de Zúñiga: Un enfoque sustentable para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible	238
Ma. del Carmen Ponce Rodríguez Paloma Gallegos Tejeda	
Automovilidad en Tlajomulco de Zúñiga: Análisis de la huella de carbono y desafíos para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	264
Daniel Isaac Jiménez Sánchez	

Diseño de una estrategia de monitoreo y control para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas	281
Jesús Barrera Rojas Luis Abraham Díaz Alcalá Joel Kelly Gurubel Tun	
Conclusiones, reflexiones y prospectiva del Tomo II. Cuidado del medio ambiente	303
Marco Antonio Berger García	
Conclusiones, reflexiones y prospectiva de la obra	309
Marco Antonio Berger García Iván Alejandro Salas Durazo	
Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Red Universidad de Guadalajara	315
Ricardo Villanueva Lomelí Martha Alejandra Gutiérrez Gómez	
Sobre los autores	321

PRÓLOGO DE LA OBRA

Luis F. Aguilar Villanueva

En los últimos años los gobernantes, los analistas de políticas públicas, los investigadores académicos y las organizaciones ciudadanas han reconocido que los principales problemas y asuntos de la sociedad son multidimensionales, multicausales y multirrelacionales. Evidencias de su composición multidimensional, origen multicausal, red de interrelaciones y diversidad de efectos son las situaciones de pobreza, hambre y desigualdad, las deficiencias sanitarias y educativas, la debilidad de las instituciones, la destrucción de los ecosistemas terrestres y marinos, el bajo crecimiento económico, las condiciones laborales injustas, que son situaciones que los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 quieren atender, controlar y resolver.

Probablemente los políticos, los académicos y las organizaciones sociales ya sabían que los problemas sociales de mayor daño y reprobación social son multidimensionales, multicausales, multirrelacionales, aunque también sabían que los hábitos decisionales de la clase política, las reglas y estándares de la presupuestación y programación pública, las atribuciones de las entidades de la administración pública, la urgencia de las demandas de los ciudadanos afectados obligaban a diseñar políticas particularistas, enfocadas en realidades, situaciones y destinatarios particulares mediante acciones singulares, unifocales.

Sin embargo, los errores decisionales reincidentes, los gastos improductivos, los cuestionamientos a la frustrante ineffectividad de las políticas económicas y sociales y la persistencia de situaciones de vida injustas e inseguras fueron factores que hicieron que gobiernos, funcionarios y ciudadanos reconocieran y aceptaran la multidimensionalidad, multicausalidad e interdependencia de los problemas sociales y de las situaciones sociales que por su valía son proyectos y objetivos a realizar. Les hicieron también entender que su modo usual de gobernar y sus políticas tenían que cambiar para controlar los problemas y realizar los objetivos sociales con mayor efectividad. Se idearon e implementaron entonces las políticas intersectoriales, que abarcan y entrelazan las áreas económicas, sociales y ambientales, y las políticas transversales, que obligan a que las políticas incorporen referencias valorativas y condiciones sociales de validez incuestionable (por ejemplo, la igualdad, la inclusión el cuidado del ambiente, el desarrollo sostenible). Y se idearon e implementaron también las políticas intergubernamentales y gubernamental-sociales, que para bloquear los problemas sociales complejos transterritoriales y ampliar las oportunidades de

estabilidad y bienestar uniforman o acoplan sus regulaciones y políticas, suman sus recursos e incorporan los recursos de las corporaciones económicas, las organizaciones civiles y de la inteligencia social con el resultado de incrementar su efectividad directiva y la confianza social.

La Agenda 2030 de Naciones Unidas es un viraje de la conceptualización y la acción de la gobernanza del desarrollo humano y social. La agenda reconoce la multidimensionalidad, la interdependencia y la transterritorialidad de los problemas, situaciones, actividades, proyectos y expectativas de los sujetos del sistema social contemporáneo. Reconoce que las causas de los problemas sociales más perjudiciales y de las oportunidades más importantes de bienestar y prosperidad traspasan la demarcación territorial del Estado Nación y de sus divisiones políticas internas (estados, municipios) y rebasan los conocimientos, las capacidades y los recursos de sus gobiernos territoriales. Asume también que los problemas que amenazan la seguridad y el bienestar de la vida humana futura son de naturaleza planetaria y no podrán gobernarse mediante las acciones particulares y exclusivas de gobiernos territoriales sino mediante un plan de acción mundial, internacional, que movilice e integre la acción de los gobiernos nacionales, los organismos internacionales, las empresas y las organizaciones ciudadanas.

El concepto de la gobernanza del desarrollo sostenible de la Agenda es un punto de quiebre del enfoque particularista fragmentado, que fue preponderante en las políticas de desarrollo del siglo XX, e introduce un “enfoque holístico” de sus dimensiones y gobernanza. Los Principios de la Agenda del Desarrollo Sostenible son precisos e innovadores. Son “la universalidad”, “el no dejar nadie atrás”, “la interconexión y la indivisibilidad” (de los 17 objetivos del desarrollo sostenible), “la inclusividad” (la participación de todos los agentes y sectores de la sociedad) y “la asociación o el partenariado” del gobierno con los sujetos a los que importan los objetivos de la agenda y poseen recursos que son necesarios para su realización. El desarrollo sostenible, el foco de la Agenda, se caracteriza por cinco dimensiones constitutivas, las 5 Ps: “Pueblo, Planeta, Prosperidad, Paz y Partenariado”, que exige políticas que incluyan e integren los componentes económicos, medioambientales, sociales e institucionales e involucren en su análisis, diseño e implementación a los agentes gubernamentales y a los agentes privados y sociales.

Lo original y lo innovador de los 17 objetivos y campos de acción de la Agenda 2030 es su planteamiento y enfoque integrador, holístico, que cuestionan y superan la fragmentación particularista del concepto y de la política acostumbrada de desarrollo, que encumbra la dimensión económica sin considerar e integrar la dimensión ambiental

y social y el protagonismo del dirigente gubernamental sin considerar e integrar las posiciones y capacidades de las corporaciones económicas, organizaciones sociales y de la inteligencia social.

Por ende, sin afirmarlo explícitamente, se infiere de la Agenda que los problemas sociales son incontrolables y las oportunidades de crecimiento económico y desarrollo humano son irrealizables si su agente es exclusivamente el gobierno de una asociación política territorial particular con sus ideas, planes, recursos y acciones. Aunque sean ingentes los poderes, las normas legales, los recursos fiscales y administrativos del Estado Nacional, es notorio que sus gobiernos territoriales, nacionales o locales, carecen de los recursos financieros, cognoscitivos, tecnológicos, políticos, organizativos y de credibilidad y convocatoria, que se necesitan para encauzar y normalizar los cambios actuales que sacuden el establecimiento social, controlar y eliminar las injustas condiciones sociales de pobreza, hambre, enfermedad evitable, inequidad, y generar las oportunidades de un desarrollo, cuyas causas son en gran medida trans-territoriales y que para lograrlo requiere la acción de más agentes que el gubernamental y más recursos que los estatales. La conclusión intelectual y política es asumir “el enfoque holístico” del desarrollo sostenible, que comprende la coordinación, la colaboración y la corresponsabilidad de los estados, los gobiernos, los organismos internacionales, las corporaciones económicas y las organizaciones ciudadanas y civiles de las naciones.

Los gobiernos locales de los estados nacionales, particularmente los municipales, han sido los más receptivos del nuevo modo de entender y practicar la gobernanza pública contemporánea y lo fueron por la inmediatez de su entorno social y la limitación de sus atribuciones y facultades directivas. Las sociedades municipales son los lugares en los que los cambios climáticos causan efectos destructivos inmediatos (inundaciones, incendios, sequías, destrucciones...) y en los que los cambios sociodemográficos, económicos y tecnológicos son notorios y generan problemas de empleo, infraestructura, movilidad, servicios de educación, salud y asistencia. También son los lugares en los que las necesidades de la vida cotidiana de personas, familias y barrios se expresan con mayor fuerza. Son además lugares en los que los gobiernos y la población tienen información y conocimiento de sus problemas y de las condiciones que favorecerían su bienestar y seguridad y saben que sus causas se ubican fuera de la demarcación del municipio y no únicamente en la comunidad municipal. Al mismo tiempo, paradójicamente, el gobierno y los ciudadanos saben que no disponen de los recursos públicos suficientes para controlar las causas de los problemas y realizar los objetivos sociales de valía, por lo que tienen claro que su efectividad directiva sería mayor si el gobierno estatal y/o el federal distribuyera

mayor cantidad de recursos públicos y los ministrara con mayor previsibilidad y oportunidad, o si se crearan asociaciones intermunicipales y se sumaran los recursos de los integrantes de la comunidad local y de otras sociedades. Los gobiernos municipales han sido en muchos países los que han entendido las potencialidades de la gobernanza intergubernamental y postgubernamental para gestionar los asuntos públicos críticos con mayor eficacia.

Es de celebrar que un municipio del Estado de Jalisco, Tlajomulco de Zúñiga, ubicado en el área metropolitana de Guadalajara, haya decidido emprender una investigación sobre los principios y los objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, con la finalidad de conocer la recepción que el Ayuntamiento y los agentes sociales y económicos del municipio hicieron de ellos y conocer los resultados de las acciones que decidieron llevar a cabo para realizar sus 17 objetivos sociales esenciales. Es también apreciable que los investigadores hayan sido académicos de la Universidad de Guadalajara, reconocidos por su conocimiento experto en crecimiento económico, inclusión y equidad social, protección ambiental, servicios educativos y de salud, infraestructura y transporte, instituciones y prácticas del gobierno municipal y metropolitano, relaciones intergubernamentales, participación ciudadana.

La investigación se distingue por la claridad y precisión de su objeto y su objetivo de conocimiento, por la selección y el orden de sus materias temáticas y por su enfoque explicativo multidimensional e intercausal. Dos son los objetivos centrales de la investigación: conocer la traducción que el municipio de Tlajomulco de Zúñiga ha hecho del planteamiento, enfoque, principios y objetivos de la gobernanza del desarrollo sostenible de la Agenda 2030 y, en derivación, conocer el nivel de cumplimiento de los principios directivos y de realización de los objetivos sociales de la Agenda que los agentes gubernamentales y sociales del Municipio lograron alcanzar, señalar el aprendizaje obtenido y las actividades y problemas pendientes. Para ello, se estudiaron los planes, las políticas, las inversiones, las acciones efectuadas y los resultados logrados por el gobierno y la ciudadanía municipal en interacción con los gobiernos municipales del área metropolitana, con el gobierno estatal y federal y con las corporaciones económicas, organizaciones civiles y centros de conocimiento locales, regionales y nacionales.

Cuatro son los campos fundamentales de la investigación: Sistemas productivos y económicos. Gobernanza de la ciudad. Cuidado del medio ambiente. Aspectos sociales y de gobierno. Lo innovador y notable es el enfoque de la investigación, que incorpora el análisis holístico de la Agenda 2030. La investigación del sistema municipal se enfoca primeramente en descubrir, describir y explicar las acciones y las interacciones

que realizaron los agentes gubernamentales y sociales en cada uno de los cuatro campos temáticos, los resultados que produjeron, los problemas encontrados y la agenda pendiente. Y, posteriormente, se enfoca en descubrir, describir y explicar las interdependencias que existen o se establecieron entre las realidades, situaciones, agentes y actividades de los demás campos temáticos. Se estudiaron las propiedades y las interdependencias de las instituciones, el modo de la gobernanza municipal, las leyes industriales, comerciales, laborales y ambientales, las políticas de los gobiernos, las iniciativas de las corporaciones económicas, las colaboraciones intermunicipales del área metropolitana de Guadalajara y intermunicipales entre los municipios del Estado de Jalisco, los estados circunvecinos y el gobierno federal. La investigación ofrece por primera vez un panorama comprobable de lo que hizo el municipio de Tlajomulco de Zúñiga en el campo crucial del Desarrollo Sostenible con un nuevo concepto y ejercicio de gobernanza del desarrollo humano y social.

En el terreno del conocimiento hay investigaciones pioneras que innovan las cuestiones, los datos, los conceptos, los enfoques analíticos, las conjeturas explicativas, los dispositivos de observación, comparación y experimentación, y hay investigaciones normalizadas que se estructuran y llevan a cabo de acuerdo con el nuevo marco metodológico y teórico. El libro presenta una investigación innovadora que abre un nuevo panorama del desarrollo humano y social y del modo como ha de ser gobernado. Sus conceptos, análisis, explicaciones, evidencias y propuestas tienen un aporte notable, nos ayudan a entender el entorno mundial y nacional convulsivo en el que vivimos, sacudido por los cambios científicos y tecnológicos que remodelan la actividad económica, por los efectos destructivos de la incuria ambiental y del cambio climático, por la inaceptable desigualdad de las oportunidades de desarrollo entre los sujetos asociados, por el reordenamiento geopolítico en curso y por los discursos y las conductas de la clase política reciente que ponen en riesgo la conducción democrática del Estado de Derecho que ordena nuestras vidas y les otorga estabilidad y certidumbres básicas. Es una época social incierta de la que desconocemos su desenlace.

Vivimos un Entreacto Político. Ante los cambios multidimensionales con sus efectos inquietantes cada vez más frecuentes muchos son los individuos y sectores que perciben que sus conocimientos, capacidades y experiencias laborales han perdido valor y que las oportunidades de bienestar de sus vidas y las expectativas de un futuro seguro y protegido se han reducido y se han vuelto más costosas e inciertas. En contraste, han aparecido nuevos sujetos sociales, nuevas subjetividades, que aprecian e impulsan los cambios científicos, tecnológicos, económicos, políticos y valorativos en curso, no consideran que conlleve riesgos funestos y aprovechan sus oportunidades.

Cada uno de los dos sectores de ciudadanos portan otro concepto y otra expectativa de la actividad económica, política y gubernamental.

Entre preferencias y animadversiones, nos preguntamos acerca de las acciones que hay que emprender para que el orden social no colapse, el gobierno reconstruya su capacidad directiva y se restaure la confianza social. Oscilamos entre las ideas y propuestas de corrección y reforma del establecimiento económico y político en el que hemos vivido en los últimos cincuenta años, y las ideas y propuestas de otro ordenamiento de la sociedad de mayor calidad institucional y otro modo de gobernar más efectivo y respetado.

En el entreacto político en el que nos encontramos, los mayores y los jóvenes, el concepto y proyecto del desarrollo sostenible humano y social es la piedra angular de la edificación de la sociedad futura. La posición que acordemos sobre el desarrollo sostenible y su modalidad de gobernanza va a decidir si tendremos un futuro de superior bienestar y seguridad social o uno regresivo en el que muchas personas y sociedades se quedan atrás por la destrucción de recursos naturales, pobreza, hambre, enfermedad, deseducación, incompetencia y desigualdad, como fue apuntado por la Agenda 2030.

El libro “Objetivos de Desarrollo Sostenible: Experiencias desde Lo Local” reflexiona sobre las experiencias del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, conurbado en el área metropolitana de Guadalajara, pero tendrá probablemente un impacto intelectual, cívico y político que irá más allá del municipio porque, además de la calidad informativa, analítica y explicativa de sus investigadores, asume, expone y sitúa el proyecto de Desarrollo Sostenible, que alumbra ya los perfiles de un nuevo sistema social y una nueva gobernanza del mundo natural y social. Es un libro que pone de manifiesto que sus investigadores y autores han optado racionalmente por un futuro social sostenible y nos ha ayudado a entenderlo, apreciarlo y construirlo. Lo que se agradece.

No es racionalmente convincente pensar y proponer que humanamente podamos sobrevivir y progresar con un concepto, un proyecto y una política de desarrollo social, económicamente estructurada y preponderante, pero indiferente al cuidado del ambiente y a la eliminación de la desigualdad de las personas con las que convivimos y que son fundamentales para la estabilidad y la prosperidad. Tampoco es racionalmente convincente un concepto, un proyecto y una política estatista dominante de desarrollo social, indiferente y hostil a la productividad laboral y al emprendimiento privado y social de los mercados, a la innovación de las ciencias y tecnologías, a la formación de capital intelectual y social y a las propuestas alternativas de la inteligencia social. La historia humana ha demostrado que el progreso sostenible de la sociedad no es

obra de un estado solo de poder y no de derecho. Y tampoco obra de una economía privatista, rentista y abusiva. Las sociedades abiertas al cambio y el desarrollo son las que han sabido cuestionar y vencer los monopolios del poder, del conocimiento y de la producción de la riqueza y han evitado reproducir indefinidamente los efectos de su estancamiento y decadencia.

Lo racionalmente decisivo para prevenir las amenazas naturales y sociales que malogran el futuro humano es una sociedad estructurada como Estado de Derecho y una gobernanza democrática que asume con convicción “el enfoque holístico” de desarrollo sostenible, que proyecta una sociedad que integra las dimensiones políticas, económicas, ambientales de la vida social y una sociedad que es viable, realizable, porque es obra de la coordinación, colaboración y corresponsabilidad de los estados, los gobiernos, las corporaciones económicas, las organizaciones ciudadanas y los centros de inteligencia de las naciones.

EL PROPÓSITO GENERAL DE LA OBRA

Marco Antonio Berger García¹

Iván Alejandro Salas Durazo²

1. Introducción y contexto

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se encuentran a la mitad de su implementación. Tal como se anticipó desde su diseño, las escalas y métricas más consolidadas se llevaron a cabo a nivel nacional. Sin embargo, existen contextos y ámbitos de acción locales y regionales donde se requieren intervenciones más específicas para acelerar las contribuciones que cada ODS genera para el entendimiento e intervención de los problemas públicos.

El ámbito local implica una escala de acción muy importante para la aceleración de los ODS. No obstante, son pocos los gobiernos locales que han establecido de manera efectiva sus propios mecanismos de participación, monitoreo y seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En el caso del Área Metropolitana de Guadalajara, Zapopan y Guadalajara lo han hecho apenas recientemente. A nivel estatal no se ha logrado.

Por otro lado, las Instituciones de Educación Superior (IES) a nivel nacional participan en diversas plataformas, como la Red de Soluciones de Desarrollo Sostenible (SDSN). Al interior de sus propios campus y documentos de planeación estratégica, las IES establecen sus propias contribuciones a los ODS, y en algunos casos también los establecen como marcos de referencia.

Los ODS vistos como procesos o como resultados, la construcción de métricas y la implementación de políticas, programas y proyectos alineados con la Agenda 2030 proveen un marco de referencia útil para la atención de problemas públicos y la concatenación entre ellos.

1 Doctor en Políticas Públicas y profesor investigador y jefe del Departamento de Sistemas, Datos y Sociedad del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6118-8698>. Correo electrónico: marco.berger@academicos.udg.mx

2 Doctor en Ciencias Económico-Administrativas y profesor del Departamento de Políticas Públicas del Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://0000-0002-0188-7462>. Correo electrónico: ivan.salas@academicos.udg.mx

2. El objetivo de la obra

Se identificó la oportunidad para realizar un ejercicio científico y sistematizado que dé cuenta sobre la apropiación y la contribución de los ODS en territorios específicos. En ese sentido, el alcance del proyecto de investigación, cuyo producto principal es la presente obra, consiste en analizar desde expertos provenientes de múltiples áreas del conocimiento la totalidad de los ODS con el objetivo de entender cómo se concretaron los ODS en un contexto específico y la vez de valorar su contribución a la atención de problemáticas globales.

En aras de consolidar un hilo conductor que de manera comprehensiva permita ciertos ejercicios de comparabilidad y generalización, los capítulos que componen la presente obra abordan los siguientes aspectos:

1. Análisis de métricas e indicadores asociados con su ODS partiendo de líneas base –idealmente 2015– con las plataformas y bases de datos disponibles Agenda 2030 | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx). México | SIODS | Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (agenda2030.mx).
2. Análisis del ODS a escala geográfica del municipio de Tlajomulco de Zúñiga –en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara– y el fenómeno metropolitano y socioambiental alrededor del mismo.
3. Análisis prospectivo del ODS respectivo y en la escala señalada con escenarios tendenciales a 2030.

Considerando lo anterior y de manera complementaria, fueron planteadas dos preguntas de investigación que fueron exploradas y respondidas en función del ODS abordado:

- a. ¿En qué elementos, planes, inversiones y/o acciones se traducen los planteamientos generales provenientes de los ODS en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga en el marco de la dinámica del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)?
- b. ¿Cómo contribuyen los elementos, planes, inversiones y/o acciones identificadas al cumplimiento de los ODS considerando su alcance y restricciones?

3. Alcances analíticos

Se parte de la idea de que los problemas públicos son complejos e intrincados, por lo que su conceptualización, medición y valoración son parciales en la medida que se incorporen componentes sociales, económicas y medioambientales. En esa línea, si bien los ODS si bien amplían el alcance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) a través de la sectorización de los temas, es importante identificar y valorar las conexiones naturales que existen entre temas y de cuyas relaciones y correlaciones no es frecuente abordar.

Por lo anterior, se plantean dos niveles de análisis:

a. A nivel central y complementario de cada ODS.

Este nivel se centra en las temáticas que cada persona autora aborda en su respectivo capítulo. Están estructurados a través de uno –o varios– ODS centrales y otros que de manera complementaria son abordados como aspectos transversales, problematizadores o efectos. Este primer nivel hace explícitas las conexiones temáticas, aunque dentro de una problemática específica.

b. Las interacciones entre ODS a partir de un objeto de estudio.

Este aspecto desarrollado al final de cada tomo y de la obra, busca abordar holísticamente los elementos que están presentes dentro de un contexto y que su interacción tiene efectos en los ámbitos sociales, económicos, medioambientales y de gobierno. Esta reflexión no puede ser posible si no es a través del agregado de resultados y discusiones llevadas a cabo de manera individual por cada investigación.

3. Las relaciones entre temas

La presente obra abarca la totalidad de los diecisiete ODS, estructurada a través de cuatro grandes temáticas, divididas en cuatro tomos:

- a. Sistemas productivos y económicos.
- b. Gobernanza de la ciudad.
- c. Cuidado del medio ambiente.
- d. Aspectos sociales y de gobierno.

Cada uno de ellos cuenta con su propia lógica y abordajes, los cuales se detallan de manera particular en la **Introducción al tomo**. Asimismo, cada tomo gira alrededor de

ciertos ODS que dan solidez argumentativa a bloques temáticos que son recuperados de forma global en las **Reflexiones generales de la obra**. En las siguientes figuras se muestran las conexiones correspondientes a la obra y al presente tomo, respectivamente.

Figura 1

Relación de los ODS abordados en este tomo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

Relación de los ODS abordados en la obra



Fuente: Elaboración propia.

PRÓLOGO DEL TOMO II. CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE

*La implementación de los componentes ambientales de los ODS desde
los municipios y las universidades*

Eduardo Santana Castellón³

Durante milenios, las sociedades humanas hemos desarrollado códigos éticos, religiosos y legales para vivir en armonía, y también para el control y orden político. Hace cuatro mil años, en Mesopotamia, surgió el código Ur-Nammu, seguido por los de Hammurabi y Eshnunna. Mil años después aparecieron los Códigos de Manu en la India, los Diez Mandamientos, los tratados éticos de Aristóteles, la Constitución Ateniense y las Doce Tablas romanas. Con el tiempo, surgieron documentos clave como la Magna Carta en Inglaterra, la Constitución de EE.UU., la Declaración de los Derechos del Hombre en Francia y la Constitución de Cádiz en España, ejemplos de lo que Yuval Harari llama “fantasías compartidas”, sobre derechos nacionales y ciudadanos. Estos marcos normativos han servido para generar bienes comunes al dirimir tensiones entre las aspiraciones individuales y las responsabilidades comunitarias.

Los procesos y conflictos político-económicos globales llevaron a la creación de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cuya misión es promover la paz y la cooperación entre naciones. En 1948, se aprobó la Declaración Universal de los Derechos Humanos. Más tarde, la creciente conciencia sobre la crisis ambiental y la sostenibilidad, así como la mayor comprensión del funcionamiento ecológico de los ecosistemas y el político-económico de los socio-sistemas motivó la Declaración de Estocolmo (1972), el Informe Brundtland (1987) y las cumbres de la ONU en Río de Janeiro (1992), el Milenio (2000) y Río+20 (2012). En este largo camino multi-milenario de la humanidad para crear códigos éticos, metas políticas y guías de acción, en 2015, la Asamblea General de la ONU adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la Agenda 2030, que constituye el más reciente intento de la humanidad para encontrar un camino a la sostenibilidad y la paz global.

Paralelamente a estos marcos normativos, hemos creado instituciones, siendo las más antiguas las universidades, los museos, las bibliotecas, las alcaldías y las casas de moneda, para generar conocimiento y gestionar procesos sociales. Desde hace 2,600 años existen las universidades de Taxila y Nalanda en la India, la Academia

³ Director del Museo de Ciencias Ambientales de la Universidad de Guadalajara.

de Platón, la Biblioteca/Museo de Alejandría, la Academia Imperial en China, y las universidades islámicas como Al-Qarawiyyin y Al-Azhar. En Europa, Bolonia y Oxford tienen mil años de historia. En México, la Universidad de Guadalajara, con un siglo desde su refundación, creó en 2021 el Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO), cuyos programas académicos se basan en los ODS. Esto refleja en la obra “Objetivos de Desarrollo Sostenible: experiencias desde lo local”, promovida por la Rectora Irma Leticia Leal Moya y coordinada por Marco Antonio Berger García e Iván Alejandro Salas Durazo. Este compendio analiza los 17 ODS en cuatro áreas clave: a) sistemas productivos y económicos, b) medio ambiente, c) aspectos sociales y de gobierno, y d) gobernanza urbana.

Como coordinadora del diseño de CUTLAJO, la Dra. Leal Moya me encomendó en 2020 que, desde el Museo de Ciencias Ambientales, organizara el “Foro Confluencias Socio-territoriales en la Construcción del Modelo Educativo de CUTLAJO”. Realizado el 14 de octubre de ese año, reunió a investigadoras e investigadores, directivos y autoridades institucionales de gobierno y universitarias, y representantes del sector civil y empresarial con amplio conocimiento en los temas de urbanismo, producción agropecuaria, economía, riesgos socio-ambientales, antropología, cambio climático, áreas naturales protegidas, investigación y docencia. Desde enfoques interdisciplinarios e intersectoriales, concluyeron que, por ser multi-temático y por su ubicación en la interfaz urbano-rural del Área Metropolitana de Guadalajara, CUTLAJO es estratégico para el desarrollo sostenible regional.

El municipio de Tlajomulco, dentro del “Polígono de Fragilidad Ambiental” de la metrópoli, refleja los desafíos socio-ecológicos principales de Jalisco. Su territorio combina áreas naturales y agrícolas en riesgo por la especulación inmobiliaria y la expansión urbana desordenada. La disfuncionalidad del crecimiento urbano ha generado uno de los ejemplos más lamentables en México del abandono masivo de viviendas por falta de servicios, inseguridad y movilidad deficiente. El municipio registra altos índices de desapariciones y fosas clandestinas, lo que ha llevado a la proliferación de cotos amurallados que agravan la fragmentación social y la desigualdad, temas vinculados con la Nueva Agenda Urbana de ONU-Hábitat.

La pandemia de COVID-19, surgida de la interacción entre enfermedades zoonóticas y mercados comerciales, desestabilizó economías y sistemas de salud, educación, transporte y gobernanza a nivel mundial. CUTLAJO, que nació en plena crisis, tiene la impronta de la innovación académica y el uso de nuevas tecnologías para abordar problemas socio-ecológicos. En este contexto, se propuso la creación de un programa de “Salud Global” o “Una Sola Salud”, un enfoque interdisciplinario que integra medicina, epidemiología, salud pública, medio ambiente, urbanismo y producción agropecuaria.

Dos años después del foro de 2020, el 14 de octubre de 2022, desde el Museo de Ciencias Ambientales redactamos la Declaración de Guadalajara por el Medioambiente. El Rector General, Ricardo Villanueva Lomelí, la presentó y fue aprobada por más de 100 rectoras y rectores en la LVIII Sesión Ordinaria del CUPIA de ANUIES. Con la publicación “ODS: experiencias desde lo local”, CUTLAJO cumple con el primer acuerdo de la declaración: “Promover el logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible”. Las iniciativas de CUTLAJO son relevantes ante la certeza del incumplimiento de los ODS en las fechas establecidas, y el crecimiento de un movimiento internacional que los rechaza. Sector impulsado por posturas ultranacionalistas, xenófobas, racistas, sexistas y anti-ambientalistas, que argumentan que los ODS imponen una cooperación internacional que erosiona la soberanía, unas regulaciones ambientales que limitan el libre mercado y unos principios de igualdad de género contrarios a valores patriarcales tradicionales.

Ante este panorama, no podemos subestimar el papel de las universidades públicas, en especial la Universidad de Guadalajara y CUTLAJO, en la promoción del pensamiento crítico, la democracia y los ODS. A lo largo de la historia, las universidades han sido centros de innovación social y científica. Aunque imperfectos, los ODS representan un esfuerzo valioso para construir un mundo más justo y sostenible. La contribución de CUTLAJO con este compendio es un aporte significativo a este propósito.

INTRODUCCIÓN AL TOMO

Irma Leticia Leal Moya⁴

El presente tomo, como su nombre lo indica, aborda el cuidado del medio ambiente en el contexto del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, desde su aportación a los ODS.

En primer lugar, se encuentra el **Prólogo de la obra**, a cargo de *Luis F. Aguilar Villanueva*, quien nos ofrece una reflexión sobre la Agenda 2030 y los ODS desde una perspectiva crítica y analítica, considerando los campos fundamentales de investigación abarcados en los cuatro tomos.

Posteriormente, está la sección **El propósito general de la obra**, a cargo de *Marco Antonio Berger García e Iván Alejandro Salas Durazo*, quienes describen de manera general las motivaciones y algunos de los principales argumentos que dan sustento a la presente obra considerando su integralidad, es decir, desde la aportación que se realiza desde los cuatro tomos hacia temáticas de economía, gobernanza de las ciudades, medio ambiente, sociedad y gobierno. Cabe señalar que este apartado se encuentra presente en cada tomo de la colección, ya que su propósito es dar un panorama general sobre el proyecto editorial.

Posteriormente, se encuentra el **Prólogo del Tomo II: Cuidado del medio ambiente**, desarrollado por *Eduardo Santana Castellón*, quien aborda la importancia de los ODS dentro la noción del cuidado del medio ambiente desde una esfera institucional.

A continuación, se presentan doce capítulos temáticos que propiamente abordan temas medioambientales desde su aportación a los ODS correspondientes a este tomo.

El texto **“Vulnerabilidad social frente a inundaciones en el contexto del cambio climático: Tlajomulco de Zúñiga como un caso ejemplar”**, escrito por *Juan Alberto Gran Castro*, tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad social ante el riesgo de inundaciones en el contexto del cambio climático en Tlajomulco de Zúñiga. En la discusión de resultados, se enfatiza la necesidad de mejorar la infraestructura de servicios básicos y la conectividad, así como desarrollar políticas y programas de educación y comunicación del riesgo en función de las necesidades de los grupos vulnerables.

⁴ Profesora investigadora de la Universidad de Guadalajara.

El capítulo **“El ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres. Propuesta para medirlo a escala subnacional y no fracasar en el intento”**, de *John Alejandro Pulgarín Franco*, identifica los posibles indicadores para la medición del avance en la implementación del ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres en el Área Metropolitana de Guadalajara. Para esto, bajo una metodología cuantitativa, se agregan un conjunto de cuatro variables *proxy*, referentes a la cobertura en bosques y selvas, extensión de las áreas naturales protegidas, incendios forestales y pérdida de cobertura arbórea, como una posible forma para medir el avance en la implementación.

El escrito **“El nuevo urbanismo y la acción por el clima: Nexos entre el ODS 11 y el ODS 13 desde lo local”**, de *Marco Antonio Berger García y Pedro Alonso Mayoral Ruiz*, examina la interseccionalidad del Objetivo de Desarrollo Sostenible 13: Acción por el clima, con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11: Asentamientos y comunidades sostenibles, vistos como una interfase para la política de sustentabilidad urbana en México y focalizando a Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, como caso paradigmático. Se examina la reciente literatura sobre urbanismo climático, la cual pretende significarse como una intersección entre el análisis relativo a las problemáticas de asentamientos y comunidades sustentables (ODS 11) con respecto a la acción climática (ODS 13) que se emprenden desde el territorio. Para ello, se contrastan los dos principales instrumentos de política pública en el AMG relacionados con ambas temáticas de desarrollo urbano sustentable y cambio climático, los cuales son representativos de otras muchas áreas metropolitanas en México y, en cierta medida, de América Latina.

El escrito **“Iniciativas locales para la protección de la vida de los ecosistemas terrestres: Un aporte desde Tlajomulco de Zúñiga”**, elaborado por *Gabriel Vázquez Sánchez*, analiza las acciones e iniciativas locales realizadas para contrastarlas con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, sus indicadores de cumplimiento, y definir su eventual factibilidad como un aporte local al cumplimiento nacional de su compromiso global. El documento se contextualiza en el Área Metropolitana de Guadalajara, destacando los procesos de planeación para la gestión del territorio de Tlajomulco de Zúñiga, municipio que ha generado instrumentos normativos y una propuesta de corredor ecológico que integra diversas categorías de conservación, dotando de certidumbre jurídica a los espacios naturales remanentes.

Por su parte, en el documento **“Tlajomulco de Zúñiga: El agua en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”**, los autores *Salvador Peniche Camps y José Alberto González Ochoa* analizan, con la ayuda de la metodología prospectiva, los alcances del sexto Objetivo del Desarrollo Sostenible. La principal conclusión de la investigación consiste en haber identificado la necesidad de avanzar en el mejoramiento de la

estructura institucional de las instancias responsables de la gestión del agua, de la normatividad y de la administración de las reservas subterráneas de agua. En particular, se observa la necesidad de revisar la estrategia de crecimiento industrial y el papel que tiene el municipio en la estrategia económica orientada al mercado externo debido a la gran presión que tienen en el ciclo hidrosocial.

El texto **“Retos, desafíos, acciones y alcances para la sostenibilidad del Centro Universitario de Tlajomulco en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible”**, de *Tadeo Eduardo Hübbe Contreras y José de Jesús Iglesias González*, presenta las problemáticas, retos, desafíos y acciones desde un enfoque universitario para abordar los ODS. Por ello, se presenta el caso del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara, en cuanto a las estrategias adoptadas para explorar y analizar de manera crítica los retos y desafíos a causa del cambio climático, la pobreza y la violencia, con el compromiso de fomentar las competencias y valores, generar conocimiento científico y tecnologías, basado en el respeto de los recursos naturales y en la generación de una cultura de paz.

El escrito **“Políticas para la conservación del paisaje agroecológico: Estrategia Hambre Cero”**, de autoría de *Paloma Gallegos Tejeda y Pedro Lina Manjarrez*, tiene como objetivo visualizar la presencia del paisaje agroecológico como patrimonio agroalimentario que contribuya en las dimensiones de la seguridad alimentaria, como alternativa para alcanzar el ODS 2: Hambre cero. La discusión que se plantea es saber sobre la presencia del paisaje agroecológico en la reformulación del camino hacia la soberanía alimentaria desde una perspectiva de expansión y replicabilidad ante el panorama del deterioro ambiental que se observa en el territorio. Así, se observa la posibilidad de la regeneración del suelo, la cosecha del agua, el resguardo de las semillas nativas, los alimentos y los saberes locales sobre las plantas comestibles para el desarrollo humano de Tlajomulco.

En el capítulo **“Desarrollo local y turismo: Líneas de acción para la socialización de los ODS desde una visión integral”**, desarrollado por *Guillermo Issac González Rodríguez*, describe y analiza los elementos necesarios en el desarrollo de un modelo de turismo biocultural que impulse el desarrollo de comunidades a partir de sus principales recursos distintivos. Para ello, se realizó el pilotaje en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, mediante el uso de una metodología cualitativa, un método descriptivo-exploratorio y dos instrumentos para la recolección de la información de campo. Como resultado, se obtuvieron algunas matrices que concretizan la base del modelo en su primera fase mediante la identificación de recursos naturales y culturales con los que cuenta el municipio.

En el texto **“Implicaciones de la eutrofización en la laguna de Cajititlán en el marco del ODS 6: Agua limpia y saneamiento”**, elaborado por *Jesús Barrera Rojas, Hasbleidy Palacios Hinestroza, Abril Adriana Angulo Sherman y Freddy Villota González*, se busca visibilizar información sobre las cianotoxinas, específicamente la microcistina-LR, la cual representa un riesgo para la salud humana y de los ecosistemas. Su presencia en cuerpos de agua como la laguna de Cajititlán requiere atención debido a la importancia social, económica y de salud para las poblaciones aledañas. Se mostrará un panorama general del fenómeno de eutrofización, donde las cianobacterias presentes en la laguna de Cajititlán pueden ser una fuente de microcistina-LR. Además, se discutirán las rutas de intoxicación, su efecto en los procesos celulares y su impacto en la salud, todo ello con el fin de alinear la gestión de recursos en la laguna de Cajititlán con el ODS 6.

En el capítulo **“Diseño hidrológico con Keyline en Tlajomulco de Zúñiga: Un enfoque sustentable para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible”**, escrito por *Ma. del Carmen Ponce Rodríguez y Paloma Gallegos Tejeda*, se establece que el municipio de Tlajomulco de Zúñiga enfrenta desafíos ambientales significativos en el sector agrícola, particularmente debido a la escasez de recursos hídricos y a la poca disponibilidad de agua, lo que afecta la productividad de sus suelos deteriorados por las malas prácticas agrícolas. Una solución innovadora para enfrentar esta problemática es el Sistema *Keyline*, que permite captar, distribuir e infiltrar el agua de lluvia en todo el terreno, restituyendo al suelo su fertilidad. Este enfoque puede contribuir a la implementación de varios ODS. Por tanto, se planteó este caso de estudio que tiene como objetivo explorar la aplicación del *Keyline* en el municipio y sus posibles contribuciones a los ODS en el contexto local.

En el escrito **“Automovilidad en Tlajomulco de Zúñiga: Análisis de la huella de carbono y desafíos para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible”**, de *Daniel Isaac Jiménez Sánchez*, se examina la automovilidad en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, y sus implicaciones para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se destacan los retos en infraestructura vial, lo que contribuye a largos tiempos de desplazamiento para trabajadores y estudiantes. Las conclusiones subrayan la necesidad urgente de implementar políticas que promuevan un transporte más sostenible y accesible, reducir la dependencia del automóvil y mejorar la infraestructura urbana para alinearse con los ODS, en particular en lo que respecta a la acción climática, la salud y bienestar, así como la sostenibilidad urbana.

El texto **“Diseño de una estrategia de monitoreo y control para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas”**, de la autoría de *Jesús Barrera Rojas, Luis Abraham Díaz Alcalá y Joel Kelly Gurubel Tun*, se diseñó una configuración P&ID utilizando diversos sensores y actuadores para el monitoreo y control de un reactor de fermentación a escala. La adquisición de datos fue resuelta utilizando una topología basada en programación de LabVIEW. Bajo estas condiciones, la tasa volumétrica de producción de biogás, utilizando hemicelulosas de agave en codigestión con glucosa, alcanzó los 375.5 NmL de biogás * g SSV⁻¹*L⁻¹, resultando en una producción total de biogás de 6,008 NmL en 21.5 horas. El resultado anterior muestra que existe la posibilidad del uso de diferentes residuos como fuentes de carbono en procesos de codigestión, lo cual está alineado con la producción de energía conforme a las potencialidades del municipio de Tlajomulco de Zúñiga.

Posteriormente, para dar cierre al tomo se llevan a cabo las **“Reflexiones finales, recomendaciones y prospectiva del tomo”**, por *Marco Antonio Berger García*, donde se realizó una breve recapitulación de los principales argumentos discutidos en el tomo planteando de manera general una prospectiva hacia la segunda mitad del plazo establecido para la implementación de los ODS, desde una visión económica.

Se continúa con el escrito **“Reflexiones generales de la obra”**, por parte de *Marco Antonio Berger García e Iván Alejandro Salas Durazo*, quienes buscan dar un sentido integrador a la totalidad de los ODS en un contexto local considerando los cuatro tomos que componen la obra. Cabe señalar que este apartado se incluye en los cuatro tomos, con la finalidad de servir como referencia de consulta de este proyecto editorial.

Finalmente, este tomo cierra con el escrito **“Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Red Universidad de Guadalajara”** escrito por *Ricardo Villanueva Lomelí y Martha Alejandra Gutiérrez Gómez*, quienes destacan la aportación de la Universidad de Guadalajara a la Agenda 2030 y los ODS.

Por lo anterior, se espera que esta obra, que conjunta diversas voces y áreas del conocimiento, lleve a cabo una aportación significativa al estudio de problemas complejos desde perspectivas generales y focalizadas, permitiendo así establecer un estándar para el análisis de los ODS en contextos específicos.

VULNERABILIDAD SOCIAL FRENTE A INUNDACIONES EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA COMO UN CASO EJEMPLAR

Juan Alberto Gran Castro⁵

Resumen

El estudio tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad social ante el riesgo de inundaciones en el contexto del cambio climático en Tlajomulco de Zúñiga. El diseño metodológico se enfoca en el cálculo de un índice de vulnerabilidad social aplicando el método de normalización de indicadores respecto a múltiples indicadores relevantes para la vulnerabilidad social en la región. Los indicadores estimados se basan en capacidades de afrontamiento, exposición y sensibilidad, considerando factores socioeconómicos y características del entorno construido. Para lograrlo se utiliza información del Censo de Población y Vivienda del año 2020 a nivel colonia. Los resultados subrayan la relación entre la densidad demográfica y la vulnerabilidad estructural, particularmente entre la población indígena y la importancia de considerar estas dinámicas en la planificación urbana y la gestión de riesgos de desastres. En la discusión de resultados, se enfatiza la necesidad de mejorar la infraestructura de servicios básicos y la conectividad, así como desarrollar políticas y programas enfocados en la educación y la comunicación del riesgo en función de las necesidades de los grupos vulnerables.

Palabras clave

Cambio climático, vulnerabilidad social, adaptación, riesgo de desastre, inundaciones.

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



⁵ Doctor en Ciencias Sociales y profesor del Departamento de Ciencias Sociales y Jurídicas del Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0871-2443>. Correo electrónico: juan.gran@ucea.udg.mx

Introducción

La ocurrencia de riesgos específicos en territorios concretos, como las inundaciones en áreas urbanas, plantean desafíos importantes en el contexto del cambio climático. Las inundaciones se han convertido en un riesgo cada vez más común, exacerbado por las implicaciones del cambio climático (Kumar *et al.*, 2021; Goodess, 2013; Pulcinella *et al.*, 2019). Ante dicho panorama, la vulnerabilidad social es un factor crucial que permite comprender con mayor profundidad la capacidad de las comunidades para prepararse, responder y recuperarse de tales eventos (Haustein *et al.*, 2016; Wei *et al.*, 2016).

Este trabajo se centra en el análisis de la vulnerabilidad social ante el riesgo de inundaciones en Tlajomulco de Zúñiga, un municipio de Jalisco, México, perteneciente al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), y que ha experimentado un crecimiento urbano acelerado y desordenado, lo que lo posiciona en una encrucijada de desafíos socioambientales significativos. El objetivo principal de este artículo es evaluar la vulnerabilidad social ante el riesgo de inundaciones en el contexto del cambio climático en Tlajomulco de Zúñiga. A través de la estimación de indicadores sociodemográficos y ambientales se calcula un índice de vulnerabilidad social que refleja las necesidades y desafíos de adaptación climática de la población.

En la intersección entre vulnerabilidad social y cambio climático, el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 13: Acción climática, cobra especial importancia. Este objetivo apela a la urgencia de integrar políticas de adaptación y mitigación del cambio climático que sean inclusivas y consideren las variadas capacidades de adaptación de las comunidades afectadas (Peterson, 2021; Ogunbode *et al.*, 2018).

Al comprender la vulnerabilidad social como una dimensión que agrava los efectos de los fenómenos extremos, este estudio aporta una visión holística que engloba la complejidad socioeconómica y ambiental de la problemática. Este enfoque se alinea con lo establecido en el ODS 13, promoviendo información para fomentar la adopción de medidas urgentes que permitan combatir y adaptarse al cambio climático y sus impactos, con especial énfasis en la capacitación de las poblaciones vulnerables.

Cabe señalar que la presente investigación, al centrarse en un análisis de vulnerabilidad social, permite vincular el ODS de acción climática con otros ODS. El ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, se entrelaza estrechamente con el ODS 13 al abordar la planificación urbana resiliente y la gestión de riesgos climáticos en entornos urbanos vulnerables como Tlajomulco. Mejorar la infraestructura y promover patrones eficientes de ordenamiento territorial no solo fortalece la capacidad de enfrentar eventos adversos, como las inundaciones, sino que también fomenta comunidades más seguras en términos ambientales y sociales.

Por otro lado, el ODS 3: Salud y bienestar, desempeña un papel crucial al considerar los impactos directos e indirectos del cambio climático en la salud humana. Las poblaciones vulnerables, como los indígenas en contextos urbanos expuestos a inundaciones, enfrentan riesgos aumentados de enfermedades relacionadas con el agua y la falta de acceso adecuado a servicios de salud. Integrar políticas de salud pública en la acción climática es un elemento de gran relevancia para afrontar la problemática en Tlajomulco y el resto del AMG.

Por último, el ODS 6: Agua limpia y saneamiento, está intrínsecamente ligado al ODS 13 mediante la gestión de los recursos hídricos en el contexto del cambio climático. Las inundaciones pueden comprometer la calidad del agua y la disponibilidad de recursos hídricos, afectando directamente la salud y el bienestar de las comunidades locales. Promover prácticas de gestión del agua es un asunto fundamental para garantizar el acceso equitativo a agua limpia y segura en todo momento, especialmente durante eventos climáticos extremos.

El resultado de este estudio no es solo un avance académico en la comprensión de la vulnerabilidad social en contextos de riesgos socio-naturales, sino que también representa un instrumento para la acción climática local y regional, tal como han planteado otros estudios en la materia (Demski et al., 2016; Ebi & Schmier, 2005; Liu et al., 2015; Yu et al., 2018; Marcantonio et al., 2019).

La vulnerabilidad social en contextos urbanos frente al cambio climático es multidimensional: factores estructurales y socioeconómicos convergen para exacerbar los riesgos y limitar las capacidades de respuesta. Las causas subyacentes de la vulnerabilidad social incluyen la inequidad en la distribución de recursos, el acceso limitado a servicios básicos y la marginalización de comunidades con bajos ingresos, que frecuentemente habitan zonas de alto riesgo, como cauces de ríos o laderas inestables (Delgado et al., 2015; Schiermeier, 2011). La densificación urbana acelerada y la falta de planificación efectiva contribuyen a la degradación ambiental, aumentando el riesgo a inundaciones y otros eventos adversos en las ciudades (Kvočka et al., 2016; Pall et al., 2011).

La gestión de riesgos de desastre y la adaptación al cambio climático son dos esferas que, aunque distintas en su enfoque, convergen en la finalidad de priorizar la reducción de la vulnerabilidad social para enfrentar los riesgos. La gestión eficaz de riesgos de desastre implica no sólo la previsión y respuesta inmediata a eventos extremos, sino también la integración de estrategias de adaptación a largo plazo que reflejen y mitiguen los efectos progresivos del cambio climático (Kundzewicz, 2016; Ebi et al.,

2021). La sinergia entre gestión de riesgos y adaptación climática se materializa en políticas públicas que priorizan la equidad social y la sostenibilidad, asegurando que la adaptación al cambio climático no sea solo una respuesta técnica, sino también una estrategia de justicia social que protege a las poblaciones más expuestas y disminuye la brecha de vulnerabilidad.

La relevancia de este estudio radica en su contribución al diseño de políticas públicas y estrategias de toma de decisiones informadas para la gestión del riesgo de desastre y la adaptación climática. Además, enfocándose en Tlajomulco de Zúñiga como un caso ejemplar, este análisis ofrece elementos para otras regiones que enfrentan desafíos similares, proporcionando un marco replicable para evaluar y reducir la vulnerabilidad social frente a riesgos socio-naturales en el contexto del cambio climático.

Aunado a lo anterior, a través de la estimación del índice de vulnerabilidad social, se proporciona un cálculo de las necesidades y desafíos de adaptación climática que enfrenta la población local. Este enfoque metodológico no solo permite identificar áreas de alta vulnerabilidad, sino que también orienta hacia estrategias de gestión de riesgos más efectivas y acorde con las condiciones locales.

En el siguiente apartado, se presenta un encuadre teórico en torno a la vulnerabilidad social y la adaptación climática. Los elementos que se muestran a continuación fueron considerados en el diseño metodológico del estudio. Los abordajes teórico-conceptuales fungieron como guía para seleccionar y articular los indicadores que constituyeron el índice de vulnerabilidad social, con miras a su aplicación en el contexto de Tlajomulco.

1. Encuadre teórico. Vulnerabilidad social y adaptación en el contexto del cambio climático

El concepto de vulnerabilidad se ha vuelto un término recurrente en el contexto de los desastres naturales, en contraste con su uso limitado hace cuatro décadas. Su origen se encuentra en diversas corrientes de investigación que comenzaron a cuestionar las narrativas convencionales que representan los desastres como fenómenos exclusivamente “naturales”, impulsados principalmente por las fuerzas de la naturaleza (Bankoff y Hilhorst, 2023).

Interpretar los desastres a través de un enfoque centrado en los peligros mismos implicaba aislarlos del contexto social de la exposición. El trabajo de White (1961) sobre cómo los procesos económicos se vinculaban con el riesgo al exponer a las

personas a las inundaciones fue un momento clave que condujo al enfoque de la vulnerabilidad. Dicho estudio, demostró la importancia del papel de la economía y la política en la determinación del riesgo.

Así, esta línea de investigación se orientó a explicar los desastres en términos de grupos sociales diferenciados que sufrieron en mayor o menor medida debido a la clase, la etnia, el género y otras características socialmente determinadas (Chavez-Rodriguez, 2018). Los resultados señalaron que los desastres guardaban causas estructurales arraigadas en sistemas de poder que asignaban el riesgo de manera desigual a diferentes grupos de personas (Oliver-Smith 2017).

A partir de estos resultados, el debate en torno a la vulnerabilidad se delimita en función de dos enfoques conceptuales: el enfoque fiscalista y el enfoque alternativo, también conocido como de vulnerabilidad social. El primer enfoque se fundamenta en las disciplinas de las ciencias naturales, interpretando el desastre desde los elementos físicos que le constituyen. Este abordaje ha tenido mayor influencia en las políticas nacionales de afrontamiento a situaciones de desastre y, actualmente, de adaptación al cambio climático.

Por otro lado, en su obra *Regions of Risk*, Hewitt (1997) propone una perspectiva alternativa que incorpora los factores sociales en la génesis de los desastres. Este enfoque se conoce comúnmente como el enfoque de vulnerabilidad social. En este abordaje, se comienza a dar importancia al componente social como un factor directamente relacionado con los desastres. Lo que este enfoque alternativo pone de manifiesto es que la vulnerabilidad es inherente a la sociedad, pero es un elemento dinámico y con múltiples dimensiones (García, 2018). Además, la magnitud del daño en situaciones de riesgo está estrechamente vinculada a esta vulnerabilidad social (Oliver-Smith, 2002).

En tanto, la vulnerabilidad social se comprende como una construcción arraigada en las dinámicas sociales cotidianas (Adger y Kelly 1999; Adger 2006; O'Brien et al. 2007). Bajo este enfoque se desafía la idea de que el cambio climático y sus impactos son socialmente neutrales. La propuesta crítica de la vulnerabilidad social permite abordar el cambio climático no como la causa principal, sino como el contexto que influye en la vulnerabilidad (Dietz, 2013).

La literatura sobre vulnerabilidad social ha establecido modelos interpretativos que permiten contar con orientaciones prácticas. Uno de los más citados se trata del modelo “presión y liberación” propuesto por Blaikie (1994) y abalado por una

amplia literatura científica (Lampis, 2013; Adger 1999; 2006; Wisner et al. 2004). El modelo postula que el riesgo se configura (y el desastre se desencadena) en el punto donde se intersectan la vulnerabilidad y la amenaza. Estas no solo se consideran como variables estáticas, sino como procesos dinámicos. La vulnerabilidad se concibe como un continuo que se extiende desde las causas fundamentales hasta las presiones en constante evolución y, finalmente, a las condiciones de inseguridad.

Otro modelo analítico fundamental se trata del “riesgo del lugar”, propuesto por Cutter (1996) para analizar la influencia de la amenaza tanto en su dimensión geográfica como social (*geographic context* y *social fabric*). Este modelo propone un enfoque integrador que combina aspectos relacionados con la vulnerabilidad interna, que es de naturaleza social, de una comunidad o ubicación geográfica, junto con su exposición a factores de riesgo biofísico externo. Establece que el potencial del riesgo se ve influido las características físicas de la amenaza y las propias medidas de mitigación que impactan en los procesos territoriales y que, al mismo tiempo, se vinculan con los procesos de construcción social de la vulnerabilidad.

La postura de Füssel (2005) realiza una propuesta crítica para el estudio de la vulnerabilidad social en el contexto del cambio climático, en consideración de los planteamientos básicos de los estudios sobre vulnerabilidad y riesgos de desastre señalados hasta este punto. El autor establece que el cambio climático, es un proceso continuo, lo cual implica que las evaluaciones del riesgo relacionado con el cambio climático deben compararse con un escenario de referencia. A demás, el cambio climático es un proceso a largo plazo impulsado por la acción humana, lo que exige un enfoque de evaluación dinámico que tome en cuenta la incertidumbre en los niveles de peligro futuro y los cambios en la vulnerabilidad con el tiempo. El autor también sostiene que el cambio climático es también complejo, global y espacialmente heterogéneo, lo que requiere considerar el ‘factor de exposición regional’ debido a las diferencias de escala entre el peligro y la exposición. Y, por último, destaca que el cambio climático puede tener múltiples efectos en un sistema, lo que lleva a la necesidad de utilizar múltiples métricas en las evaluaciones de vulnerabilidad.

El planteamiento de Füssel destaca la importancia de un enfoque dinámico y multidimensional al evaluar y abordar la vulnerabilidad en el contexto del cambio climático. Esta postura ha sido ampliamente aceptada y enriquecida por el IPCC, particularmente en el sexto informe sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación (IPCC, 2022).

Desde esta perspectiva, resulta insuficiente concebir los procesos de adaptación como ajustes lineales en sistemas naturales y humanos frente a estímulos climáticos

y sus consecuencias (Dietz, 2013). Basándose en el enfoque de vulnerabilidad social, la adaptación climática se considera como un proceso intrínsecamente social y político con resultados desiguales, como lo señalan Eriksen y Lind (2009). Así, la adaptación al cambio climático podría orientarse a promover los ajustes dirigidos a reducir la vulnerabilidad social (Liverman, 2015).

Oliver-Smith (2020) sostiene que existen dos aspectos fundamentales que desempeñan un papel crucial en la forma en que se desarrolla el proceso de adaptación. El primero se refiere a la interacción entre el individuo y el grupo, o entre grupos con constituciones diferentes. Lo que puede ser beneficioso en términos de adaptación para un individuo, podría resultar perjudicial para el grupo y viceversa. En otras palabras, las decisiones tomadas por un individuo en la utilización de recursos, como el agua, por ejemplo, pueden afectar de manera negativa el bienestar del grupo. Este punto guarda consonancia con la amplia literatura académica de la lógica de acción colectiva de las ciencias sociales con autores como Olson (1992) y Ostrom (2000).

El segundo aspecto se relaciona con las decisiones y acciones tomadas en un marco de tiempo cercano que pueden tener implicaciones de adaptación a largo plazo no anticipadas. En esencia, una sociedad, entendida como una red interconectada de individuos y grupos que buscan satisfacer tanto necesidades materiales como no materiales, se adapta a su entorno físico y cultural.

La adaptación al cambio climático desde la perspectiva de los estudios de desastres nos permite y nos impulsa a replantear cuestiones relacionadas con la vulnerabilidad social de las sociedades, en particular aquellas que tradicionalmente se han considerado como las que han controlado o dominado sus entornos naturales. Bajo esta discusión se plantea evaluar la vulnerabilidad social ante el riesgo de inundaciones en el contexto del cambio climático en Tlajomulco, Jalisco. En el siguiente apartado se presentan los aspectos metodológicos de la investigación.

2. Metodología

2.2. Zona de estudio: Tlajomulco de Zúñiga frente al cambio climático

Tlajomulco de Zúñiga representa una región de gran relevancia en el contexto del cambio climático. Las dinámicas sociodemográficas, climáticas y geográficas del municipio permiten dar cuenta de la interconexión entre vulnerabilidad social y los impactos del cambio climático. Con un incremento poblacional sustancial en un corto periodo de tiempo, este municipio enfrenta desafíos considerables en términos de adaptación climática.

Tlajomulco cuenta con una población de 727,750 personas en el año 2020 (INEGI, 2020). Este municipio ha experimentado un significativo aumento demográfico del 32.45 % en un periodo de cinco años, lo que plantea desafíos importantes en términos de adaptación y resiliencia frente a los efectos del cambio climático (IIEG, 2022).

En cuanto al clima, Tlajomulco de Zúñiga presenta una temperatura media anual de 19.8°C, con fluctuaciones estacionales entre una temperatura mínima de 7.9 °C y una máxima promedio de 30.6 °C. La precipitación media anual es de 928 milímetros (mm), con una precipitación promedio acumulada de 687.21 mm (Ayuntamiento de Tlajomulco, 2021). Estos datos climáticos son fundamentales para entender los patrones de sequía y las demandas hídricas en la región.

El uso del suelo en este municipio muestra una predominancia de actividades agrícolas, que cubren el 49.4 % de su superficie, seguidas de asentamientos humanos con un 15.4%. Sin embargo, los cuerpos de agua ocupan solo el 3.3 % del territorio total (IIEG, 2022), lo que plantea desafíos en términos de acceso a recursos hídricos para la agricultura y otros usos humanos.

La cobertura arbórea en Tlajomulco de Zúñiga abarca el 8.5 % de su territorio, con un 8.4% de vegetación arbórea primaria y un 0.2 % de vegetación arbórea secundaria, que ha sido alterada por perturbaciones. Además, el municipio alberga tres áreas naturales protegidas, abarcando el 17.0 % del territorio municipal, y cuenta con un 8.1 % de humedales (IIEG, 2022). Estos espacios naturales juegan un papel crucial en la mitigación y adaptación al cambio climático, ya que ofrecen servicios ecosistémicos importantes.

El cambio climático ha tenido un impacto significativo en Tlajomulco de Zúñiga en los últimos años, particularmente en lo que respecta a la sequía y la escasez de recursos hídricos. En el año 2020, el 97.7 % de la superficie dedicada a actividades agrícolas en el municipio experimentó algún nivel de sequía, lo que se relaciona directamente con la escasez de precipitaciones pluviales (IIEG, 2022). Este fenómeno puede dar lugar a la insuficiencia de recursos hídricos necesarios para abastecer la demanda de la población y la agricultura, lo que subraya la importancia de su análisis detallado.

El análisis de la precipitación media mensual histórica hasta 2019 revela que el municipio de Tlajomulco de Zúñiga tiene una precipitación acumulada promedio de 687.21 mm, con variaciones significativas entre los meses (Ayuntamiento de Tlajomulco, 2021). Siguiendo la cita anterior, por ejemplo, en enero, la precipitación media es de 28.07 mm, con valores mínimos de 12.00 mm y máximos de 43.00 mm,

mientras que, en julio, la precipitación media asciende a 110.31 mm, con valores mínimos de 60.00 mm y máximos de 223.00 mm. Estas variaciones estacionales son cruciales para comprender la disponibilidad de agua en diferentes momentos del año.

Los recursos hídricos del municipio se componen de aguas subterráneas, ríos y lagos. Tlajomulco de Zúñiga se encuentra dentro de cinco acuíferos, todos los cuales muestran una falta de disponibilidad del recurso subterráneo. En cuanto a los recursos hídricos superficiales, el municipio está ubicado en las cuencas Laguna Villa Corona A, Laguna Villa Corona B y Río Santiago 1, de las cuales el 70.8 % tiene disponibilidad de agua superficial, mientras que el 29.2 % presenta déficit de disponibilidad de agua (IIEG, 2022).

Según un estudio diagnóstico realizado por Davydova-Belitskaya y Frías Ureña (2016), revela una realidad inquietante en la región, especialmente en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga. Durante el periodo climatológico representativo de 1981-2010, se ha observado un aumento significativo en la temperatura media anual, con un incremento de 0.64 °C en todo Jalisco. Además, es crucial destacar que la región central del estado, que incluye a Tlajomulco de Zúñiga, ha experimentado aumentos aún más pronunciados, alcanzando 0.8°C.

Cabe señalar que, para análisis más específicos, existe una falta de estaciones meteorológicas en Tlajomulco que cumplan con los requisitos para calcular los índices de cambio climático del Grupo I del IPCC. Aun así, Davydova-Belitskaya y colaboradores, en el informe de resultados del Programa de Acción Climática Municipal para el Bienestar y la Sustentabilidad del municipio (PACMUBIS), analizan datos de algunas estaciones en la región de estudio que cuentan con series largas de datos a partir de 1961, lo que permite estimar tendencias de cambio climático en el municipio y zonas cercanas, incluyendo el Área Metropolitana de Guadalajara (Ayuntamiento de Tlajomulco, 2018).

En el PACMUBIS se reporta que, el análisis de la estación 14002, perteneciente al municipio de Tlajomulco, revela un aumento significativo de las temperaturas anuales, con incrementos de 1.5 °C a 2.0 °C en las temperaturas máximas y de 0.01 °C a 0.5 °C en las temperaturas mínimas. En consecuencia, la temperatura media anual ha experimentado un incremento de 0.51 °C a 1.0 °C, evidenciando un cambio climático de relevancia en la región.

Además, el análisis de cuatro estaciones representativas adyacentes (14002, 14016, 14072 y 14132) señala un aumento en las noches cálidas, días cálidos y extremos de temperaturas, indicando un clima más extremo. Con esto, se ha observado una

clara tendencia a la disminución de la precipitación total anual en las estaciones, con una reducción de aproximadamente el 5-7 % en 50 años de registros. Sin embargo, se concluye que los cambios identificados en los patrones de temperatura y precipitación se traducen en un aumento en la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos como sequías prolongadas y lluvias intensas.

Estos datos subrayan la creciente urgencia de abordar la vulnerabilidad social y el cambio climático en Tlajomulco de Zúñiga, además de desarrollar estrategias de adaptación para la región. En el siguiente apartado se abordan los elementos conceptuales que guiaron el análisis de vulnerabilidad social de este estudio.

2.2. Marco conceptual para la evaluación

Los estudios sobre vulnerabilidad social sugieren que los factores para calcular índices de vulnerabilidad en el contexto de riesgo de inundaciones en áreas urbanas incluyen tres elementos centrales: capacidades de afrontamiento, exposición y sensibilidad (Chang et al., 2021; Nasiri et al., 2018; Gain, et al., 2015; Rufat et al., 2015). Estos elementos se encuentran presentes en el abordaje de la adaptación al cambio climático (IPCC, 2022) como en la reducción de riesgo de desastres (IPCC, 2012); lo cual sostiene una sinergia para el estudio de la vulnerabilidad frente al riesgos de desastre en el contexto del cambio climático (Gain y Hoque, 2013).

Por *capacidad de afrontamiento o capacidad adaptativa* se entiende como la capacidad de sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para adaptarse a posibles daños, aprovechar oportunidades o responder a las consecuencias (IPCC, 2022). La capacidad de afrontamiento frente al riesgo de inundación considerará varias características socioeconómicas tales como edad, género, raza, etnia, clase social, tasa de desempleo, estatus de inmigración y densidad de población, así como la calidad del entorno construido, uso del suelo, tenencia de la vivienda y la presencia de redes de apoyo tanto formales como informales (Cian et al., 2021).

Por su parte, la *exposición* se define como la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones ambientales, servicios y recursos, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados de manera adversa; mientras que la *sensibilidad* refiere al grado en que un sistema o especie se ve afectado, ya sea de manera negativa o beneficiosa (IPCC, 2022). La exposición y sensibilidad a inundaciones se aborda desde diversos factores que van desde el grado de contacto con la amenaza, escorrentía acumulada, características topográficas, cobertura y características hidrológicas del suelo (Chang y Huang, 2015).

El estudio de la vulnerabilidad social ante inundaciones en el contexto del cambio climático a partir de estos tres elementos: capacidad de afrontamiento, exposición y sensibilidad, son esenciales tanto en la adaptación al cambio climático como en la reducción del riesgo de desastres. En el siguiente apartado se presentan los materiales y métodos utilizados en esta investigación.

2.3. Materiales y métodos

Para la estimación del índice de vulnerabilidad se utiliza el método de normalización de indicadores. Reckien (2018) explica que el enfoque de normalización aditiva implica la suma de valores de múltiples indicadores que se considera que tienen un gran impacto en la vulnerabilidad social en la región de interés. Estos indicadores se normalizan para que tengan una escala comparable sin unidades, lo que preserva la estructura de clasificación y correlación de los datos originales y facilita la suma de indicadores con diferentes escalas. Los indicadores se expresan en valores entre 0 y 1, utilizando la transformación de valor máximo, y finalmente se suman. La fórmula de normalización que se utilizó para cada indicador es la siguiente:

$$N(x) = (x - \min(x)) / (\max(x) - \min(x))$$

Donde:

- $N(x)$ es el valor normalizado.
- x es el valor original del indicador.
- $\min(x)$ es el valor mínimo del indicador en el conjunto de datos.
- $\max(x)$ es el valor máximo del indicador en el conjunto de datos.

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad en este estudio se consideraron factores que contribuyen a la vulnerabilidad social frente a inundaciones y en el contexto del cambio climático considerando: 1) los atributos enunciados en los avances de la literatura científica respecto al tema (véase apartado de marco teórico y marco conceptual) y, 2) la información disponible en las bases de datos institucionales. Respecto al punto anterior, se utilizó el Censo de Población y Vivienda del 2020 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía a nivel colonia (IIEG, 2022b).

Se optó por la evaluación de los indicadores a nivel colonia, al representar una escala importante para una respuesta más precisa y eficaz en caso de desastres. Esto permite identificar áreas críticas, diseñar estrategias específicas, facilitar la participación comunitaria y mejorar el seguimiento y la evaluación de programas de reducción de riesgos en gobiernos locales. En la siguiente tabla se muestran los factores valorados para esta investigación.

Tabla 1*Indicadores para la estimación del índice de vulnerabilidad social*

Indicador	Alcance en términos de la vulnerabilidad social frente a inundaciones
Población total (POBTOT)	Comprender la densidad demográfica y la magnitud de la población expuesta al riesgo.
Población de 0 a 14 años (POB0_14)	Evaluar la presencia de población infantil, que puede tener necesidades especiales en caso de inundaciones.
Población de 65 años y más (POB65_MAS)	Proporcionar información sobre la presencia de población de edad avanzada, que puede tener necesidades especiales.
Población de 15 años y más analfabeta (P15YM_AN)	Comprender las dificultades para acceder y comprender información escrita crucial.
Población con limitación para caminar, subir o bajar (PCLIM_MOT)	Identificar personas con movilidad reducida.
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena (P3YM_HLI)	Proporcionar información sobre la presencia de población indígena que podría enfrentar barreras lingüísticas y de comunicación.
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH_NODREN)	Identificar las viviendas que carecen de un drenaje adecuado y carecen de la capacidad de manejar el exceso de agua.
Viviendas particulares habitadas sin computadora ni internet (VPH_SINCIN)	Reflejar la falta de acceso a información.
Viviendas particulares habitadas que no disponen automóvil o camioneta como medio de transporte (VPH_NDACMM)	Describir la disponibilidad de movilidad en caso de emergencias.

Fuente: Elaboración propia.

En seguida, se procedió a la representación geoespacial de los indicadores y el índice de vulnerabilidad mediante QGIS. Este procedimiento implicó la adquisición y preparación de los datos, la creación de capas geoespaciales que representan la región de estudio, la asociación de los indicadores con dichas capas, y la simbolización de la información para visualizar los indicadores en un mapa. El índice se representó en un mapa temático que muestra las diferencias de la vulnerabilidad social frente a inundaciones en el contexto del cambio climático en la región.

Las limitaciones metodológicas de este estudio deben ser consideradas con cautela. Aunque el método de normalización de indicadores utilizado, basado en la transformación de valores para asegurar comparabilidad entre diferentes escalas, es ampliamente aceptado y facilita la integración de datos diversos, presenta ciertas restricciones. Este enfoque depende significativamente de la disponibilidad y calidad de los datos originales, así como de la adecuación de los indicadores seleccionados para capturar la complejidad de la vulnerabilidad social ante inundaciones. Además, la representación a nivel de colonia en el análisis geoespacial, mientras es útil para la identificación de áreas críticas y el diseño de estrategias locales, puede ocultar variaciones significativas dentro de las comunidades más pequeñas o dispersas. La dependencia de fuentes de datos institucionales y censales puede introducir sesgos inherentes a la cobertura y actualización de los datos. Estas limitaciones subrayan la necesidad continua de mejorar la precisión y representatividad de los métodos de evaluación de vulnerabilidad social en contextos climáticos cambiantes como el de Tlajomulco de Zúñiga.

1. Resultados

Los datos recopilados y normalizados, según la metodología descrita, revelan patrones de vulnerabilidad diferenciados a través del municipio. Primero, los valores para la población total evidencian una densidad demográfica significativamente expuesta al riesgo de inundaciones. Por otro lado, los segmentos poblacionales de 0 a 14 años y de 65 años y más, representan una cantidad importante de la población total, sugiriendo la necesidad de implementar políticas públicas enfocadas en la protección de estos grupos etarios.

A su vez, la distribución de viviendas sin drenaje, aquellas habitadas que carecen de acceso a Internet y las que no cuentan con un vehículo particular para movilidad, revelan una porción importante de los hogares habitados en el municipio.

En la siguiente tabla se sintetizan estos hallazgos. Cabe señalar que, el valor máximo entre colonias que, por ejemplo, carecen de internet y computadora alcanza cifras significativas. Por ejemplo, existen colonias que cuentan hasta con 13,428 habitantes de entre 0 y 14 años y colonias con hasta 7,381 viviendas que carecen de internet y computadora. Dichos elementos son esenciales en torno a la capacidad de respuesta y prevención de emergencias en el municipio.

Tabla 2

Parámetros estadísticos descriptivos sobre los indicadores de vulnerabilidad social en Tlajomulco

Indicadores	Suma	Valor máximo	Promedio	Desviación estándar	Valor estandarizado
POBTOT	771091	47047	1997.65	3927.03	0.042
POB0_14	225491	13428	584.17	1155.46	0.043
POB65_MAS	28191	1746	73.03	179.02	0.042
P15YM_AN	8269	439	21.42	51.99	0.049
PCLIM_MOT	2912	162	7.54	15.72	0.040
P3YM_HLI	4238	175	10.98	23.71	0.063
VPH_NODREN	569	54	1.47	4.15	0.027
VPH_SINCIN	70261	3746	182.02	382.89	0.049
VPH_NDACMM	103760	7381	268.81	616.23	0.036

Fuente: Elaboración propia con base en IIEG (2022b).

La Figura 1 muestra el valor estandarizado de varias variables que conforman el índice de vulnerabilidad social para Tlajomulco. Estos valores estandarizados permiten comparar la contribución relativa de cada variable al nivel de vulnerabilidad social del municipio.

El análisis de los datos estandarizados revela que la variable “población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena” posee el valor más elevado dentro del índice de vulnerabilidad social, con un valor estandarizado de 0.063. Esto destaca la importancia de las barreras lingüísticas y culturales en la percepción y capacidad de respuesta ante el riesgo de inundación. Este hallazgo subraya que las poblaciones indígenas podrían enfrentar desafíos significativos en situaciones de emergencia, lo que incluye limitaciones en la comunicación y comprensión de las advertencias de riesgo, acceso a recursos y, potencialmente, una menor visibilidad en los procesos de toma de decisiones y planificación para la mitigación de desastres.

Las siguientes variables en orden de contribución a la vulnerabilidad son “personas de 15 años y más analfabetas” y “viviendas sin conexión a internet”, con valores estandarizados de 0.049 y 0.049 respectivamente, lo que resalta la importancia de la educación y la información en la reducción de la vulnerabilidad social. El analfabetismo

y la falta de conectividad pueden obstaculizar la comunicación efectiva y el acceso a información vital durante emergencias, lo que aumenta la vulnerabilidad.

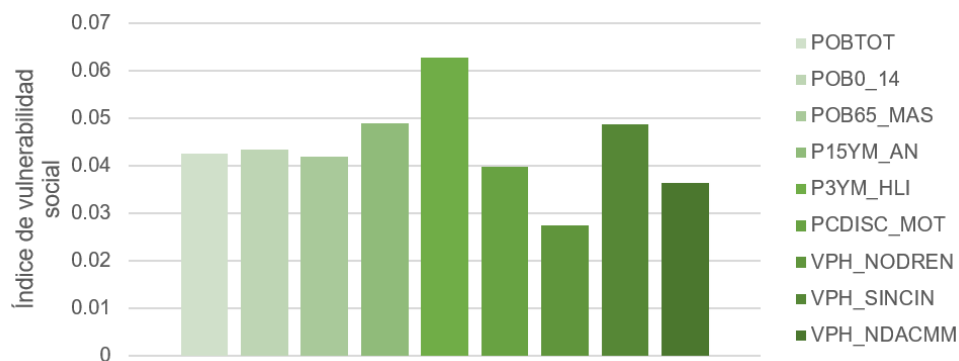
Por otro lado, las variables relacionadas con la estructura demográfica, “población de 0 a 14 años” y “población de 65 años y más”, presentan valores estandarizados similares y moderadamente altos (0.043 y 0.042 respectivamente), reflejando la vulnerabilidad inherente de los grupos de edad más jóvenes y mayores.

Los datos numéricos también indican aspectos relevantes en torno a las “personas de 3 años y más con algún nivel de discapacidad”, con un valor estandarizado de 0.040. Esto sugiere una representatividad importante en el índice de vulnerabilidad. Este grupo de individuos con discapacidad están particularmente en riesgo en situaciones de emergencia, lo cual puede deberse a limitaciones en la movilidad, acceso a información o recursos, y puede requerir atención especial en la planificación de medidas de mitigación y respuesta a desastres.

La variable con el valor estandarizado más bajo es “viviendas sin drenaje” con 0.026, lo que sugiere que, aunque la infraestructura de drenaje es importante, su impacto en la vulnerabilidad social es menor en comparación con las limitaciones de movilidad, educativas y de información. Sin embargo, es importante destacar que una infraestructura de drenaje adecuada es crucial para la prevención y respuesta rápida en casos de inundaciones.

Figura 1

Valores estandarizados de los indicadores que integran el índice de vulnerabilidad social en Tlajomulco



Fuente: Elaboración propia con base en IIEG (2022b).

La representación geográfica permite visualizar la distribución espacial de estos indicadores que componen la vulnerabilidad social de Tlajomulco. En seguida, se muestra una serie de mapas temáticos que ilustran estos elementos. Cabe señalar que la visualización es primordial para la identificación de zonas críticas que requieren atención prioritaria en la reducción de riesgos y en la planificación de la adaptación climática.

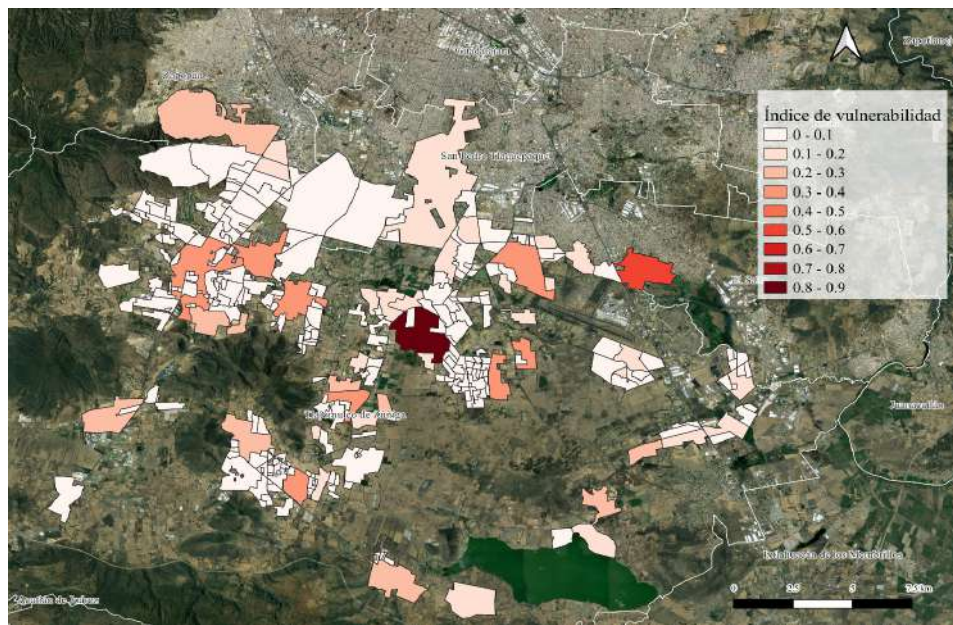
Primero, respecto al mapa del índice de vulnerabilidad (Figura 2), las zonas marcadas con los colores más oscuros indican las áreas con mayor grado de vulnerabilidad social. Estas áreas tienden a estar concentradas alrededor de la mancha urbana, lo que sugiere una relación directa entre la densidad de población y grupos específicos susceptibles a la vulnerabilidad social del municipio. Cabe señalar que la urbanización en Tlajomulco presenta desafíos importantes vinculados con una infraestructura y servicios inadecuados o insuficientes, lo cual exacerbara las condiciones de vulnerabilidad ante eventos de riesgo de inundación.

La mancha urbana, visible en los tonos grises de la capa satelital del mapa, muestra una mezcla de áreas con diversas intensidades de vulnerabilidad social, es decir, no hay una tendencia homogénea. Esto indica que, dentro del contexto urbano, hay diferencias significativas en las condiciones que configuran la vulnerabilidad en Tlajomulco.

Las áreas naturales referentes al bosque La Primavera en particular (ubicado al oeste del mapa), identificadas por los tonos verdes, parecen tener una menor densidad de índices de vulnerabilidad altos en sus proximidades inmediatas. Sin embargo, es importante considerar que las áreas naturales cercanas a zonas urbanas vulnerables pueden estar sujetas a presiones ambientales y al riesgo de ser afectadas por la propia expansión urbana. También cabe señalar que existe una dinámica de crecimiento urbano informal, acompañada de carencias muy profundas en toda el AMG, lo cual implica que una cantidad de personas no estén consideradas en los censos de población y vivienda.

Figura 2

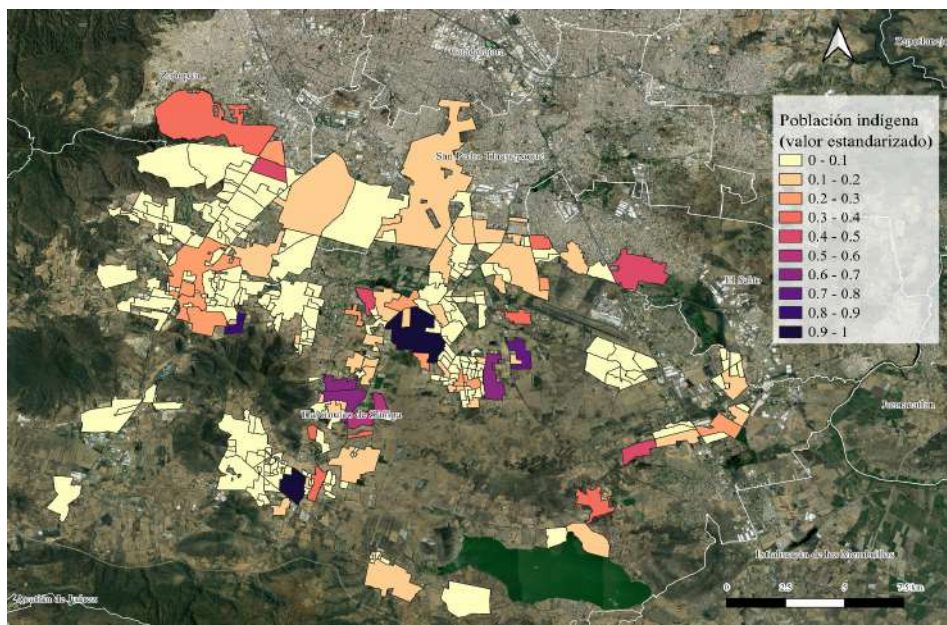
Índice de vulnerabilidad social ante inundaciones en el municipio de Tlajomulco



Fuente: Elaboración propia con base en IIEG (2022b).

El siguiente mapa (Figura 3) presenta la distribución geográfica de la población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena en Tlajomulco de Zúñiga, aspecto esencial en términos de vulnerabilidad social. Utilizando una paleta de colores para representar los valores normalizados de presencia de población indígena, las áreas más oscuras reflejan una alta concentración de hablantes de lenguas indígenas, lo que sugiere necesidades culturales y lingüísticas específicas en estas zonas, con posibles obstáculos en el acceso a servicios y comunicaciones en situaciones de emergencia.

Se observa que las áreas con una mayor concentración de población indígena están en o cerca de la mancha urbana. Esto podría indicar que, a pesar de la urbanización, estas comunidades han mantenido su identidad cultural y lingüística. No obstante, estas mismas comunidades podrían ser susceptibles a los efectos del crecimiento urbano, como la gentrificación o la pérdida de espacios culturales importantes.

Figura 3*Distribución del valor estandarizado de la población indígena en Tlajomulco*

Fuente: Elaboración propia con base en IIEG (2022b).

El último mapa proporcionado representa la distribución espacial de las viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje en Tlajomulco de Zúñiga (véase Figura 4). Aunque esta variable presenta el valor estandarizado más bajo en términos de contribución a la vulnerabilidad social, su análisis sigue siendo crucial debido a la importancia del drenaje como indicador de la buena gestión del agua y, esto último, en vinculación con la reducción de riesgos y la salud pública.

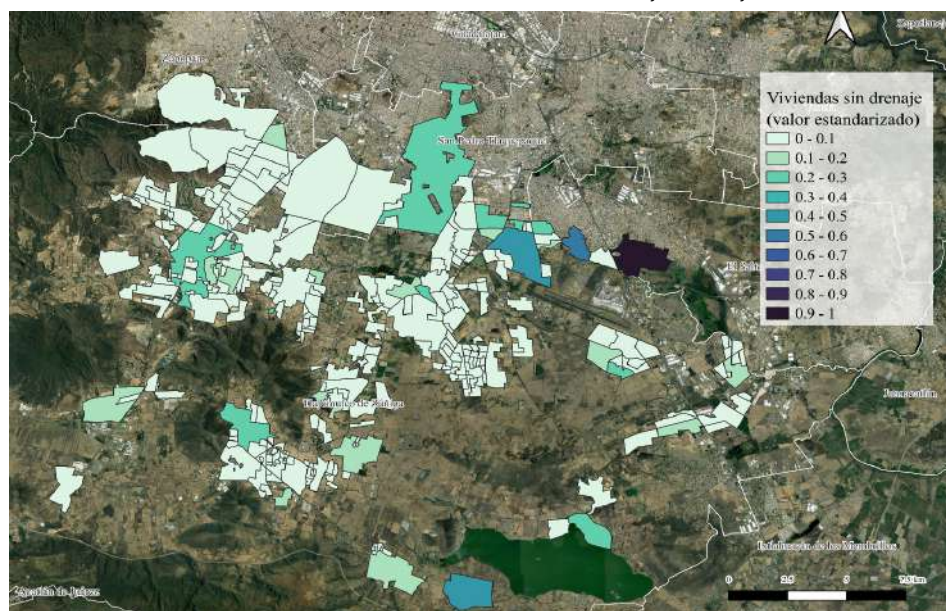
Las áreas que muestran los tonos más oscuros en el mapa señalan las concentraciones más altas de viviendas sin drenaje. Estas concentraciones podrían ser indicativas de la insuficiencia de la infraestructura básica y de servicios públicos. La falta de drenaje adecuado es un problema de salud pública significativo y aumenta la susceptibilidad de las comunidades a las enfermedades relacionadas con el agua, especialmente durante inundaciones y otros desastres naturales.

Al observar la relación con la mancha urbana, parece que las áreas con un número significativo de viviendas sin drenaje no están uniformemente distribuidas en la región urbana. Esto sugiere que hay desigualdades en el acceso a infraestructuras básicas

dentro del contexto urbano, lo que puede llevar a mayores niveles de vulnerabilidad en ciertas comunidades urbanas. Las áreas cercanas a zonas naturales que carecen de drenaje podrían ser particularmente vulnerables a eventos de inundaciones, ya que la falta de infraestructura adecuada puede resultar en una eliminación ineficiente de aguas residuales y pluviales, exacerbando los impactos ambientales y sanitarios de tales eventos.

Figura 4

Distribución del valor estandarizado de las viviendas sin drenaje en Tlajomulco



Fuente: Elaboración propia con base en IIEG (2022b).

En el siguiente apartado se presenta la discusión de los resultados obtenidos en el presente estudio. La discusión revela una serie de intersecciones críticas entre la densidad demográfica, la vulnerabilidad estructural de la población indígena en vinculación con las viviendas y la capacidad de respuesta ante emergencias en el municipio de Tlajomulco, en el contexto del riesgo de inundaciones exacerbado por el cambio climático. Como se muestra a continuación, estos hallazgos encuentran resonancia en la literatura científica actual, permitiendo un diálogo entre las observaciones locales y las tendencias globales en la gestión de riesgos de desastres y la adaptación climática.

Discusión y conclusiones

El objetivo de estudio fue evaluar la vulnerabilidad social ante el riesgo de inundaciones en el contexto del cambio climático en Tlajomulco, Jalisco. A partir de los hallazgos obtenidos, se sostienen los siguientes puntos. Primero, la densidad demográfica en Tlajomulco y la distribución etaria sugieren una población significativamente susceptible al riesgo de inundaciones. Esto resalta la importancia de considerar las necesidades diferenciadas entre la población en la planificación urbana y la gestión de riesgos de desastres. Por ejemplo, en términos de movilidad, la población de la tercera edad o personas con alguna discapacidad requieren ser consideradas en lo particular para promover una respuesta más efectiva ante situaciones de riesgo.

Aprovechar la atracción del concepto de interseccionalidad en el ámbito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es crucial para entender fenómenos complejos y proponer políticas públicas más pertinentes. La interseccionalidad permite analizar cómo diversas dimensiones de la identidad, como género, etnia, edad y clase social, interactúan para influir en la vulnerabilidad y capacidad de adaptación de las personas frente a desafíos como el cambio climático (Gómez, 2022). Esta perspectiva integral es esencial para desarrollar intervenciones y políticas públicas que respondan de manera más efectiva a las necesidades específicas de los grupos más vulnerables, asegurando un enfoque inclusivo y equitativo en la implementación de los ODS.

Segundo, los resultados muestran que el factor con más peso en el índice de vulnerabilidad social se trata de la población indígena. Este grupo está enfrentando los mayores retos en términos de las condiciones de vulnerabilidad social en Tlajomulco. Por ejemplo, la alta proporción de viviendas sin servicios básicos como drenaje e internet es enfrentada particularmente por este grupo, lo cual representa una vulnerabilidad estructural que puede afectar la capacidad de respuesta ante emergencias.

Cabe señalar que la falta de servicios básicos como drenaje adecuado y acceso a internet puede limitar la capacidad de las comunidades para prepararse y responder a las inundaciones. El drenaje inadecuado aumenta el riesgo de inundaciones y enfermedades relacionadas con el agua, mientras que la falta de conectividad a internet puede obstaculizar la difusión de información crítica durante emergencias (Blaikie *et al.*, 1994).

La densidad demográfica y la presencia de grupos susceptibles como adultos mayores, población infantil y gente con alguna discapacidad, emerge como un factor significativo en la vulnerabilidad a las inundaciones, tal como lo sugieren Afifi

et al. (2019), quienes destacan la importancia de indicadores demográficos en la cartografía de áreas propensas a inundaciones. Este estudio corrobora que una mayor densidad poblacional en Tlajomulco conlleva una exposición significativa a riesgos de inundación, lo que implica la necesidad de una planificación urbana y una gestión de riesgos que considere la distribución poblacional.

Además, la investigación de Shuaibu et al. (2022) refuerza la idea de que la densidad poblacional influye considerablemente en el riesgo de inundación, especialmente en áreas aguas abajo. Este hallazgo es particularmente pertinente para Tlajomulco, donde las zonas de mayor densidad podrían enfrentar riesgos más elevados de inundación, sugiriendo la importancia de estrategias de mitigación focalizadas.

Los procesos de urbanización y su relación con la vulnerabilidad a las inundaciones también se ven reflejados en los resultados de Du y Zhang (2021), quienes observan que una densidad poblacional excesiva incrementa la vulnerabilidad promedio a las inundaciones. Este aspecto es crucial en el contexto de Tlajomulco, donde la urbanización ha comenzado a exacerbar las condiciones de vulnerabilidad en eventos de riesgo de inundación, particularmente a partir del cambio de uso de suelo.

Por otro lado, Lee y Lin (2020) discuten cómo los antecedentes socioeconómicos, como la falta de servicios básicos y barreras educativas, configuran la vulnerabilidad ante las inundaciones. Este enfoque es coherente con los hallazgos de Tlajomulco, donde la alta proporción de viviendas sin servicios como drenaje e internet indica una vulnerabilidad estructural que puede afectar la capacidad de respuesta ante emergencias, en especial para el caso de poblaciones indígenas.

En el mismo tenor, Abdrabo et al. (2020) sugieren que la metodología de mapeo de vulnerabilidad es clave en la cartografía de vulnerabilidad a escala micro y meso urbana, lo cual es fundamental para los sistemas de toma de decisiones en la gestión del riesgo de inundaciones. Esto implica que un mapeo detallado de la vulnerabilidad social, a partir de un índice que compile una serie de variables en Tlajomulco, permite contar con una base para la formulación de estrategias de gestión de riesgos más efectivas.

Finalmente, en el contexto del estudio sobre la vulnerabilidad social en el contexto del cambio climático, es relevante considerar la reciente clasificación de municipios vulnerables publicada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC, 2019). Esta clasificación utiliza una metodología robusta que evalúa múltiples variables socioeconómicas y ambientales para determinar el grado de vulnerabilidad de los municipios mexicanos frente a los impactos del cambio

climático. Variables como la densidad poblacional, la infraestructura de servicios básicos, la exposición a fenómenos climáticos extremos y la capacidad de adaptación son fundamentales en este análisis.

Comparando esta clasificación con este estudio sobre Tlajomulco, se observa que ambos enfoques comparten la consideración de indicadores críticos como la densidad demográfica y la infraestructura urbana. Sin embargo, el estudio específico en Tlajomulco se distingue por su escala de análisis y su enfoque teórico-conceptual orientado por la vulnerabilidad social, lo cual permite una evaluación más detallada de la vulnerabilidad de la población que habita el territorio. Esto incluye factores específicos como la presencia de población infantil y de edad avanzada, así como la proporción de población indígena y la disponibilidad de servicios básicos como drenaje e internet. Estas variables locales pueden no ser completamente capturadas en clasificaciones a nivel municipal o estatal, lo que destaca la importancia de estudios focalizados para informar políticas y estrategias de adaptación climática a nivel comunitario.

Dicho lo anterior, los hallazgos de este estudio señalan algunas implicaciones para la planificación urbana y la gestión de riesgos. Primero, los planificadores urbanos y los responsables de la gestión de riesgos deben considerar la densidad demográfica, así como la distribución etaria en sus modelos de riesgo y al diseñar infraestructuras resilientes. Además, es crucial mejorar la infraestructura de servicios básicos y la conectividad para fortalecer la capacidad de las comunidades para enfrentar y recuperarse de las inundaciones.

Es crucial desarrollar e implementar políticas que mejoren la infraestructura de drenaje y el acceso a internet, especialmente en áreas con alta densidad demográfica y en hogares con niños y ancianos. A su vez, se requiere considerar la creación de programas de educación y comunicación del riesgo que estén adaptados a las necesidades de los grupos vulnerables y que utilicen medios alternativos de comunicación para llegar a aquellos sin acceso a internet.

En conclusión, los hallazgos de la presente investigación revelan una crítica entre la vulnerabilidad social y los riesgos de inundaciones exacerbados por el cambio climático. La densidad demográfica y la proporción significativa de población en rangos etarios susceptibles y poblaciones con obstáculos en el acceso a la información, como los grupos indígenas, junto con la carencia de servicios básicos como drenaje e internet, subrayan la necesidad urgente de políticas públicas que aborden estos factores estructurales de riesgo.

Estos resultados no solo resaltan desafíos específicos para la región estudiada, sino que también reflejan la importancia de integrar la adaptación al cambio climático en la planificación urbana y la gestión de riesgos de desastres a nivel global. Al alinear las estrategias gestión y reducción del riesgo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular con el Objetivo 13: Acción por el clima, se podría avanzar hacia una adaptación climática más efectiva. Esto implica no solo reconocer la interdependencia entre la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático, sino también actuar concretamente para fortalecer las capacidades de las comunidades vulnerables, asegurando así un futuro más seguro y sostenible.

Referencias

- Abdrabo, K. I., Kantoush, S. A., Saber, M., Sumi, T., Habiba, O. M., Elleithy, D., & Elboshy, B. (2020). Integrated methodology for urban flood risk mapping at the microscale in ungauged regions: A case study of Hurghada, Egypt. *Remote Sensing*, 12(21), 3548. <https://doi.org/10.3390/rs12213548>
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Adger, W. N., & Kelly, P. M. (1999). Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3), 253-266. <https://doi.org/10.1023/A:1009601904210>
- Affi, Z., Chu, H.-J., Kuo, Y.-H., Hsu, N.-S., Wong, H.-W., & Ali, M. (2019). Residential flood loss assessment and risk mapping from high-resolution simulation. *Water*, 11(4), 751. <https://doi.org/10.3390/w11040751>
- Ayuntamiento de Tlajomulco. (2018). *Programa de acción climática municipal para el bienestar y la sustentabilidad del municipio (PACMUBIS)*.
- Ayuntamiento de Tlajomulco. (2021). *Programa de ordenamiento ecológico local para el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco*. Recuperado de <https://tlajomulco.gob.mx/sites/default/files/transparencia/gacetitas/GacetaVoXIPublicacionXVIII.pdf>
- Bankoff, G., & Hilhorst, D. (2021). Introduction: Why vulnerability still matters. En G. Bankoff & D. Hilhorst (Eds.), *Why vulnerability still matters* (pp. 1-12). Routledge.
- Blaikie, P., Canno, T., Davis, I., & Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres*. Soluciones Prácticas. LA RED.
- Chang, H., Pallathadka, A., Sauer, J., Grimm, N., Zimmerman, R., Cheng, C., Iwaniec, D., Kim, Y., Lloyd, R., McPhearson, T., Rosenzweig, B., Troxler, T., Welty, C., Brenner, R., & Herreros-Cantis, P. (2021). Assessment of urban flood vulnerability using the social-ecological-technological systems framework in six US cities. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102786. <https://doi.org/10.1016/j.SCS.2021.102786>

- Chang, L. F., & Huang, S. L. (2015). Assessing urban flooding vulnerability with an emergy approach. *Landscape and Urban Planning*, 143, 11-24. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.004>
- Chavez-Rodriguez, L. (2018). Vulnerabilidad social y riesgo de desastre por inundación. En I. Rubio (Coord.), *Sociología del riesgo: Marcos y aplicaciones* (pp. 127-152). UNAM.
- Cian, F., Giupponi, C., & Marconcini, M. (2021). Integration of earth observation and census data for mapping a multi-temporal flood vulnerability index: A case study on Northeast Italy. *Natural Hazards*, 106, 2163-2184. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04535-w>
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529-539.
- Davydova, B., & Frías, H. (2016, Marzo 14-16). *Detecting climate change signals in Jalisco, Mexico*. Presentado en el 2.º Congreso Interamericano de Cambio Climático, Ciudad de México, México.
- Davydova-Belitskaya, V., & Frías Ureña, H. G. (2016). Detecting climate change signals in Jalisco, Mexico. Conference: 2º Congreso Interamericano de Cambio Climático, México.
- Delgado, J., Guimarães, A. S., & Freitas, V. (2015). Numerical simulations applied to drying out buildings with rising damp problems. En *Building Pathology and Rehabilitation* (pp. 33-41). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19114-0_3
- Demski, C., Capstick, S., Pidgeon, N., Sposato, R. G., & Spence, A. (2016). Experience of extreme weather affects climate change mitigation and adaptation responses. *Climatic Change*, 140(2), 149-164. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1837-4>
- Dietz, K. (2013). Hacia una teoría crítica de vulnerabilidad y adaptación: Aportes para una reconceptualización desde la ecología política. En A. Ulloa y A. Prieto-Rozo (Eds.), *Culturas, conocimientos, políticas y ciudadanías en torno al cambio climático* (pp. 19-46). Universidad Nacional de Colombia.
- Du, S., & Zhang, Y. (2021). Impact of cover change of land use on flood vulnerability in Jiangsu province. *Journal of Environmental Management*, 280, 111698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111698>
- Ebi, K. L., & Schmier, J. K. (2005). A stitch in time: General lessons from specific cases of climate change health impacts. *Environmental Health Perspectives*, 113(5), 1497-1502. <https://doi.org/10.1289/ehp.7491>

- Ebi, K., Vanos, J., Baldwin, J., Bell, J., Hondula, D., Errett, N. A., Hayes, K., Reid, C., Saha, S., Spector, J., & Berry, P. (2021). Extreme weather and climate change: Population health and health system implications. *Annual Review of Public Health*. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>
- Füessel, H. M. (2005). Vulnerability in climate change research: A comprehensive conceptual framework. Paper 6.
- Gain, A. K., & Hoque, M. M. (2013). Flood risk assessment and its application in the eastern part of Dhaka City, Bangladesh. *Journal of Flood Risk Management*, 6(3), 219-228. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12003>
- Gain, A., Mojtahed, V., Biscaro, C., Balbi, S., & Giupponi, C. (2015). An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City. *Natural Hazards*, 79, 1499-1530. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1911-7>
- García Acosta, V. (2018). Vulnerabilidad y desastre: Génesis y alcances de una visión alternativa. En M. González de la Rocha y G. A. Savarí (Coords.), *Pobreza y vulnerabilidad: Debates y estudios contemporáneos en México* (pp. 212-239). CIESAS.
- Goodess, C. (2013). How is the frequency, location and severity of extreme events likely to change up to 2060? *Environmental Science & Policy*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.04.001>
- Gómez, M. G. (2022). Vulnerabilidad, Grupos vulnerables e interseccionalidad. *Revista internacional de pensamiento político*, 17, 307-322. <https://doi.org/10.46661/revintpensapolit.7544>
- Haustein, K., Otto, F., Uhe, P., Schaller, N., Allen, M. R., Hermanson, L., Christidis, N., McLean, P., & Cullen, H. (2016). Real-time extreme weather event attribution with forecast seasonal SSTs. *Environmental Research Letters*, 11(6). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/6/064006>
- Hewitt, K. (1997). *Regions of Risk*. Routledge.
- IIEG. (2022b). *Información sociodemográfica por colonia, Jalisco (colonias completas), Censo 2020*. Recuperado de https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=29022
- IIEG. (2022). *Tlajomulco de Zúñiga. Diagnóstico municipal. Agosto 2022*.
- INECC. (2019). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado de https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf
- INEGI. (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- IPCC. (2012). *Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Suiza: IPCC.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

- Kumar, N., Poonia, V., Gupta, B., & Goyal, M. (2021). A novel framework for risk assessment and resilience of critical infrastructure towards climate change. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120532. <https://doi.org/10.1016/j.TECHFORE.2020.120532>
- Kundzewicz, Z. (2016). Extreme Weather Events and their Consequences. *Issues in Global Warming*, 23, 59-69. <https://doi.org/10.1515/IGBP-2016-0005>
- Kvočka, D., Falconer, R., & Bray, M. (2016). Flood hazard assessment for extreme flood events. *Natural Hazards*, 84(3), 1569-1599. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2501-z>
- Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: Debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(2), 17-33. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37017>
- Lee, Y., & Lin, N. (2020). Correlations of socio-economic backgrounds and flood preventive behavioral attitudes for Taipei. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, 101493. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101493>
- Liu, J., Fritz, S., Wesenbeeck, C. F. A. van, Fuchs, M., You, L., Obersteiner, M., & Yang, H. (2015). A spatially explicit assessment of current and future hotspots of hunger in Sub-Saharan Africa in the context of global change. *Global and Planetary Change*, 128, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.009>
- Liverman, D. (2015). Reading climate change and climate governance as political ecologies. In T. Perreault, G. Bridge, & J. McCarthy (Eds.), *The Routledge Handbook of Political Ecology* (pp. 303-319). Routledge.
- Marcantonio, R. A., Ceccato, P., DeFries, R., & Chiang, L. H. (2019). A model for the potential of remote sensing to inform the stages of the policy cycle. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 85. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00085>
- Nasiri, H., Yusof, M., Ali, T., & Hussein, M. (2018). District flood vulnerability index: Urban decision-making tool. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 2249-2258. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1797-5>
- O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L. P., & Schjolden, A. N. E. (2007). Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, 7(1), 73-88.
- Ogunbode, C., Böhm, G., Capstick, S., Demski, C., Spence, A., & Tausch, N. (2018). The resilience paradox: Flooding experience, coping and climate change mitigation intentions. *Climate Policy*, 19(6), 703-715. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1560242>
- Oliver-Smith, A. (2002). Theorizing disaster: Nature, power, and culture. In S. Hoffman & A. Oliver-Smith (Eds.), *Catastrophe & Culture* (pp. 23-47). School of American Research Press.

- Oliver-Smith, A. (2017). Adaptation, vulnerability, and resilience. Contested concepts in the anthropology of climate change. In H. Kopnina & E. Shoreman-Ouimet (Eds.), *Routledge Handbook of Environmental Anthropology* (pp. 206-218). Routledge.
- Oliver-Smith, A. (2020). What is a disaster? Anthropological perspectives on a persistent question. In A. Oliver-Smith & S. M. Hoffman (Ed.), *The Angry Earth: Disaster in Anthropological Perspective* (pp. 27-44). Routledge.
- Olson, M. (1992). *La lógica de la acción colectiva: bienes públicos y la teoría de grupos*. Limusa.
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica.
- Pall, P., Aina, T., Stone, D., Stott, P., Nozawa, T., Hilberts, A., Lohmann, D., & Allen, M. (2011). Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risk in England and Wales in autumn 2000. *Nature*, 470(7334), 382-385. <https://doi.org/10.1038/nature09762>
- Peterson, L. (2021). Silver lining to extreme weather events? Democracy and climate change mitigation. *Global Environmental Politics*, 21(1), 23-53. https://doi.org/10.1162/glep_a_00592
- Pulcinella, J. A., Winguth, A., Allen, D., & Dasa Gangadhar, N. (2019). Analysis of flood vulnerability and transit availability with a changing climate in Harris County, Texas. *Transportation Research Record*, 2673(9), 258-266. <https://doi.org/10.1177/0361198119839346>
- Reckien, D. (2018). What is in an index? Construction method, data metric, and weighting scheme determine the outcome of composite social vulnerability indices in New York City. *Regional Environmental Change*, 18, 1439-1451. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1273-7>
- Rufat, S., Tate, E., Burton, C., & Maroof, A. (2015). Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 470-486. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.09.013>
- Schiermeier, Q. (2011). Increased flood risk linked to global warming. *Nature*, 470(7334), 316. <https://doi.org/10.1038/470316a>
- Shuaibu, H. A., Hashim, M., & Reba, M. N. M. (2022). Flood risk assessment and mapping in the Hadejia River Basin, Nigeria. *Journal of Flood Risk Management*, 15(1), e12677. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12677>
- Wei, H.-P., Li, H.-C., Yeh, K., Liou, J.-J., Chen, Y.-M., & Lin, H.-J. (2016). Using structural measures to reduce flood losses in a future extreme weather event. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 27(5), 757-767. <https://doi.org/10.3319/TAO.2016.07.14.02>

- White, G. F. (Ed.). (1961). *Papers on Flood Problems*. Department of Geography, University of Chicago, Research Paper 70. Chicago: University of Chicago Press.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (2nd ed.). London: Routledge.
- Yu, W., Yang, Y. C. E., Savitsky, A., Alford, D., Brown, C., Wescoat, J., Debowicz, D., & Robinson, S. (2018). *The Indus Basin of Pakistan: The impacts of climate risks on water and agriculture*. World Bank Publications.

EL ODS 15: VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES. PROPUESTA PARA MEDIRLO A ESCALA SUBNACIONAL Y NO FRACASAR EN EL INTENTO

John Alejandro Pulgarín Franco⁶

Resumen

Este capítulo identifica los posibles indicadores para la medición del avance en la implementación del ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, en el Área Metropolitana de Guadalajara. Para esto, bajo una metodología cuantitativa se agrega un conjunto de cuatro variables *proxy*, referentes a la cobertura en bosques y selvas, extensión de las áreas naturales protegidas, incendios forestales y pérdida de cobertura arbórea; como una posible forma para medir el avance en la implementación. Los hallazgos permiten identificar avances significativos en Guadalajara respecto a una variación positiva de la cobertura de bosques y selvas; sin embargo, esto implica un reto en San Pedro Tlaquepaque y El Salto; cobertura significativa de áreas naturales protegidas en Zapopan, Ixtlahuacán de los Membrillos y Tlajomulco de Zúñiga, desafíos en el manejo del fuego en Juanacatlán, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga; y en el municipio de San Pedro Tlaquepaque. Es por esta razón que se consideran como implicaciones de políticas públicas acciones destinadas a la consolidación de sistemas de información que monitoreen el progreso de los ODS a escala subnacional.

Palabras clave

Objetivos de Desarrollo Sostenible, vida de ecosistemas terrestres, Área Metropolitana de Guadalajara, políticas públicas.

ODS abordados en el capítulo

a) Centrales



⁶ Doctor en Políticas Públicas y prestador de servicios profesionales en la Secretaría Ejecutiva del Sistema Estatal Anticorrupción de Jalisco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0504-2301>. Correo electrónico: alejopf92@gmail.com

b) Complementarios

**Introducción**

La pérdida de cobertura arbórea es un problema mundial, al extremo que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha contemplado en sus objetivos de desarrollo estrategias que permitan mitigar esta problemática, la cual es causada, entre otras cosas, por las dinámicas de deforestación con el uso de herramientas mecánicas o por incendios causados que permiten, en algunos casos, la reconversión de los usos del suelo para expansión urbanística o agropecuaria. Cabe aclarar que no todos los incendios son causados, pero son un problema serio agravado por el cambio climático, con consecuencias como pérdida de biodiversidad y contaminación del aire.

Es visto a nivel mundial el abordaje informativo de los medios de comunicación sobre las afectaciones ambientales producto de los incendios forestales en grandes ciudades, tal es el caso de los incendios forestales de la Amazonía que afectan Bogotá, en donde la noticia tuvo como titular “De nuevo la calidad del aire de Bogotá está siendo afectada por los incendios forestales en el Amazonas” (Infobae, 2022), en Santiago de Chile “Santiago de Chile, bajo una capa de humo contaminante por los incendios forestales” (Laborde, 2022), en la costa este de Estados Unidos “Smoke from Canadian wildfires engulfs East Coast, upending daily life” (Dennis, B., y Koh, 2023) y en Guadalajara “Guadalajara y alrededores, en crisis ambiental por incendios forestales” (Partida, 2023).

Algunos casos de los antes mencionados están asociados con dinámicas propias de la deforestación, problemática con múltiples efectos tanto en los ecosistemas como en los suelos y las emisiones de gases que contribuyen al cambio climático. No obstante, otros obedecen a los aumentos de temperatura propios de temporadas de calor en las que aumentan las posibilidades de incendios forestales, como sucedió en Guadalajara (NASA, 2023).

En el escenario global, las ciudades son espacios de gran relevancia pues como señala Sassen (2013), éstas se han relacionado de manera negativa con la biósfera expresada en los daños ambientales, por lo que se requiere revertir dicha situación dado que estos lugares “se han convertido en claros sistemas socioecológicos de alcance planetario” (p. 317). Dicho esto, el Área Metropolitana de Guadalajara [AMG]

es el escenario perfecto para comprender las dinámicas de cobertura forestal, así como la propia implementación de política ambiental a escala metropolitana.

Lo anteriormente mencionado, está directamente relacionado con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, pues hace parte de la respuesta del conjunto de países que integran la ONU para afrontar los problemas referentes a los ecosistemas terrestres, en especial, los bosques y selvas como fuente múltiple de servicios ecosistémicos globales. Sin embargo, un problema evidente es que la transferencia de metas e indicadores se ha centrado en el rol del Estado nación y no en la importancia de las entidades subnacionales y su contribución al logro de estos objetivos (Pulgarín-Franco, 2022).

Esto aun cuando desde la concepción de la Agenda 2030, se consideraba que existían áreas de oportunidad relevantes para la propuesta de metas e indicadores a escala regional, que en el caso mexicano corresponde a las entidades federativas y sus gobiernos locales para el desarrollo de sus propios indicadores; sin embargo, esto se limitó a las mesas técnicas para la formulación de los ODS.

En este sentido, el objetivo de este escrito es identificar los posibles indicadores para la medición del avance en la implementación del ODS 15 en el Área Metropolitana de Guadalajara. Para lograrlo, en este apartado se hace la introducción a la problemática global de los bosques y selvas; en la siguiente sección, se presentan los antecedentes de los objetivos de desarrollo propuestos por la ONU; en la segunda sección, se involucra el contexto de los ecosistemas terrestres en el AMG; en la tercera sección se esboza la metodología; en la cuarta sección se presentan los resultados y, finalmente, se hacen las conclusiones e implicaciones de política pública.

1. Antecedentes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La adopción de metas e indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en México tiene su antecedente con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), siendo en 2010 cuando la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] aprueba el acuerdo 1ª/VII/2010 y crea el Comité Técnico Especializado del Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo del Milenio [CTESIODM], ya para el año 2011 esta misma entidad gubernamental adopta el acuerdo 7ª/X/2011 en el que se incluye un grupo de 38 indicadores de los ODM al catálogo nacional de indicadores (INEGI, 2010; 2011).

En el año 2015, mediante acuerdo 8ª/V/2015, se transforma el denominado CTESIODM al Comité Técnico Especializado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible [CTEODS]. Mientras que en el año 2017, se expide el Decreto “por el que se crea el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, este con el fin de vincular al “Ejecutivo Federal con los gobiernos locales, el sector privado, la sociedad civil y la academia” (DOF 26 de abril, 2017, art. primero). Asimismo, el INEGI determinó que México puede incorporar 169 de los 232 indicadores que propone la ONU (Gobierno de la República, 2018). Para el año 2018, se reforma la Ley de Planeación con el fin que los Planes Nacionales de Desarrollo consideren las estrategias para el logro de los ODS (DOF 16 de febrero, 2018).

En lo concerniente al objeto de la medición que acá se presenta, el ODM 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, incorporó como indicadores –los cuales antecedieron al ODS 15–, los siguientes: 7.1. Proporción de la superficie cubierta por bosques y selvas y 7.6. Proporción de áreas terrestres y marinas protegidas (CTESIODM, 2015). En relación con lo anterior, en el ODS 15 se incorporaron para efectos de monitoreo los siguientes indicadores: 15.1.1. Superficie forestal como proporción de la superficie total; 15r.1a. Cobertura de las zonas terrestres protegidas en relación con el territorio terrestre; 15.4.2. Índice de cobertura verde de las montañas; 15n.2.1. Tasa anual de deforestación bruta a nivel nacional (INEGI, 2023).

Cabe señalar que, respecto de los anteriores, se incluyen el 15r.1a y el 15n.2.1 como parte de otras iniciativas como los definidos en la Conferencia Estadística de las Américas CEA-CEPAL el indicador específico para México, como lo refiere el INEGI (2023) en el Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que se constituye como el instrumento por medio del cual se le puede dar monitoreo y seguimiento del cumplimiento de los indicadores y metas de los ODS.

Asimismo, a través del Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, elaboraron el documento “Guía para el desarrollo de revisiones subnacionales voluntarias” en aras de identificar las contribuciones de los gobiernos locales, señalando que, aunque en las entidades federativas y en algunos municipios se ha avanzado en Órganos de Seguimiento e Instrumentación [OSI] de la Agenda 2030, se mantienen falencias en mecanismos de monitoreo y seguimiento de la implementación de los ODS en lo subnacional (Presidencia de la República, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ] y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey [TEC], 2020).

En relación con lo mencionado, a partir de dicha iniciativa se presentaron seis informes locales voluntarios sobre el avance de la Agenda 2030 en lo local; entre estos se encuentra el informe que presenta el gobierno de Guadalajara, en el que señala que a partir del Sustainable Cities Index 2018 el AMG está por encima del promedio en el seguimiento de los ODS, aunque en lo referente al cumplimiento de estos, tiene sólo tres metas alcanzadas en fin de la pobreza –ODS 1–, acción por el clima –ODS 13–, y alianzas para lograr los objetivos –ODS 17– (Gobierno de Guadalajara, 2021).

No obstante, lo anterior se concentra en Guadalajara, y se omiten los demás municipios que conforman el Área Metropolitana, debido a que “el objetivo del municipio de Guadalajara es identificar a escala micro, granulada, el avance y cumplimiento de la Agenda 2030, para identificar cuáles son las acciones que abonan desde lo local, a lo metropolitano y finalmente a lo estatal” (Gobierno de Guadalajara, 2021, p.20). Bajo esta premisa, es necesario entonces desagregar las contribuciones de los municipios que conforman el AMG hacia los ODS y de manera precisa en lo referente al ODS 15.

Una de las principales dificultades a las que se enfrenta un proceso de investigación, es el acceso al conjunto de datos que producen las administraciones municipales, los cuales luego son reportados a instancias gubernamentales de mayor jerarquía para la consolidación de informes generales con un nivel de desagregación para entidades de primer nivel como lo son los estados; quedando la información relegada o con dificultades para precisar su marco de acción a escala municipal.

Cabe señalar que, el seguimiento que se le hace a los ODS a escala subnacional se da a partir de varios insumos propios de la planeación. El Estado de Jalisco, a través de su Secretaría de Planeación y Participación Ciudadana, cuenta con la plataforma Planea, en la cual realiza tanto el seguimiento a su Plan de Gobernanza y Desarrollo Estatal, como a la Agenda 2030, para el cual estableció el Mecanismo Estatal de Seguimiento a la Agenda 2030; sin embargo, no se encuentra un sistema de visualización de la información que permita hacer verificación de manera adecuada para la consulta ciudadana.

El Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del AMG establece, entre otros indicadores relacionados con el ODS 15, el indicador de seguimiento: Porcentaje de áreas de conservación establecidas en los instrumentos de planeación municipal; sin embargo, este se encuentra reportado entre los años 2016 a 2018 (IMEPLAN, 2023a). Por otra parte, el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza de Tlajomulco establece como indicador relacionado con el ODS 15 el porcentaje de superficie bajo esquemas de áreas naturales protegidas (Gobierno de Tlajomulco de Zúñiga, 2022, p. 93).

El Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza [PMDyG], y sus programas estratégicos, aunque es un insumo importante porque da cuenta de las acciones propias de los gobiernos subnacionales, no concreta el seguimiento de los ODS y, además, duplica el trabajo para los funcionarios que se encargan de hacer los reportes tanto del PMDyG y los avances de la Agenda 2030. A este se añade el inventario del arbolado urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara de Morales, *et al.* (2018), pues una limitación de este trabajo es que sólo se enfoca en las zonas urbanas. Y aunque hubiera sido ideal abordar el estudio de Actualización de Caracterización y Diagnóstico de Arbolado Urbano y Áreas Verdes para el Área Metropolitana de Guadalajara del IMEPLAN (2023b), este presenta la misma limitación.

También, hay una ausencia en las trayectorias de seguimiento de indicadores sobre el comportamiento de una situación. Un ejemplo de esto es que, en el Banco de Indicadores del INEGI filtrado para el estado de Jalisco, el indicador de incendios forestales, tanto en número como en hectáreas, no tiene datos reportados para los años comprendidos en el periodo de 2018 a 2022, lo mismo sucede con el indicador de superficie de bosque cultivado, del cual se tiene información sólo para el año 2014. Además, la información a nivel municipal no está disponible, lo que genera vacíos que dificultan aún más el seguimiento ciudadano en acciones relacionadas con la Agenda 2030 y con las dinámicas de desarrollo nacional.

A lo ya mencionado, se suma que en el desglose de los indicadores por entidad federativa y municipio que presenta el INEGI (2023) no se tienen datos para todos los ODS –con corte al 14 de julio de 2023–. En este orden de ideas, es preciso entonces retomar el trabajo de Pulgarín-Franco (2022), con el propósito de brindar indicadores que se puedan extrapolar y permitan realizar un seguimiento específico de la contribución subnacional a los ODS.

Por ejemplo, el Índice de Ciudades Sostenibles que publica Citibanamex (2021) establece tres indicadores para medir el ODS 15 como subíndice, siendo estos: estrategias estatales de biodiversidad, suelo de valor ambiental urbanizado y ecosistemas importantes para la biodiversidad protegidos; no obstante, en la construcción de este índice se toman datos para los años 2010, 2015 y 2020; enfatizando que esto se debe también a las brechas de información que publica tanto el INEGI como las entidades federativas; lo cual impide la disponibilidad de información anualizada que permita monitorear de manera adecuada el cumplimiento de la Agenda 2030 y tomar medidas correctivas oportunas.

Ante todas estas insuficiencias metodológicas y de disponibilidad de información surge la pregunta: ¿Qué se podría hacer? En este sentido, la respuesta va dirigida al aprovechamiento de la información disponible y de estrategias metodológicas que contribuyan a la toma de decisiones, lo cual se observa de alguna manera en el Índice de Ciudades Sostenibles que publica Citibanamex (2021), con lo cual, a partir de datos disponibles, aplican una estrategia metodológica y generan una medición.

2. Contexto de los ecosistemas terrestres en el AMG

El Área Metropolitana de Guadalajara AMG presenta una fuerte presión sobre los ecosistemas terrestres por cuenta de dinámicas asociadas principalmente con la expansión de la mancha urbana. No obstante, a través de la declaratoria de Áreas Naturales Protegidas (ANP), se ha logrado mitigar el impacto y lograr conservar relictos de bosques que son oferentes de bienes y servicios ecosistémicos importantes.

En los municipios de El Salto, Guadalajara, Juanacatlán, Tonalá y Zapotlanejo; se ubica el ANP Barrancas de los ríos Santiago y Verde, declarada mediante Decreto DIGELAG 003/2016 con una extensión de 21,383.03 hectáreas; compartida además con los municipios de Acatic, Cuquío, Ixtlahuacán del Río y Tepatitlán de Morelos.

En el municipio de Guadalajara se sitúa el ANP Bosque Colomos, declarada por Decreto 21856/LVIII/07 con una extensión de 90.72 hectáreas. En los municipios de Guadalajara y Zapopan se encuentra el ANP Bosque Colomos-La Campana, declarada mediante Decreto DIGELAG/010/2018, con una extensión de 207.79 hectáreas.

En Ixtlahuacán de los Membrillos se ubica el ANP Sierra Cóndiro-Canales y Cerro San Miguel Chiquihuitillo, declarada a través de Decreto DIGELAG 04/2018 con una extensión de 18,608.91 hectáreas, en la que confluyen también los municipios de Chapala, Poncitlán, Ocotlán, La Barca y Atotonilco El Alto.

En los municipios de Ixtlahuacán de los Membrillos y Tlajomulco de Zúñiga, se sitúa el ANP Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos, declarada mediante Decreto DIGELAC/ACU/3/2013 con una extensión de 23,176.97 hectáreas, compartida además con los municipios de Chapala y Jocotepec.

En Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan se encuentra el ANP La Primavera, declarada por Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo de 1980, con una extensión de 30,500 hectáreas, en la que también confluye el municipio de Tala; y el ANP Cerro del Tajo, declarada mediante Decreto DIGELAG/001/2018, con una extensión de 1,684.03 hectáreas.

En Zapopan se sitúa el ANP Arroyo La Campana-Colomos III, declarada a través de Decreto 24920/LX/14, con una extensión de 36.4537; el ANP Bosque el Nixticuil-San Esteban-El Diente, declarada mediante Decreto 22170/LVIII/08, con una extensión de 1,591.40 hectáreas; el ANP Barranca del río Santiago, declarada por Decreto 20611/2004 con una extensión de 17,729.91 hectáreas; y el ANP El Bajío, declarada a través de Decreto del 03 de septiembre de 2019, con una extensión de 980.89 hectáreas.

Sin embargo, la expansión de la mancha urbana no es la única amenaza sobre las áreas arbóreas del AMG, sino que a esta se suman problemas relacionados con la denominada temporada de incendios, de hecho, en abril de 2021 se presentó uno de los incendios forestales de mayor extensión en el ANP Bosque La Primavera que afectó unas 4,926 hectáreas, correspondiente al 16 % de la superficie del ANP, lo cual tuvo impacto negativo en la integridad de la flora y fauna, así como en la calidad del aire del AMG (CUCSur y SEMADET, 2021).

No obstante, aunque el informe de CUCSur y SEMADET (2021) señala que los incendios hacen parte de una dinámica natural que propicia la regeneración del bosque, también enfatizan que los cambios en el ecosistema y el efecto de la burbuja de calor que genera la mancha urbana propician una mayor prevalencia de incendios, para lo cual se deben implementar las estrategias para el manejo del fuego.

En relación con afectaciones a las áreas naturales protegidas y el cambio climático, señalan Curiel, Garibay y Regalado (2022), que aunque existen zonas declaradas ANP, esto no ha sido garantía de protección, tal como sucede en el lago Chapala, la barranca del río Santiago, el bosque de La Primavera, el bosque el Nixticuil-San Esteban-El Diente y el Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos; en la que existen presiones que afectan los ecosistemas, y los discursos no se materializan, puesto que los compromisos ambientales no son vinculantes para los gobiernos.

3. Metodología

Teniendo en cuenta las limitaciones respecto a la información *–missing data–* para los ODS, se maniobró a través de la búsqueda de datos en plataformas de libre acceso, cabe señalar que, se usaron datos *proxy* que permitieron brindar un acercamiento a las condiciones del ODS en mención a escala municipal. Los indicadores que se van a contemplar corresponden a: Cobertura de bosques y selvas, extensión de área natural protegida, extensión de incendios forestales y pérdida de cobertura arbórea.

Se exploró el Global Fire Dashboard de Greenpeace (2023) el cual, aunque es un insumo bastante importante, tiene únicamente información desagregada a nivel de estado, sumado a que el monitoreo que brinda sólo está disponible para unas pocas semanas. No obstante, el país cuenta con el Sistema Nacional de Información Forestal [SNIF] de la Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] (2023a), y a partir del histórico de incendios 2015 a 2020, y el Concentrado Nacional de Polígonos de Incendios Forestales 2021 y 2022 se pudo obtener información detallada para el orden municipal.

De acuerdo con el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco [IIEG] (2019), se encuentra información sobre la biodiversidad de Jalisco en un análisis bivariado de especies potenciales y registradas a un nivel de desagregación por municipio, aunque no tiene una trazabilidad en el tiempo que permita establecer comparaciones o proporciones adecuadas para agregarlo a un índice.

Por otra parte, la tasa de deforestación bruta que presenta CONAFOR (2023b), se desagrega sólo hasta el orden estatal y los datos son actualizados cada tres años, lo cual hace complejo analizar el comportamiento de esta variable en lo municipal. Para subsanar esta limitación, se usaron los datos de pérdida de cobertura arbórea del Global Forest Watch [GFW] (2023).

En relación con la cobertura del suelo, en la información consultada en los cuadernillos municipales de los años 2019 a 2023 del IIEG (2023); sólo se observan cambios en usos del suelo de bosques y selvas entre 2022 y 2023, algo que no sucede con los datos de los años anteriores, lo que imposibilita la trazabilidad de esta en una ventana de tiempo en la que es posible se hayan presentado cambios.

En la Tabla 1 se presentan los indicadores del ODS 15 adoptados por México, el dato disponible para el municipio y el indicador *proxy* seleccionado para dar cuenta del aporte subnacional al indicador en mención; la temporalidad del estudio comprende los años entre 2014 y 2023.

Tabla 1*Indicadores ODS y proxy a escala municipal*

Indicador ODS 15	Dato disponible para el municipio	Indicador proxy
15.1.1 Superficie forestal como proporción de la superficie total.	Porcentaje de cobertura de suelo (IIEG, 2023).	Variación de coberturas forestales = ((Cobertura porcentaje tiempo 1 - cobertura porcentaje tiempo 2) / cobertura porcentaje tiempo 2) * 100.
15.1.2 Proporción de lugares importantes para la diversidad biológica terrestre y del agua dulce que forman parte de zonas protegidas, desglosada por tipo de ecosistema.	ND	ND
15r.1a Cobertura de las zonas terrestres protegidas en relación con el territorio terrestre.	Extensión de Áreas Naturales Protegidas (SEMADET, 2023).	Proporción ANP = (Extensión ANP / Extensión del municipio) * 100.
15.4.2. Índice de cobertura verde de las montañas.	ND	ND
15.5.1 Proporción de especies en peligro de extinción.	Reporte de incendios forestales (CONAFOR, 2023a).	Promedio de hectáreas incendiadas.
15n.2.1 Tasa anual de deforestación bruta a nivel nacional.	Pérdida de cobertura arbórea (GFW, 2023).	Promedio de hectáreas de pérdida de cobertura arbórea.

Fuente: Elaboración propia.

La variación de coberturas forestales, permite detectar el patrón de cambio entre la cobertura anterior y la actual; la proporción de áreas naturales protegidas, muestra el esfuerzo de conservación de la administración pública federal o estatal en el respectivo municipio; la proporción de incendios forestales, detecta el esfuerzo por prevenir y atender las conflagraciones que afectan la biodiversidad municipal; y la proporción de pérdida de cobertura arbórea da cuenta de la incapacidad de la administración pública para evitar que se deterioren los ecosistemas forestales.

Metodológicamente, se consolidaron los datos disponibles con un enfoque cuantitativo, con el fin que dieran información relativa y no absoluta, se obtuvieron indicadores

mediante el uso de proporciones, posteriormente, se aplicó una normalización de los datos con el fin de calcular los subíndices, los cuales serán agregados más tarde para consolidar el índice de propensión de implementación del ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

La normalización de los indicadores *proxy* se realizó a través del método de reescalamiento que propone la CEPAL (2009), cuando la variable deseable es baja, se usa la ecuación 1; cuando la variable deseable es alta, se considera la ecuación 2.

Ecuación 1.

$$V_i = \frac{x - \max}{\min - \max}$$

Ecuación 2.

$$V_i = \frac{x - \min}{\max - \min}$$

Para realizar la ponderación de los subíndices, se optó por usar un cálculo equiproporcional; en este sentido, como son cuatro variables, se calculan en un cuarto. La agregación del índice se realizó conforme a la ecuación 3.

Ecuación 3.

$$\Sigma P_i = (CBS_V_i * (1/4)) + (ANP_V_i * (1/4)) + (IncFor_V_i * (1/4)) + (PCA_V_i * (1/4))$$

Donde:

ΣP_i : Índice de propensión en la implementación del ODS 15

CBS: Cobertura de bosques y selvas

ANP: Área Natural Protegida

IncFor: Incendios forestales

PCA: Pérdida de cobertura arbórea

Para lo cual la estrategia de análisis involucró el cálculo de indicadores *proxy*, como se muestra en la Tabla 1, la normalización de estos mediante las fórmulas 1 y 2, y finalmente la agregación según la fórmula 3; los alcances se pueden ver limitados porque algunos indicadores no presentan un comportamiento dinámico de cambios, pero no se puede prescindir porque son importantes y muestran una tendencia, esta estrategia metodológica tiene el potencial de ser replicable para otros ODS.

4. Resultados

Como se puede observar en la Tabla 2, los datos correspondientes a los municipios del AMG permitieron identificar que los municipios con mayor porcentaje de cobertura de bosques y selvas a partir del IIEG (2023) son Juanacatlán, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga; no obstante, si se tienen en cuenta las variaciones, el municipio que obtuvo la variación positiva más alta fue Guadalajara, y la variación negativa más alta fue Tlajomulco de Zúñiga.

Tabla 2

Cobertura de bosques y selvas AMG

Municipio	Cobertura bosques y selvas 2022	Cobertura bosques y selvas 2023	Variación de coberturas	CBS_V _i
Acatlán de Juárez	14.20	14.50	2.11	0.26
El Salto	0.50	0.50	0.00	0.17
Guadalajara	5.40	6.50	20.37	1.00
Ixtlahuacán de los Membrillos	21.40	22.20	3.74	0.32
Juanacatlán	38.30	39.60	3.39	0.31
San Pedro Tlaquepaque	0.00	0.00	0.00	0.17
Tlajomulco de Zúñiga	28.50	27.30	-4.21	0.00
Tonalá	12.10	12.80	5.79	0.41
Zapopan	39.80	39.40	-1.01	0.13
Zapotlanejo	20.60	19.80	-3.88	0.01

Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG (2023).

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 3, los municipios con mayor extensión de áreas naturales protegidas con información de la SEMADET (2023), fueron Zapopan e Ixtlahuacán de los Membrillos, mientras que los que tuvieron menor extensión son Acatlán de Juárez y San Pedro de Tlaquepaque; misma tendencia se mantiene cuando se expresan los datos de manera proporcional.

Tabla 3*Áreas naturales protegidas AMG*

Municipio	Hectáreas ÁNP	Superficie hectáreas	Proporción ÁNP	ANP_V _i
Acatlán de Juárez	0.00	18100	0.00	0.00
El Salto	218.10	9200	2.37	0.06
Guadalajara	1679.71	15000	11.20	0.30
Ixtlahuacán de los Membrillos	3565.58	18400	19.38	0.52
Juanacatlán	387.00	14100	2.74	0.07
San Pedro Tlaquepaque	0.00	11900	0.00	0.00
Tlajomulco de Zúñiga	12965.00	68200	19.01	0.51
Tonalá	2660.00	15600	17.05	0.46
Zapopan	37649.98	101700	37.02	1.00
Zapotlanejo	1860.30	72200	2.58	0.07

Fuente: Elaboración propia a partir de SEMADET (2023); IIEG (2023).

Con relación a la mayor extensión afectada por incendios forestales de acuerdo con CONAFOR (2023a), en la Tabla 4 se puede observar que la mayor extensión afectada se encontró en los municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga y Juanacatlán; mientras que no se reportan afectaciones en El Salto, San Pedro Tlaquepaque y Tonalá. Estos datos varían en el orden en Juanacatlán, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga cuando se expresan de manera proporcional.

Tabla 4*Incendios forestales AMG*

Municipio	Promedio hectáreas incendiadas	Superficie hectáreas	Proporción de incendios	IncFor_V _i
Acatlán de Juárez	192.83	18,100	1.07	0.80
El Salto	0.00	9,200	0.00	1.00
Guadalajara	19.31	15,000	0.13	0.98
Ixtlahuacán de los Membrillos	320.76	18,400	1.74	0.67
Juanacatlán	736.08	14,100	5.22	0.00
San Pedro Tlaquepaque	0.00	11,900	0.00	1.00

Tlajomulco de Zúñiga	1279.23	68,200	1.88	0.64
Tonalá	0.00	15,600	0.00	1.00
Zapopan	2580.61	101,700	2.54	0.51
Zapotlanejo	266.70	72,200	0.37	0.93

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAFOR (2023a); IIEG (2023).

Acorde con los municipios en los que hubo un mayor promedio de pérdida de cobertura arbórea de acuerdo con GFW (2023). En la Tabla 5, se indica que son Zapopan, Zapotlanejo y Tlajomulco de Zúñiga; mientras que no hay pérdida de cobertura arbórea en los municipios de El Salto, Guadalajara y San Pedro Tlaquepaque. Los datos cambian de orden cuando se convierten en proporción, siendo estos Zapopan, Zapotlanejo e Ixtlahuacán de los Membrillos. Este dato es importante, en razón que es una aproximación a los riesgos por pérdida de cobertura arbórea y, por ende, de la capa vegetal, lo cual contribuye a la afectación de los suelos por erosión y la desregulación de la temperatura que genera la burbuja de calor.

Tabla 5

Pérdida de cobertura arbórea AMG

Municipio	Promedio hectáreas perdidas de cobertura arbórea	Superficie hectáreas	Proporción pérdidas de cobertura arbórea	PCA_V _i
Acatlán de Juárez	0.22	18,100	0.0012	0.89
El Salto	0.00	9,200	0.0000	1.00
Guadalajara	0.00	15,000	0.0000	1.00
Ixtlahuacán de los Membrillos	0.26	18,400	0.0014	0.87
Juanacatlán	0.07	14,100	0.0005	0.95
San Pedro Tlaquepaque	0.00	11,900	0.0000	1.00
Tlajomulco de Zúñiga	0.52	68,200	0.0008	0.93
Tonalá	0.14	15,600	0.0009	0.92
Zapopan	11.11	101,700	0.0109	0.00
Zapotlanejo	1.20	72,200	0.0017	0.85

Fuente: Elaboración propia a partir de GFW (2023); IIEG (2023).

Una vez presentados los resultados de cada uno de los indicadores *proxy* que conforman el índice de propensión, y normalizados con la técnica de reescalamiento, se procede con la agregación conforme a la fórmula (3) presentada en la metodología. El resultado de esta agregación se observa en la Tabla 6.

Tabla 6

Cálculo de las variables con ponderación

Municipios	CBS_Pi	ANP_Pi	IncFor_Pi	PCA_Pi	ΣPi
Acatlán de Juárez	0.26	0.00	0.80	0.89	0.49
El Salto	0.17	0.06	1.00	1.00	0.56
Guadalajara	1.00	0.30	0.98	1.00	0.82
Ixtlahuacán de los Membrillos	0.32	0.52	0.67	0.87	0.60
Juanacatlán	0.31	0.07	0.00	0.95	0.33
San Pedro Tlaquepaque	0.17	0.00	1.00	1.00	0.54
Tlajomulco de Zúñiga	0.00	0.51	0.64	0.93	0.52
Tonalá	0.41	0.46	1.00	0.92	0.70
Zapopan	0.13	1.00	0.51	0.00	0.41
Zapotlanejo	0.01	0.07	0.93	0.85	0.46

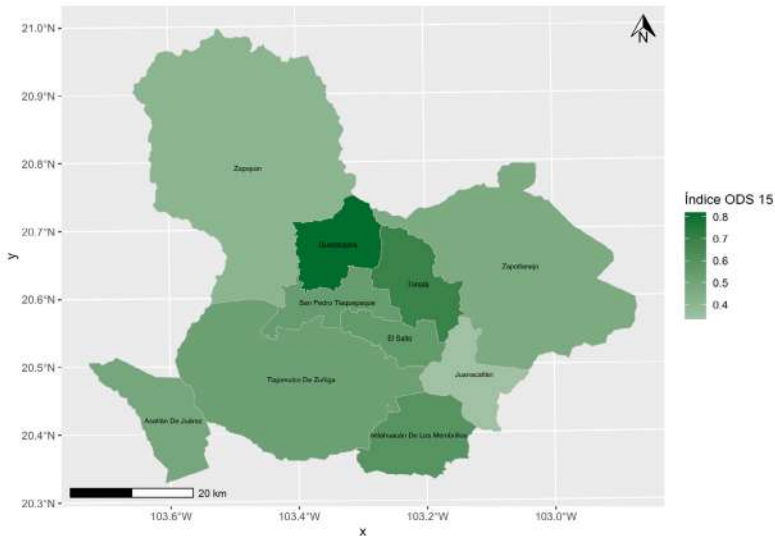
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se observan las posiciones de los municipios que más propensión tienen para lograr la implementación del ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, son: Guadalajara, Tonalá, Ixtlahuacán de los Membrillos, El Salto, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Acatlán de Juárez, Zapotlanejo, Zapopan y Juanacatlán; los cuales se muestran geográficamente en la Figura 1. No obstante, como señala CEPAL (2009) esto captura las dimensiones desde un punto de vista estadístico, pero omite el plano interpretativo⁷.

Lo anterior tiene como ventaja la existencia de un panorama que permite comprender el comportamiento en relación con el cumplimiento de objetivos de protección ambiental globales; es decir, por qué algunos municipios pueden avanzar de manera positiva y otros no. Sin embargo, presenta desventajas en la medida que la profundidad en

⁷ En términos de investigación, desde el punto de vista estadístico, a partir de unos datos se muestra una tendencia, pero eso desde una perspectiva amplia; por lo que este trabajo abre una ventana de investigación para que otros trabajos vayan a ese plano interpretativo, en el que se explique de manera detallada el porqué de los datos.

Distribución geográfica del avance del ODS 15 en el AMG



En proporción de incendios forestales, los municipios de El Salto, San Pedro Tlaquepaque y Tonalá presentan la menor o nula proporción; sin embargo, cabe aclarar que San Pedro Tlaquepaque no tiene cobertura de bosques y selvas. Los municipios de Juanacatlán, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga tienen la mayor cobertura de incendios forestales.

En pérdida de cobertura arbórea, El Salto, Guadalajara y San Pedro Tlaquepaque no presentan pérdida de cobertura arbórea, aunque San Pedro Tlaquepaque no posee cobertura arbórea y El Salto tiene una cobertura arbórea pequeña. Mientras los municipios de Zapopan, Zapotlanejo e Ixtlahuacán de los Membrillos presentan la mayor pérdida de cobertura arbórea, datos obtenidos cuando son convertidos en proporción respecto de la extensión territorial.

En este orden de ideas, en estas cuatro variables se observa la importancia que tiene el seguimiento de indicadores en el orden subnacional, y las implicaciones para la toma de decisiones relacionadas con objetivos de desarrollo como el ODS 15. Aunque, la expansión de la mancha urbana en el AMG conlleva a que el principal uso del suelo urbano esté destinado al asentamiento humano, se debe tener en cuenta la necesidad de zonas de bosque y selva que contribuyan con el mejoramiento de la calidad del aire, la preservación de la flora y fauna y el beneficio de bienes y servicios ambientales asociados.

Conclusiones

En este capítulo se identifican los indicadores subnacionales más cercanos al ODS 15 en el Área Metropolitana de Guadalajara, de manera que se pueda capturar el avance de su implementación. Los resultados dejan entrever los vacíos de información para el seguimiento de indicadores de los ODS a escala subnacional, pues el seguimiento realizado tiene alcance a entidades subnacionales de primer nivel, como son los estados.

Ante esta insuficiencia, este capítulo propone un abordaje metodológico alternativo, confeccionado con múltiples fuentes para construir variables *proxy* que brinden una idea diferenciada a escala municipal del AMG, respecto a las distintas dinámicas de pérdida de áreas verdes y servicios ecosistémicos asociados. En tal sentido, los resultados indican que:

Los municipios de Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga son los que poseen la mayor cobertura de bosque, pero a su vez los que tienen una mayor variación negativa de un año a otro, lo cual, aunque asociado a su dinámica de crecimiento, también debe ser considerado en el desarrollo urbanístico y la distribución de espacios verdes amplios, como parques y áreas naturales. No obstante, el hecho de que tienen mayor cobertura de bosque se ve reflejado en la presencia de mayor proporción de ANP, tal como sucede en los municipios señalados, los cuales son los principales afectados por los incendios forestales.

En los municipios de El Salto y San Pedro Tlaquepaque, que no poseen una cobertura de bosque significativa debido a que gran parte de su suelo está dedicada principalmente al asentamiento humano, la agricultura y pastizales, se observa la nula o baja presencia de ANP, incendios y pérdida de cobertura arbórea. Lo que permite señalar que, no es debido a la existencia de una estrategia encaminada al logro de los ODS en mención; pero sí permite enfatizar en la necesidad de acciones para garantizar ecosistemas arbóreos y sus externalidades positivas.

En tal sentido, es imperante el establecimiento de un sistema de seguimiento de los ODS a escala municipal, que permita contribuir de manera oportuna en la implementación o redefinición de las acciones encaminadas al logro de tales objetivos; por lo que este capítulo tiene como alcance establecer una base de indicadores *proxy* para dar cuenta del comportamiento del ODS en el AMG.

Asimismo, la gestión de políticas públicas a escala municipal e intermunicipal en relación con los ODS requiere del compromiso y voluntad del Estado, los gremios económicos y la sociedad, con el fin de reducir las afectaciones en el patrimonio ambiental y mitigar las consecuencias frente a la pérdida de biodiversidad, cobertura arbórea y el cambio climático. Para lograrlo, es esencial la reforestación, el establecimiento de áreas naturales protegidas y el fortalecimiento de la institucionalidad ambiental.

Las limitaciones de este trabajo se centran en la disponibilidad de información a una escala de tiempo mayor que permita dar cuenta del comportamiento en el largo plazo. Por otra parte, en este escrito se omite el estudio detallado del comportamiento social, económico y político en el que se profundice las explicaciones de las variaciones entre municipios y del porqué algunos contribuyen en mayor o menor medida con el ODS 15.

De acuerdo con lo anterior, las perspectivas de investigación futura deben centrarse en ampliar la base de indicadores y, en lo posible, que estos sean más explícitos que aproximados, asimismo, realizar una búsqueda de explicaciones relacionales causales que comprometan el avance. Como prescripciones de política pública, los municipios deben establecer vínculos con las universidades para compartir información que permita la consolidación de sistemas de información para la toma de decisiones en relación con los ODS.

Referencias

- Centro Universitario de la Costa Sur [CUCSur], Universidad de Guadalajara, y Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Gobierno de Jalisco [SEMADET]. (2021). *Evaluación preliminar del incendio forestal “Las Canoas-Nejahuete-Pedernal” en el Bosque La Primavera*. https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/reporte_tecnico_incendio_las_canoas.pdf
- Citibanamex. (2022). *Índice de Ciudades Sostenibles 2021*. Citibanamex: El Banco Nacional de México. <https://icsmapsbucket.s3.us-east-2.amazonaws.com/documentos/Índice+de+Ciudades+Sostenibles+2021.pdf>
- Comité Técnico Especializado del Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo del Milenio CTESIODM. (2015). *Los Objetivos de Desarrollo del Milenio en México: Informe de avances*. https://backend.aprende.sep.gob.mx/media/uploads/proedit/resources/los_objetivos_de_des_01e5566b.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2009). *Guía metodológica: Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a627f68b-9902-4fa2-a516-912a903ecf22/content>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2023a). Sistema Nacional de Información Forestal SNIF – Manejo del Fuego. <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2023b). Sistema Nacional de Información Forestal SNIF – Monitoreo forestal, Deforestación y Carbono. <https://snmf.cnf.gob.mx>
- Curiel, A., Garibay, M., y Regalado, J. (2022). Áreas naturales protegidas, cambio climático y resistencia social. En A. Poma, y T. Gravante (Coords.). *Generando conciencia sobre el cambio climático: nuevas miradas desde México*. UNAM. https://www.researchgate.net/publication/363127580_Areas_naturales_protegidas_cambio_climatico_y_resistencia_social_en_el_area_metropolitana_de_Guadalajara_Mexico
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2017). *Decreto por el que se crea el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. 26 de abril de 2017. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5480759&fecha=26/04/2017#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2018). *Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Planeación*. 16 de febrero de 2018. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513502&fecha=16/02/2018#gsc.tab=0
- Dennis, B., y Koh, J. (7 de junio de 2023). Smoke from Canadian wildfires engulfs East Coast, upending daily life. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2023/06/07/air-quality-nyc-us-canada-wildfire-smoke/>

- Gobierno de Guadalajara. (2021). *Guadalajara 2030: Revisión Local Voluntaria sobre la implementación de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/670806/VF_Guadalajara.pdf
- Gobierno de la República. (2018). *Informe Nacional Voluntario para el Foro Político del Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible*. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/20125INFORME_NACIONAL_VOLUNTARIO_060718.pdf
- Greenpeace. (2023). *Global Fire Dashboard*. <https://maps.greenpeace.org/fire-dashboard/?lang=en>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco [IIEG]. (2019). *Biodiversidad de flora y fauna en categoría de riesgo del estado de Jalisco*. <https://iieg.gob.mx/biodiversidad/>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco [IIEG]. (2023). *Cuadernillos Municipales*. https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=21707
- Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara [IMEPLAN]. (2023a). *Módulo de Seguimiento y Evaluación del Desarrollo Metropolitano*. <https://msedmetro.imeplan.mx>
- Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara [IMEPLAN]. (2023b).
- Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara [IMEPLAN]. (2023c). *Sistema de Información y Gestión Metropolitana SIGmetro*. <https://sigmetro.imeplan.mx/mapa>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2010). *Acta de la sesión de la Junta de Gobierno del 25 de enero*. INEGI. [https://www.snieg.mx/Documentacionportal/InegiUCC/JG/Sesiones/2010/PRIMER A_SESSION_2010.pdf](https://www.snieg.mx/Documentacionportal/InegiUCC/JG/Sesiones/2010/PRIMER_A_SESSION_2010.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2011). *Acuerdo por el que se aprueba la inclusión de un grupo de indicadores seleccionados de los Objetivos de Desarrollo del Milenio al Catálogo Nacional de Indicadores*. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/5226128>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2023). *Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://agenda2030.mx/index.html?lang=es>
- Infobae. (6 de septiembre de 2022). De nuevo la calidad del aire de Bogotá está siendo afectada por los incendios forestales en el Amazonas. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/09/06/de-nuevo-la-calidad-del-aire-de-bogota-esta-siendo-afectada-por-los-incendios-forestales-en-el-amazonas/>

- Laborde, A. (16 de diciembre de 2022). Santiago de Chile, bajo una capa de humo contaminante por los incendios forestales. *El País*. <https://elpais.com/chile/2022-12-16/santiago-de-chile-bajo-una-capa-de-humo-contaminante-por-los-incendios-forestales.html>
- Morales, L.M., Hernández, A.I., Arizaga, S., Coba, P.C., García, C.B., Vargas, N., Ramírez, F. (2018). *Inventario del Arbolado Público Urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Morelia: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental- Universidad Nacional Autónoma de México.
- NASA (30 de abril de 2023). Fires in Jalisco. *Earth Observatory NASA*. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/151293/fires-in-jalisco>
- Partida, J.C. (26 de abril de 2023). Guadalajara y alrededores, en crisis ambiental por incendios forestales. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/04/26/estados/guadalajara-y-alrededores-en-crisis-ambiental-por-incendios-forestales/>
- Presidencia de la República, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ] y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey [TEC]. (2020). *Guía para el desarrollo de revisiones subnacionales voluntarias: la implementación de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible en el ámbito subnacional de México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/670811/Gui_a_para_elaborar_Revisiones_Voluntarias_Subnacionales.pdf
- Pulgarín-Franco, J.A. (2022). *Trayectorias en la transferencia de política ambiental: el ODS 15 “Vida de ecosistemas terrestres” en México y Colombia 2015-2020* [Tesis de doctorado]. Universidad de Guadalajara.
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Sassen, S. (2013). Poner el foco en las ciudades nos lleva más allá de las estructuras de gobernanza existentes. En J. Stglitz, y M. Kaldor (Eds.). *La búsqueda de la seguridad: protección sin proteccionismo y el desafío de la gobernanza global* (pp. 309-336). Paidós.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco [SEMADET]. (2023). *Áreas Naturales Protegidas de Jalisco*. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/areas-naturales-protegidas>

EL NUEVO URBANISMO Y LA ACCIÓN POR EL CLIMA: NEXOS Y DESAFÍOS DESDE LO LOCAL ENTRE EL ODS 13 Y EL ODS 11 EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA Y TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA

Marco Antonio Berger García⁸
Pedro Alonso Mayoral Ruiz⁹

Resumen

El presente artículo examina la interseccionalidad del Objetivo de Desarrollo Sostenible 13: Acción por el clima, con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11: Ciudades y comunidades sostenibles, vistos como una interfase para la política de sustentabilidad urbana en México y focalizando al Área Metropolitana de Guadalajara. Se examina la reciente literatura sobre urbanismo climático, la cual pretende significarse como una intersección entre el análisis relativo a las problemáticas de asentamientos y comunidades sustentables (ODS 11) con respecto a la acción climática (ODS 13) que se emprenden desde el territorio. Para ello, se contrastan los dos principales instrumentos de política pública en el AMG relacionados con ambas temáticas de desarrollo urbano sustentable y cambio climático en el AMG, los cuales son representativos de otras muchas áreas metropolitanas en México y, en cierta medida, de América Latina: Por un lado, el Plan de Acción Climática Metropolitana, por otro lado, el Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano del AMG, actualizado el presente año. El objetivo del análisis de ambos instrumentos permite identificar superposiciones, áreas de complementariedad y nichos de oportunidad desde la lógica del diseño de política pública ambiental. Adicionalmente, permite anticipar cuellos de botella y fragmentaciones en la interfaz diseño/implementación de política pública. Es menester señalar que ambos instrumentos se analizan desde la perspectiva del sur del AMG, en función de las dinámicas y lógicas de Tlajomulco de Zúñiga en su conexión con las otras venas del AMG, principalmente con Tlaquepaque, Guadalajara y Zapopan. Se identifican nichos de oportunidad para la coherencia y la innovación de políticas de urbanismo climático multiescalar en línea con los indicadores y metas de

8 Doctor en Políticas Públicas y profesor investigador y jefe del Departamento de Sistemas, Datos y Sociedad del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6118-8698>. Correo electrónico: marco.berger@academicos.udg.mx

9 Maestro en Ciencias de la Ingeniería Civil y profesor investigador y jefe del Departamento de Ingeniería Biológica, Sintética y de Materiales del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5513-8678>. Correo electrónico: pedro.mayoral@cutlajomulco.udg.mx

los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y 13 y los instrumentos de ordenamiento territorial y acción por el clima. Finalmente, se esbozan algunas conclusiones acerca de los elementos que la actual discusión sobre urbanismo climático puede proveer para la construcción de una nueva agenda urbana sostenible a nivel local en México en el marco de la Agenda 2030.

Palabras clave

Nuevo urbanismo, medio ambiente, ODS, desarrollo.

ODS abordados en el capítulo

a) De manera central



Introducción

A escala de ciudad, los hacedores de políticas actualmente cuentan con una gran variedad de instrumentos para la planeación urbana sustentable. Dichos instrumentos a su vez emanan de agendas internacionales más amplias que suelen utilizarse a nivel local por medio de la movilización de recursos (tecnológicos, de capital humano y económicos). A nivel de la cooperación internacional, se identifican dos agendas principales: La Agenda 2030 a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Nueva Agenda Urbana (NAU) derivada de ONU-Hábitat.

Si nos centramos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, tenemos, en primera instancia, el ODS 13: *Acción por el clima*, como el marco de referencia a partir del cual las ciudades en América Latina han encauzado sus esfuerzos rumbo a la carbono-neutralidad y/o hacia el conjunto de medidas de adaptación que más favorezca su contexto de vulnerabilidad (Bárcena, 2019). Si bien es cierto que en el ODS 13 no se observa específicamente una batería de métricas que den claridad específica sobre las trayectorias de acción por el clima que deberían seguir las ciudades, el Acuerdo de París es compatible con el ODS de Acción por el clima y establece pautas más robustas para que las ciudades y asentamientos humanos desarrollen esas pautas de manera consistente y actualizada, en función de los hallazgos y recomendaciones que surgen en el marco de los reportes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Gran Castro & Berger, 2024). Complementariamente, el Objetivo de Desarrollo Sostenible con mayor potencial de complementar el ODS 13 a escala de ciudad es el ODS 11, no únicamente por su título de *Ciudades y comunidades sostenibles*, sino también

por su batería de métricas, la cual es relativamente más amplia con respecto al ODS 13, además de ser un ODS que se presta más a la construcción de indicadores a nivel regional y local basados en el contexto, una de las recomendaciones principales en el surgimiento mismo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2015.

Así, la intersección del ODS 11: *Ciudades y comunidades sostenibles* con el ODS 13: *Acción por el clima*, ofrece particularidades atractivas para el desarrollo de agendas de gobernanza metropolitana sustentables. Sin embargo, dichas interseccionalidades no son originalmente evidentes a la luz de los textos narrativos a nivel de meta e indicador. En general, cualquier intersección que conduzca a la construcción de alianzas debe ser construida idealmente a partir de elementos de cocreación a escalas menores a la global y nacional (Ansell et al., 2022). Bajo esa premisa, la Tabla 1 presenta las metas e indicadores del ODS 11 y 13 y sus posibles interconexiones¹⁰.

Tabla 1

Posibles intersecciones entre el ordenamiento territorial con respecto a la acción por el clima

Metas ODS 11	Indicadores ODS 11	Interseccionalidad potencial del ODS 11 con respecto al ODS 13.
11.1 Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.	11.1.1 Proporción de la población urbana que habita en viviendas precarias.	Instrumentos de política ambiental y criterios climáticos de urbanización y vivienda.
11.5 De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad.	11.5.1 Número de personas muertas, desaparecidas y afectadas directamente atribuido a desastres por cada 100 000 habitantes.	Vulnerabilidad, Riesgo y Exposición ante el Cambio Climático

¹⁰ El ODS 11 establece que "Para el 2030, se habrá incidido en las causas subyacentes de la pérdida de calidad de vida de las ciudades y se contará con las condiciones para detonar un proceso de transformación, de manera que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, accesibles, seguros, resilientes y sostenibles..."

11.6 Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.		Reducción en la Generación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI)
---	--	--

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema Nacional de Indicadores de la Agenda 2030.

1. Instrumentos de urbanismo climático

El principal instrumento de política pública a escala de ciudad en el Área Metropolitana de Guadalajara es el Plan de Acción Climática Metropolitana (PACmetro). Dicho instrumento de acción climática fue elaborado en 2021 y presentado en la Cumbre de las Partes en Glasgow (COP 26). Visto en clave de Objetivos de Desarrollo Sostenible, en principio, el PACmetro aterriza los contenidos del ODS 13: *Acción por el clima*, contextualizados en las problemáticas de la segunda urbe de mayores dimensiones en México y una de las más grandes en América Latina y el Caribe. Por otro lado, el instrumento que confecciona la política urbana con elementos potenciales de sustentabilidad y acción por el clima en el contexto desde la lógica del desarrollo urbano en el Área Metropolitana de Guadalajara es el Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet), el cual en principio engarza –no necesariamente de manera explícita– los principios, metas e indicadores referentes al ODS 11: *Ciudades y comunidades sostenibles*, idealmente con algunos elementos de acción por el clima.

A nivel de la discusión académica, actualmente, se encuentra en ciernes la construcción de nuevas narrativas, discusiones y debates encerrados en un nascente marco de referencia denominado como el *nuevo urbanismo climático* (Castán Broto et al., 2020). La intersección del ODS 11: *Ciudades y comunidades sostenibles* con el ODS 13: *Acción por el clima*, ofrece particularidades atractivas para el desarrollo de agendas de gobernanza metropolitana sustentables. Sin embargo, dichas interseccionalidades no son de entrada evidentes a la luz de las narrativas a nivel de meta e indicador. La Tabla 1 presenta las metas e indicadores del ODS 11 y 13 y sus posibles interconexiones. La Tabla 2 muestra una comparativa sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y 13 a nivel de meta e indicador a partir de su propia perspectiva. Una de las razones principales de la aparente capacidad limitada para la interseccionalidad entre el ODS 11 y el ODS 13 tiene que ver –como punto de partida– con la escasez de contenidos del ODS 13 con respecto a sus propias metas e indicadores a escala de ciudad en contraste con la mayor robustez que aporta en principio el ODS 11.

La lógica bidireccional es importante para hablar de interseccionalidad. Es decir, bajo la lógica del ordenamiento territorial existen criterios, narrativas, formulaciones y heurísticas de la acción climática que son suplementarias. Complementariamente, las ciudades y asentamientos humanos (vistos como unidad de análisis), representan un espacio de análisis fundamental para la definición de métricas de mitigación ante el cambio climático y adaptación basada en el contexto.

Tabla 2

Posibles intersecciones entre la acción por el clima y el ordenamiento territorial (ODS 13 -ODS 11)

Metas ODS 13	Indicadores ODS 13	Interseccionalidad potencial
13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.	13.1.1 Número de personas muertas, desaparecidas y afectadas directamente atribuido a desastres por cada 100 000 habitantes.	Vulnerabilidad, Riesgo y Exposición ante el Cambio Climático
13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional sobre la mitigación del cambio climático, la adaptación, la reducción del impacto y la alerta temprana provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad.	13r.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero, desglosadas por sector (actividad económica).	Reducción en la Generación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI). Instrumentos Transversales de Educación y Capacitación

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema Nacional de Indicadores de la Agenda 2030.

2. Contexto institucional para la inserción del urbanismo climático en México

En los asentamientos humanos en zonas urbanas se localizan, simultáneamente, las principales causas del cambio climático, pero también se reciben algunos de sus mayores efectos. Alinear la acción climática a escala de ciudad con base en los instrumentos de desarrollo urbano y territorial, genera un conjunto de alternativas con alto potencial

para la interseccionalidad de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. De acuerdo con el Diagnóstico de Capacidades Institucionales para la Acción Climática (SEMADET, 2022), en México, menos de la mitad de los gobiernos subnacionales (44 %) había añadido componentes explícitos de cambio climático en sus Atlas de Riesgos –el componente principal del cambio climático–. A nivel municipal, la tendencia es aún menor pues únicamente 20 % de los municipios cuenta con sus Planes de Desarrollo Metropolitano establecidos, esto último de acuerdo con los datos de la Asociación Mexicana de Institutos Municipales de Planeación (Comunidad Climática Mexicana, 2022).

En aras de fortalecer la acción climática a nivel subnacional, el enfoque integral del territorio debe tener componentes de cambio climático desde **el ámbito de la adaptación y resiliencia climática** a través de instrumentos de **desarrollo urbano y ordenamiento territorial** que incluyan, entre otros aspectos, el manejo integral de riesgos, métricas relativas a escenarios climáticos y medidas adaptativas para reducir la vulnerabilidad de las personas y los ecosistemas. Esta inclusión **debe ser explícita** y de acuerdo con información sobre escenarios de cambio climático como, por ejemplo, las cartas estatales de vulnerabilidad ante el cambio climático recientemente publicadas por el Instituto Nacional de Cambio Climático. De acuerdo con dichas fuentes de información, Tlajomulco de Zúñiga se considera como un municipio con grado de vulnerabilidad **muy alto** ante el cambio climático según el reporte más reciente del INECC (INECC, 2024)¹¹ de acuerdo con la más reciente actualización de los municipios vulnerables de 2024 publicada por el INECC. Del total de municipios de la República mexicana, únicamente 85 son considerados como de muy alta vulnerabilidad, es decir, menos del 5 %.

Las tendencias contemporáneas de crecimiento demográfico y urbano en muchos asentamientos humanos en México y América Latina promueven dinámicas que en

11 El análisis de los municipios más vulnerables es producto de los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. En el ANVCC se analizan vulnerabilidades específicas relacionadas con el clima en un contexto nacional, de esta manera, se hace evidente la vulnerabilidad diferencial en el territorio. Cuenta con información de seis vulnerabilidades específicas: vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslizamientos, inundaciones y al incremento potencial de enfermedades transmitidas por vector (dengue); vulnerabilidad de la producción ganadera a estrés hídrico e inundaciones; y vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico; lo anterior, considerando su vulnerabilidad actual y futura, a partir de las proyecciones de cuatro modelos de circulación general: Centre National de Recherches Météorologiques (CNRMCM5), Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL-CM3), Met Office Hadley Center (HADGEM2-ES) y Max Plank Institute for Meteorology (MPI-ESM-LR), para el horizonte de tiempo 2015-2039 y para la Trayectoria Representativa de Concentración (RCP por sus siglas en inglés) 8.5. W/m². Se compone de tres niveles de priorización, los cuales se describen a continuación: Primer nivel compuesto por 1448 municipios: Los 1448 municipios a nivel nacional presentan muy alta y alta vulnerabilidad actual para por lo menos una de las seis vulnerabilidades específicas. De ellos, se presenta un aumento de vulnerabilidad a futuro para al menos una de las vulnerabilidades. Segundo nivel compuesto por 273 municipios: Derivado del primer resultado se hizo un segundo nivel de priorización de los municipios, basada en: los municipios que presentan tres vulnerabilidades en un grado muy alto y alto de vulnerabilidad, y dos o más de éstos presentan un aumento en el futuro. Con lo anterior se obtuvieron 273 municipios vulnerables. Tercer nivel compuesto por 83 municipios: Considerando los 273 municipios, se realizó un tercer filtro. Para ello se consideraron los municipios con cuatro o más vulnerabilidades en la categoría de muy alta o alta vulnerabilidad, y que dos o más tuvieran aumento en el futuro, el resultado que se obtuvo fue de 83 municipios.

ocasiones propician un cambio de uso de suelo hacia una utilización no apta que deteriora los recursos naturales del territorio, incrementa la desigualdad y las brechas de marginación y pobreza y elevan significativamente las emisiones de GyCEI y la vulnerabilidad ante el cambio climático. De acuerdo con múltiples documentos que sirvieron para la propia construcción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en 2030, el **80 % de los GyCEI** será generado por centros urbanos y consumirá el 75 % de la energía mundial. **Actualmente**, existen únicamente **71 Institutos Municipales de Planeación Urbana** a nivel nacional. En el caso del AMG, donde se ubica Tlajomulco de Zúñiga, el Instituto Metropolitano de Planeación lleva a cabo las funciones de gestión y política pública metropolitana. Sin embargo, a nivel nacional, el **80 % de los 2,471 municipios** en México no cuenta con un Plan Municipal de Desarrollo Urbano y **menos de la mitad** de los gobiernos estatales (44%) ha añadido componentes explícitos de Cambio Climático en sus **Atlas de Riesgos**.

A nivel nacional, el artículo 29 de la **Ley General de Cambio Climático** establece las pautas para la adaptación ante el cambio climático desde los asentamientos humanos, la vocación natural del suelo y el desarrollo urbano. Dentro de ese ámbito, el Plan Municipal de Desarrollo Urbano como **instrumento rector**, alineado armónicamente con los **instrumentos de política territorial local** como son los ordenamientos ecológicos y territoriales¹², los atlas de riesgos, el plan de acción climática municipal y, en algunos casos, el inventario de gases y compuestos de efecto invernadero, el cual es el catalizador para acelerar la acción climática local en el territorio.

Un buen punto de partida es considerar las políticas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano a nivel federal de reciente actualización y creación e identificar los nichos de oportunidad y adecuación para las características particulares de los gobiernos locales. En la elaboración de dichas estrategias se incluyen las agendas y diagnósticos internacionales influidos por la agenda ONU Hábitat III, los indicadores y metas asociadas principalmente al ODS 11 y la retroalimentación de los mismos estados en su misma conformación. Actualmente, existen por lo menos cinco instrumentos fundamentales que sirven como marco de referencia nacional para alinear/adaptar las políticas públicas locales en la materia y, simultáneamente adherir componentes explícitos de cambio climático y lograr así hilvanar la transversalidad de las políticas de desarrollo urbano. Dichos instrumentos son:

12 La reciente actualización del Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet), integra ambos instrumentos: El Plan Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable con el Plan de Ordenamiento Territorial. Además, dicha integración se lleva a cabo de manera multiescalar, pues incluye la totalidad de los municipios del Área Metropolitana de Guadalajara.

1. El Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2020-2024
2. La Política Nacional de Suelo
3. La Estrategia Nacional de ordenamiento Territorial 2020-2040
4. El Programa Nacional de Vivienda 2021-2024 y
5. El Programa Nacional de Ordenamiento Territorial 2021-2024.

A nivel local, es frecuente encontrar instrumentos similares, *i.e. estrategias estatales de ordenamiento territorial* o programas estatales de vivienda –ya sea mandatados por leyes estatales o por la agenda de política pública– que incorporan problemáticas específicas a nivel estatal. Es ahí donde se requiere incorporar criterios de acción climática (mitigación, adaptación, resiliencia, condiciones habilitadoras, vulnerabilidad y justicia climática) de acuerdo con el contexto local.

3. Hacia una agenda integrada de urbanismo climático a nivel municipal

El ODS 11 resulta el más complejo pues contiene elementos ambientales y sociales en el contexto de ciudad. Para el caso de Tlajomulco de Zúñiga, tal complejidad del ODS 11 le es compatible de acuerdo con las dinámicas de crecimiento y desarrollo que ha tenido en los últimos 20 años.

Originalmente, existe un problema de fragmentación entre cambio climático y desarrollo urbano en el marco del diseño e implementación de la política pública en múltiples escalas. Dicha disociación puede tener raíces propias del contexto local, de las reglas institucionales a escala nacional y de las propias agendas internacionales en la materia, las cuales no necesariamente confluyen entre sí en la propia construcción de la gobernanza ambiental internacional (Aguilar Villanueva, 2021). Es a partir de los instrumentos y políticas de desarrollo urbano enmarcados en la política pública federal y estatal, combinadas con diagnósticos a nivel local, que los gobiernos subnacionales pueden diseñar estrategias efectivas y articuladas para la acción climática urbana a nivel local en múltiples ámbitos. Específicamente, destacan la elaboración de a) normas estatales¹³, b) la movilidad sustentable, y c) las edificaciones y obras a escala de ciudad y de vivienda que incorporen métricas de contribución a la adaptación y mitigación al cambio climático, principalmente a través de las soluciones basadas en la naturaleza SBN, bosques urbanos y áreas naturales protegidas, entre otros instrumentos ambientales.

13 Los criterios de selección de estos indicadores se derivan de los contenidos del ODS 11 y ODS 13 enunciados en la Tabla 1.

Existe un amplio potencial para desarrollar *lineamientos y criterios para el diseño de proyectos de los Programas de Desarrollo Urbano* dirigidos a actores clave alrededor de la política urbana a nivel local como son los promotores de vivienda y arquitectos. Criterios como el establecimiento de zonas y regiones, tipos de infraestructura y materiales, islas de calor y potencial para la captura de agua son criterios sumamente útiles para dirigir la política urbana local con criterios de acción climática con base en otros instrumentos de ordenamiento territorial e idealmente alineados con los lineamientos de presupuestación estatal y federal¹⁴.

Finalmente, a nivel de política pública local, las reglas de operación de las iniciativas urbanas representan uno de los motores más eficientes hacia la implementación. En ese sentido, los Programas de Mejoramiento Urbano (PMU) con criterios de mitigación y adaptación ante el cambio climático se ubican en una escala importante para la incorporación de principios y directrices directamente asociados a la acción climática en temas tan diversos, como el diseño de bahías de carga y descarga, proyectos de recuperación de espacios públicos y movilidad no motorizada. En cualquier caso, el instrumento por excelencia para la mitigación y adaptación al cambio climático es el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) el cual es, en sí mismo, una acción estratégica de alto impacto para la adaptación y resiliencia ante el cambio climático. En la medida en que su diseño sea más robusto y su implementación más efectiva, el PMDU abonará al ODS 11 y a una mejor política de desarrollo urbano sostenible con enfoque de cambio climático (ODS 13) a nivel local.

Los gobiernos subnacionales –estatales y municipales– cuentan con atribuciones y responsabilidades para acelerar la acción climática en complemento, pero con independencia, de lo que puede hacer la Federación en la materia. Existen oportunidades para que las medidas de adaptación, mitigación y resiliencia climática a nivel local también puedan darse con criterios de innovación gubernamental para incrementar la competitividad en sectores como movilidad, uso de suelo, construcción y energía. El proceso de articulación de instrumentos de planeación urbana y aceleración de la acción climática local no es lineal, se trata de un tema de madurez institucional. Promover una cultura de planeación urbana como proceso social de generación de acuerdos corresponsables y transparentes con cooperación, cocreación y corresponsabilidad.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano debe ser un instrumento, normativo, de competitividad y de madurez institucional, el cual debe considerar las metas climáticas establecidas en la NDC y en el Programa Especial de Cambio Climático. Dentro del ámbito de adaptación y resiliencia, el *inventario local de GyCEI*, el *Atlas de Riesgos* y

14 A nivel federal se toma como referencia el Anexo XVI del PEF.

el *Plan Municipal de Acción Climática* representan los otros tres instrumentos de primer orden que pueden edificar la acción climática local a través de su diseño e implementación integral que conduzcan directamente a la gestión y a la implementación. Particularmente el Atlas de Riesgos, al ser un instrumento basado en las atribuciones y obligaciones municipales, funge como un instrumento que puede y debe incluir escenarios y componentes para la acción climática.

4. Instrumentos metropolitanos de política climática y desarrollo urbano sustentable en el marco de la Agenda 2030

Un espacio potencial por excelencia para la incorporación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es por medio de los instrumentos de política pública –ya sea ambiental, de cambio climático o de desarrollo urbano sustentable–. La utilidad resulta más evidente cuando, desde el diseño o rediseño de ambos instrumentos se visualizan las áreas de convergencia hacia un urbanismo climático. En el caso del Área Metropolitana de Guadalajara, los dos instrumentos fundamentales en ese sentido son, por un lado, el Plan de Acción Climática Metropolitana (PACmetro) y, por otro lado, el Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet).

En el caso del PACmetro, se trata de un documento robusto y activo en constante reconstrucción y adaptación en múltiples capas e interrelaciones. Su significancia radica en la incorporación de la gobernanza metropolitana en el arreglo institucional, procesos, mesas de trabajo, acompañamiento técnico y precondiciones que derivaron en su construcción como instrumento, el cual fue galardonado durante la COP 16 de Glasgow como una buena práctica internacional. Se ubica en la lógica instrumental de política pública (son pocas las áreas metropolitanas que lo han hecho) al ponerse de acuerdo entre sí y alcanzar los complejos consensos entre municipios. A nivel técnico, con la información disponible y el acompañamiento de C-40, se muestran los escenarios tendenciales post-2030 que muestran reconfiguraciones significativas tanto a nivel de población general como a nivel de grupos de población específicos. A pesar de las bondades enunciadas, existen áreas de oportunidad que deben atenderse de manera continua para garantizar su efectividad entre las cuales destacan, para fines del objetivo de este capítulo, la anidación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel pormenorizado de meta e indicador –únicamente se enlistan con un análisis de correspondencia básico, pero no se profundiza en ellos–. A nivel conceptual, no queda claro el tipo de gobernanza como base del instrumento. Finalmente, se percibe el sesgo del *front runner*, entendido como el “arrastre” de las problemáticas y soluciones de los dos grandes municipios tomadores de decisiones –Zapopan y Guadalajara– en el encuadre de las narrativas, a pesar de la participación de los nueve municipios que conforman la metrópoli.

Tabla 3*Alineación del POTmet/PACmetro: Objetivos e indicadores seleccionados*

Alineación Potencial POTmet / PACmetro	
Objetivo 8.2	Indicador POTmet asociado a Cambio climático
5.3.8 Infraestructura	
Impulsar la transición hacia la implementación de soluciones basadas en la naturaleza para restaurar la prestación de servicios ecosistémicos, prevenir y mitigar riesgos e incrementar la adaptación al cambio climático	Obras públicas con proyectos de infraestructura verde y azul en zonas prioritarias: mide el porcentaje en hectáreas de territorio donde se han desarrollado proyectos de infraestructura verde y azul de las zonas prioritarias para este tipo de proyecto identificadas en el diagnóstico del POTmet.
5.3.3 Gestión del riesgo	
3.1. Implementar una gestión integral de riesgos que priorice la identificación, prevención y mitigación de riesgos y que fortalezca la preparación, respuesta y recuperación para incrementar la resiliencia en el AMG.	1. Eventos de inundación de los Sitios Recurrentes a Inundación de prioridad alta: mide la disminución de los eventos de inundación de los 140 Sitios Recurrentes de Inundación de prioridad alta, a partir de las acciones de prevención y mitigación implementadas tanto en el sitio y/o zona de aporte. 2. Superficie de áreas forestales afectadas por incendios: mide la disminución de la superficie de áreas forestales del AMG y las ANP definidas por la Comisión Nacional Forestal, que han sido afectadas por incendios anualmente. 3. Superficie monitoreada con estaciones de calidad de aire: mide el aumento de porcentaje de superficie del área urbana que está dentro de cobertura de las estaciones de monitoreo de calidad del aire.
5.3.1 Servicios ambientales	
1.1 Fortalecer y recuperar la capacidad de los ecosistemas naturales e inducidos del AMG para proveer servicios ambientales.	4. Superficie de islas de calor urbanas superficiales: mide el porcentaje de las Islas de Calor Urbanas Superficiales que han disminuido en relación con la superficie del área urbana del AMG.

Fuente: Elaboración propia con base en el POTmet/PACmetro.

5. Vinculación instrumental entre el ordenamiento territorial y el cambio climático: POTmet / PACmetro

Una gran oportunidad para la configuración del urbanismo climático en el Área Metropolitana de Guadalajara surge tres años después de la publicación del PACmetro, en 2024 se ha llevado a cabo un proceso de consulta pública el Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet), el cual consta de un documento amplio de tres ejes estratégicos, cuatro objetivos generales y un conjunto de principios e indicadores diseminados a lo largo del documento estratégico.

Tabla 4

Intersecciones potenciales entre el PACmetro-POTmet: Objetivos e indicadores seleccionados

Meta	Indicador PACmetro asociado a Políticas urbanas
Estrategia 3 Eficiencia energética: Promover el uso eficiente y racional de la energía en el AMG en sus edificaciones e infraestructura, incrementando la producción y consumo de energías renovables.	
3.2 El 30 % de los edificios residenciales y comerciales del AMG cuenta con instalación de sistemas solares fotovoltaicos. 3.3 El 100 % de las edificaciones nuevas en el AMG se construye bajo criterios de eficiencia energética en su envolvente, iluminación y equipos eléctricos. 3.4 El 50 % de los edificios existentes en el AMG ha sido renovado y equipado para alcanzar los mismos estándares de eficiencia energética que los edificios nuevos.	2.2 % de edificaciones residenciales, comerciales e institucionales que cuentan con sistemas solares fotovoltaicos instalados. 3.1 Porcentaje de edificios nuevos construidos y equipados en el AMG que han adoptado los más altos estándares de eficiencia energética. 4.1 Número de edificios renovados con criterios de eficiencia energética.
Estrategia 4 Desarrollo urbano resiliente: Transitar a una metrópoli que priorice el desarrollo urbano y económico climáticamente resiliente y sustentable.	
4. 1. Incorporar el componente de riesgo climático en la planificación urbana metropolitana, asegurando la resiliencia de la infraestructura estratégica y los ecosistemas frente a los riesgos climáticos. 4.2 Se han diseñado soluciones basadas en la naturaleza para reducir la vulnerabilidad de la metrópoli frente a los riesgos climáticos y mejorar la calidad de vida de su población.	1.1: Porcentaje de instrumentos metropolitanos que integran la gestión de riesgos. 1.2: Porcentaje de proyectos de infraestructura estratégica que contemplan criterios de cambio climático. 2.1: Porcentaje de superficie territorial conservada, restaurada y reforestada bajo alguna categoría de protección.

Estrategia 5 Adaptación preventiva: Elevar la calidad de vida de los ciudadanos metropolitanos asegurando su capacidad adaptativa y resiliente frente a los riesgos climáticos, con énfasis en un enfoque de adaptación preventiva.

5.1 La población en condiciones de vulnerabilidad se encuentra informada sobre los riesgos climáticos, cuenta con las capacidades para actuar de manera preventiva y así reducir sus impactos.

5.3 El recurso hídrico se gestiona de manera adecuada y sustentable reduciendo la vulnerabilidad hídrica de la población metropolitana, mejorando su capacidad adaptativa ante impactos climáticos derivados de las sequías.

1.1: Porcentaje de la población informada y capacitada respecto a riesgos climáticos.

3.1: Porcentaje de hogares en la metrópoli que cuentan con acceso a agua potable.

Fuente: Elaboración propia con base en el POTmet/PACmetro.

Conclusiones: hacia una vinculación entre el ODS 11 y 13 desde la metrópoli

A nivel nacional, aún no existe un sistema de indicadores y variables robusto que incluya de manera independiente el vínculo entre ordenamiento territorial y cambio climático, más allá de las acciones que se reportan en el PECC en dicha materia o en los documentos estratégicos de ordenamiento territorial, los cuales presentan estrategias orientativas y generales. Por tanto, una tarea pendiente a nivel subnacional y federal es armonizar de manera más efectiva y funcional los ordenamientos ecológicos con los ordenamientos territoriales, justo donde se ubica la interfase hacia la acción climática. El debate no es nuevo y existen ya algunas propuestas a nivel subnacional (Jalisco, Quintana Roo, Yucatán). Por su parte SEDATU y Semarnat, hacen lo propio actualmente a nivel federal.

Las Secretarías de Finanzas a nivel estatal, responsables de la presupuestación para proyectos de infraestructura, representan un actor institucional clave para retroalimentar las metodologías de desarrollo urbano sustentable con enfoque de cambio climático. Es en este tipo de espacios que debemos ser más enfáticos en la incorporación del cambio climático a nivel local.

En este sentido, se debe promover la transferencia de metodologías de diseño participativo desde el sector de la acción climática hacia el sector del desarrollo urbano con criterios robustos de acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia a través de marcos de referencia como el *Acuerdo de Escazú*, instrumento internacional vinculante que consolida el derecho a la información ambiental al

tiempo que reconoce que el mejor modo de abordar las cuestiones ambientales es con la participación de todas las personas.

Para lograr mayores impactos en torno a la acción climática en materia de planeación urbana, es recomendable la articulación y el rol de la escala más importante del desarrollo urbano: la metropolitana, así como la inclusión del sector de la vivienda e infraestructura bien ubicada y menos presión, vulnerabilidad y riesgo bajo criterios de cambio de uso de suelo más sostenible y racional, bajo marcos de referencia como el de **ciudades compactas**, promovido por la iniciativa global ONU Hábitat III donde se establecen directrices para el crecimiento de las ciudades y asentamientos humanos de manera compacta y mejor conectada para reducir el costo de los servicios, eficientar el uso de la energía, propiciar la interacción y volverla un espacio más sostenible y propicio para implementar medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático.

A nivel de gestión, debe haber una alineación entre las demandas de uso de suelo que llevan a cabo los desarrolladores con respecto a los instrumentos municipales de ordenamiento territorial y planeación urbana, especialmente en el ámbito metropolitano, incluyendo aspectos como disponibilidad de agua a largo plazo, movilidad, compacidad y áreas de alto valor ambiental en el contexto de cambio climático. Los criterios de infraestructura verde que se manejan en la planeación urbana sustentable, como son agua, espacio público, movilidad y biodiversidad, deben combinarse con metodologías de adaptación ante el cambio climático basado en ecosistemas.

El anclaje y articulación armónica entre los distintos instrumentos de planeación urbana son fundamentales para potencializar la acción climática en este ámbito. En ese sentido, la temática de gestión integral de riesgos resulta esencial para la elaboración de los programas municipales de desarrollo urbano a través de los Atlas de Riesgo, los cuales, a su vez, deben guardar un anclaje con los otros instrumentos de planeación urbana. La gobernanza territorial desempeña un papel crucial como acelerador del cumplimiento del ODS 11. Sin embargo, no se observa una definición clara dentro del POTmet y el PACmetro. Las complejas problemáticas ambientales, sociales y económicas en el territorio exigen la construcción de mecanismos de gobernanza territorial robustos y sostenibles.

Referencias

- Aguilar Villanueva, L. F. (2019). Problemas y propuestas desde la gobernanza ambiental en *El ciclo de las políticas públicas: Casos selectos de la política ambiental mexicana para la enseñanza*. Escuela Nacional de Estudios Superiores. UNAM.
- Análisis Ex post: Proyectos que ya se implementaron.
- Ansell, C., Sørensen, E., & Torfing, J. (2022). *Co-Creation for Sustainability: The UN SDGs and the Power of Local Partnerships*. Bingley: Emerald.
- Bárcena, A., Samaniego, J. L., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2019). *The emergence of Climate Change in Latin America and the Caribbean, are we still waiting for the catastrophe, or do we take action?* Santiago, Chile: ECLAC.
- Castán Broto, Vanesa; Robin, Enora; While, Aidan (2020). *Climate Urbanism. Towards a critical research agenda*. Palgrave McMillan. Springer.
- Comunidad Climática Mexicana (2022). *El papel de la planeación y desarrollo territorial en la acción climática local*. Seminario disponible en El papel de la planeación y desarrollo territorial en la acción climática local | Comunidad Climática Mexicana (comunidadclimaticamexicana.mx)
- CONARED: Manual de Implementación de Transporte Público Masivo (por concluir).
- Curso SEDATU: Planeación Territorial: Rumbo a la Gestión Ordenada de los Municipios.
- Estrategia Nacional de ordenamiento Territorial 2020-2040.
- Gran Castro, J. A., & Berger García, M. A. (2024). Desarrollo conceptual de la justicia climática y ambiental.: Un análisis desde las narrativas del Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático. *Revista De Estudios Regionales Nueva Época*, 2(3), 126–139.
- Guía ex ante: Región Bioclimática Específica desde el diseño
- IKI Alliance. (s.f.). Herramienta para la medición de los beneficios de adaptación y mitigación de GEI de la infraestructura verde Medir los beneficios de adaptación y mitigación de la infraestructura verde - IKI Alliance (iki-alliance.mx)
- Leslie, Pal (2023). — Mejoramiento, ampliación o construcción de vivienda nueva Lineamientos simplificados para la elaboración de planes o programas de desarrollo urbano. *Gui_a_de_Implementacio_n_.pdf* (www.gob.mx)
- Pacto Global de Alcaldes por el Clima. (s.f.). Global Covenant of Mayors for Climate & Energy Latin America.
- Plataforma Decide y Construye. (2023). Disponible en <https://decideyconstruye.gob.mx/>
- Programa de Mejoramiento Urbano
- Programa Nacional de Ordenamiento Territorial 2021-2024.
- Programa Nacional de Vivienda 2021-2024.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2020). *Política Nacional de Suelo*.

- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2020). *Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2020-2024*.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (s.f.). *Guía de Implementación de los Lineamientos Simplificados para la Elaboración de Planes o Programas Municipales de Desarrollo*. Disponible en [Gui_a_de_Implementacio_n_.pdf](#) (www.gob.mx)
- SEMADET (2022) *Diagnóstico de capacidades para la acción climática de los gobiernos estatales de México 2020-2021*. Guadalajara. SEMADET.

INICIATIVAS LOCALES PARA LA PROTECCIÓN DE LA VIDA DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES: UN APOORTE DESDE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA

Gabriel Vázquez Sánchez¹⁵

Resumen

Proteger la vida en los ecosistemas terrestres es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que, a pesar de alcanzar avances en la gestión forestal, creación de áreas protegidas y asimilación de valores nacionales de biodiversidad, acusa rezago ante los compromisos de los múltiples acuerdos internacionales ambientales, particularmente los vinculados a la Agenda 2030. No obstante, las políticas públicas de los gobiernos subnacionales generan acciones y resultados que deben considerarse en las métricas de cumplimiento, las cuales, por diversas razones no se han logrado consolidar y son exploradas en el presente análisis. Particularmente, en el Área Metropolitana de Guadalajara destacan los procesos de planeación para la gestión del territorio de Tlajomulco de Zúñiga, municipio que ha generado instrumentos normativos y una propuesta de corredor ecológico que integra diversas categorías de conservación y que dotan certidumbre jurídica a los espacios naturales remanentes. El objetivo del presente análisis es revisar acciones e iniciativas locales realizadas para contrastarlas con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, sus indicadores de cumplimiento, y definir su eventual factibilidad como un aporte local al cumplimiento nacional de su compromiso global.

Palabras clave

Objetivos de Desarrollo Sostenible, conservación, áreas naturales protegidas, políticas públicas locales.

ODS abordados en el capítulo

a) De manera central



15 Maestro en Gestión Integrada de Cuencas y director general del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2433-8191>. Correo electrónico: gabriel.vazquez@jalisco.gob.mx

b) Complementarios

**Introducción**

En abril de 1968, empresarios, científicos y políticos de diversas partes del mundo fueron convocados a la Ciudad de Roma por Aurelio Peccei y Alexander King, para reflexionar sobre los cambios que observaban en el planeta como consecuencia de las actividades humanas. Se constituyeron bajo el nombre de El Club de Roma, un laboratorio de ideas que buscaba soluciones a los problemas complejos de mundo. En búsqueda de respuestas, solicitaron a investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT) liderados por Donella Meadows, analizar las tendencias globales de deterioro ambiental asociadas al modelo de desarrollo económico, cuyo resultado se publicó en marzo de 1972 bajo el título *Los límites del crecimiento*.

Sus conclusiones advertían que:

si la industrialización, la contaminación ambiental, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, este planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años. El resultado más probable sería un súbito e incontrolable descenso, tanto de la población como de la capacidad industrial. (Meadows, 1972)

Esta alerta de que el planeta se dirigía hacia un escenario ambiental sin precedente alertó a la sociedad internacional y propició espacios para la discusión pública sobre la necesidad de transitar a un modelo de desarrollo que considerase los límites naturales de nuestro entorno desde una perspectiva global.

La idea no era nueva y gravitaba en otras publicaciones, como *La primavera silenciosa*, donde Rachel Carson (1962) analizaba los impactos negativos del uso de pesticidas en la salud pública, o en *Los ocho pecados mortales de la sociedad civilizada* de Konrad Lorenz (1972), que inventariaba los problemas ambientales que enfrentaba el planeta, advirtiendo sobre la urgente necesidad de asumir medidas para enfrentarlos, frenar el deterioro y mitigar sus efectos negativos.

Así, esta masa crítica de ideas evolucionó hasta la piedra angular del movimiento ambientalista, La Cumbre de Estocolmo de 1972, que posicionó los problemas ambientales como prioridad global, cuestionando los vínculos entre crecimiento económico,

medio ambiente y bienestar humano. Otro aporte fundamental se integra en 1987, cuando el Informe Brundtland, replantea las políticas de desarrollo económico globalizador, reconociendo su alto costo ambiental. Titulado Nuestro futuro común, este informe propuso el concepto del desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Brundtland,1988).

Desde entonces, diversas acciones se incorporaron a la construcción del andamiaje internacional ambientalista, generando instituciones globales, organizaciones de la sociedad civil, iniciativas académicas y acuerdos jurídicos vinculantes, que para el año 2015, resultaron en un plan de acción a favor de las personas, el planeta, la prosperidad, la paz universal y el acceso a la justicia: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio.

En consecuencia, y luego de dos años de consultas públicas, de interacción con la sociedad civil y negociaciones entre los países miembros de las Naciones Unidas, se plantearon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas de carácter integrado que abarcan las esferas económica, social y ambiental.

Estos ODS implican un compromiso común y universal aprobado por la Asamblea General de las Naciones Unidas que dispone que cada país miembro enfrente los retos específicos que su búsqueda del desarrollo sostenible demande, y movilizará los medios necesarios para su implementación, a través del establecimiento de alianzas enfocadas en las necesidades de los más pobres y vulnerables (ONU, 2023). Al hacerlo, los Estados tendrán soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, que les permitirán fijar sus propias metas nacionales a ser alcanzadas en 2030.

Estos objetivos no solamente plantearon erradicar la pobreza, también incluyeron la supresión del hambre alcanzando la seguridad alimentaria, garantizar una vida sana y una educación de calidad, lograr la igualdad de género, asegurar el acceso al agua y la energía, promover el crecimiento económico sostenido, adoptar medidas contra el cambio climático, promover la paz, facilitar el acceso a la justicia, proteger y restablecer los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.

Sin embargo, a pesar de las ambiciosas metas, estamos a seis años de la fecha límite para el cumplimiento de los propósitos de la Agenda 2030 y las noticias no son optimistas: los avances reportados son endebles e insuficientes en metas esenciales sobre pobreza, hambre y clima (ONU, 2023).

Más vigente que nunca, aquella máxima del movimiento ambientalista que proclamaba “actuar localmente, pensar globalmente” ofrece un horizonte para este punto preciso de quiebre, donde la escala de la acción local puede constituir un detonador de acciones que vigoricen los procesos de cumplimiento, buscando con ello alcanzar el propósito del ODS 15, de incentivar un cambio estructural en la relación de la humanidad con la naturaleza, y con la implementación de la meta 15.9 que indica la integración de los valores de los ecosistemas y la diversidad en la planificación local, para el desarrollo de instrumentos y estrategias que sean herramientas para los tomadores de decisiones en el territorio (ONU, 2015).

La distancia entre los compromisos globales suscritos en instancias internacionales y las acciones locales que se realizan a nivel comunitario, en municipalidades y gobiernos subnacionales, es amplia, y las métricas de su aporte ambiental no siempre están calibradas para abonar insumos a los indicadores de cumplimiento. Entonces, ¿Las acciones derivadas de las agendas locales de los gobiernos subnacionales pueden aportar insumos para la consecución de los compromisos globales de los ODS?

1. Abordaje metodológico

El objetivo de este artículo consiste en revisar objetivos, metas e indicadores del ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, y su relación con el 11: Ciudades y comunidades sostenibles, así como el 17: Alianzas para lograr los objetivos, para ser contrastados con las acciones e iniciativas emprendidas en materia de ordenamiento del territorio en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, que han generado el diseño e implementación de instrumentos normativos que otorgan certidumbre jurídica a los espacios naturales donde se integran diversas categorías de conservación en un proyecto de gestión territorial: el Corredor Ecológico Tlaxomulli (CET).

En este ejercicio, se identificarán sus vasos vinculantes y se deliberará si esta política pública ambiental aporta métricas de cumplimiento a los compromisos nacionales.

Las principales fuentes de información son el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, publicado en la Gaceta Municipal el 17 de noviembre de 2020 y el Marco de Indicadores Mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las Metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Otras fuentes asociadas a la construcción de los ODS y de instituciones globales que observan y monitorean su cumplimiento también han sido consultadas.

La temporalidad de este análisis está considerada a partir de la emisión del POEL de Tlajomulco de Zúñiga en el año 2020, sus procesos sociales de validación y consulta pública y sus implementaciones hasta el 2024. No obstante, también se consideran periodos de maduración de procesos socioambientales, como la consolidación de la agenda internacional ambiental a partir de 1970, el crecimiento urbano del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) y del municipio de Tlajomulco de Zúñiga en los últimos 30 años, así como el umbral de cumplimiento de los ODS planteado como inicio en 2015 y con plazo de consecución en 2030.

Las categorías de análisis hacen referencia a las políticas públicas ambientales locales y a los logros de los ODS, abordados desde los resultados de iniciativas locales, el análisis de sus aportes, la revisión de sus funcionalidades ecosistémicas y sus impactos al bienestar humano.

2. Los ODS y la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad

A seis años del umbral de la Agenda 2030, el Informe de Progreso de los ODS reporta índices de rezago en el cumplimiento de los compromisos de los 17 objetivos y sus 169 metas para la sostenibilidad en más de la mitad del mundo (FAO, 2022). El 50 % de los avances identificados no es suficiente y un 30 % se mantiene sin cambio o en franco retroceso. Si a esto sumamos los desafíos de la actual configuración geopolítica para la seguridad colectiva, las consecuencias a la salud pública de la pandemia de la COVID-19 y la crisis ambiental global, enfrentamos un escenario internacional de incertidumbre, donde los países en vías de desarrollo son los más vulnerables para alcanzar los ODS.

En este panorama, las directrices globales para la sostenibilidad coinciden en que los ecosistemas son vitales para el sustento de la vida humana, pues contribuyen a más de la mitad del PIB mundial e influyen en los valores culturales, espirituales y económicos (FAO, 2022). Por ello, los objetivos 14: Vida submarina y 15: Vida de ecosistemas terrestres, reconocen en los espacios naturales y las áreas protegidas, aquellos elementos fundamentales para implementar políticas públicas en materia de conservación de la biodiversidad y del desarrollo sostenible.

Otros ODS destacan en su contribución al bienestar humano, incluyendo los que aluden a la mitigación de la pobreza (3: Salud y bienestar), la seguridad alimentaria y del agua (6: Agua limpia y saneamiento), ciudades sostenibles (11: Ciudades y comunidades sostenibles) y estrategias para el cambio climático (13: Acción por el clima).

Particularmente, en el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, la medición de avances en la gestión forestal sostenible en áreas protegidas, la asimilación de valores nacionales de biodiversidad y la responsabilidad de preservar el capital natural, arroja avances modestos, a pesar de que la importancia de los bosques que albergan a la biodiversidad y que son los mayores reservorios de carbono, esenciales para mitigar el cambio climático y proveer de bienes, servicios y medios de subsistencia básicos. Por ello, mantener los ecosistemas forestales y su funcionalidad social, económica y ambiental, debe ser prioridad para los países en desarrollo.

Sin embargo, en las últimas dos décadas, en el mundo se perdieron casi 100 millones de hectáreas de superficie forestal, la cual disminuyó del 31.9 % en el año 2000 (4,200 millones de hectáreas) al 31.2 % en el 2020. El 90 % de esta pérdida se debe a la expansión agrícola, donde las tierras de cultivo representan el 49.6 % y las de pastoreo el 38.5 %; por ejemplo, entre los años 2000 y 2018, la cosecha de palma de aceite representó el 7 % de la deforestación global.

Es de destacar que entre los años de 2015 y 2020, la agricultura consumió grandes extensiones de bosques en muchos países de América Latina, el Caribe, África subsahariana y el sudeste asiático (FAO 2023); en contraste, para el mismo periodo, muchos países de Asia, Europa y América del Norte mantuvieron o aumentaron su superficie forestal.

Para revertir el estancamiento y rezago en sus avances, la aprobación reciente del Marco Mundial de Kunming-Montreal de la Diversidad Biológica fortaleció los principios del ODS 15 al renovar sus objetivos y orientarlos hacia resultados prospectados para el año 2050, e incluyendo 23 nuevas metas alcanzables para el año 2030, que consideran reducir las amenazas para la biodiversidad, satisfacer las necesidades de las personas mediante el uso sostenible, mejorar la distribución de sus beneficios y promover la adopción de instrumentos económicos.

Es importante destacar la importancia de la relación entre el Marco Mundial de Kunming-Montreal y el ODS 15, toda vez que su Plan Estratégico 2011-2020 y las Metas de Aichi aprobados por el Convenio de la Diversidad Biológica (CBD), han sido reconocidos como el marco para la adopción de medidas prioritarias en la materia.

Es importante destacar que la Agenda 2030 se ajusta a otros compromisos internacionales existentes, incluido el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica y los ODS, iniciativas que se complementan y refuerzan mutuamente, y cuya aplicación, por lo tanto, contribuye a sus respectivos propósitos y alimentan recíprocamente sus indicadores de cumplimiento (CBD, 2020).

Al acercarnos al año 2030, e inmersos en el debate público internacional sobre su importancia y pertinencia, las áreas naturales protegidas (ANP) son reconocidas como una herramienta imprescindible para conservar la biodiversidad y mitigar los efectos del cambio climático, y como el instrumento de política pública que ha alcanzado el más alto grado de evolución por sus importantes aportes para detener y revertir el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.

3. Las áreas naturales protegidas en el contexto global

Si bien la protección de los espacios naturales ha sido común para diversas culturas, el concepto jurídico de Áreas Protegidas surge a finales del siglo XIX en los Estados Unidos de América, donde se crearon los primeros parques nacionales para proteger escenarios naturales, asegurar las grandes extensiones de tierra y ofrecer alternativas recreativas (NPS, 2005). En contraste, en África las ANP eran creadas para proteger espacios naturales destinados a la caza deportiva, mientras que en el norte de Europa se buscaba preservar los paisajes glaciares (Yui, 2014).

Reservas naturales, parques nacionales, bosques protegidos, los espacios naturales protegidos recibieron diferentes denominaciones hasta que en 2008 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) homologó criterios y definió como área protegida “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (UICN, 2008).

Como política pública, las ANP preservan los ecosistemas a través de estrategias de manejo, protección y restauración, salvaguarda de los recursos bioculturales y contribuyen con la subsistencia de las comunidades locales.

Hoy en día, la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas (WDPA) integra en su inventario global 293,757 áreas naturales protegidas terrestres y marinas, en 244 países y territorios. De éstas, 275,570 áreas protegidas son continentales, lo que significa que el 16.06 % de la superficie terrestre del mundo cuenta con algún tipo de protección (UNEP-WCM, 2024).

En este universo, las áreas forestales aportan el 18 % de los 4,060 millones de hectáreas de bosques del mundo (FAO, 2022). Considerando que la superficie de bosques dentro de las áreas protegidas se ha incrementado en 200 millones de hectáreas desde 1990, éstas son el pilar fundamental de las estrategias nacionales

e internacionales de conservación de los ecosistemas forestales, la lucha contra la pérdida de biodiversidad y el suministro de servicios ecosistémicos (CBD, 2008).

Sin embargo, y no obstante su validación como estrategia fundamental, muchas de estas áreas protegidas de la red mundial siguen pendientes de ser administradas a través de la implementación y gestión de instrumentos normativos y herramientas de planeación, y limitan su existencia al decreto de creación.

Estas áreas fueron denominadas como *parques de papel* o *reservas de papel*, ya que no obstante estar constituidas jurídicamente, no se ejercieron acciones que procuren su manejo y administración por las instituciones nacionales a cargo de la gestión del territorio de conservación. Son decretadas a partir de su declaración formal, pero no cumplen su propósito de preservar los ecosistemas y su biodiversidad a través de políticas públicas y quedan sujetas al abandono institucional y vulnerables al manejo inadecuado de sus recursos naturales.

El concepto apareció por vez primera en el análisis de Machlis y Tichnell (1985) en cuyo Reporte del Estado de los Parques Mundiales se advertía que gran parte de los parques naturales decretados hasta ese momento serían incapaces de enfrentar los retos de su conservación y que requerían de un necesario fortalecimiento de sus capacidades operativas y financieras.

Otro pasivo importante radica en las Áreas Marinas Protegidas (AMP), que en contraste con las terrestres y de aguas continentales, solo integran 18,415 áreas decretadas que representan el 8.16 % de la superficie oceánica del planeta (UNEP-WCM,2024). Revertir esta asimetría requiere importantes esfuerzos globales de conservación.

Los indicadores del deterioro ambiental y la degradación de los ecosistemas avanzan con mayor velocidad y su tendencia negativa es monitoreada por la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), organismo intergubernamental independiente de la ONU, establecido en 2012 en la Ciudad de Panamá por acuerdo de 94 Estados, con objeto de fortalecer la interfaz científico-política en materia de conservación y uso sustentable de los ecosistemas, su biodiversidad y el bienestar humano a largo plazo (IPBES,2021). IPBES identificó cinco amenazas ambientales globales claves para la pérdida de biodiversidad mediante la metodología del Índice de Planeta Vivo (IPV) que analiza 32,000 poblaciones de 5,230 especies de mamíferos, aves, peces, reptiles y anfibios en todo el mundo, monitoreando los cambios en la biodiversidad, las perturbaciones de sus ecosistemas e informando al mundo acerca de su estado.

El Informe Planeta Vivo, es la publicación insignia de la organización World Wildlife Fund (WWF), que se desarrolla en colaboración con la Sociedad Zoológica de Londres, para analizar el IPV e informar cada dos años sobre las tendencias en la biodiversidad global, la salud del planeta, el estado de las especies y los impactos generados por el ser humano. Con esta información, la WWF y el IPBES han identificado la presencia y proliferación de especies exóticas e invasoras, la contaminación, los efectos del cambio climático, la sobreexplotación de especies y la pérdida acelerada de hábitats, como las principales amenazas de los ecosistemas y su biodiversidad (WWF, 2022).

3.1 Áreas naturales protegidas en México

La historia de las ANP en México se inició en 1876 cuando el presidente Venustiano Carranza Garza decretó como Parque Nacional Desierto de los Leones, un área boscosa de pinos, oyameles, cipreses, encinos y madroños con objeto de conservar el buen estado de los manantiales de agua potable que surtían a la vecina Ciudad de México. En la actualidad, este Parque Nacional mantiene vigente los propósitos de su decreto, procura manejo a una superficie de 1,529 hectáreas de bosques de coníferas que alberga un importante número de especies de flora y fauna, favorece la retención de la humedad, la recarga de los acuíferos previene la erosión y contribuye a mejorar la calidad del aire, bienes y servicios ambientales que benefician a la población de la Ciudad de México (González, 2014).

Es interesante destacar que este decreto ocurre cuatro años después de la creación del Parque Nacional Yellowstone en 1872, el primero decretado bajo esta figura jurídica en el mundo, y casi contemporáneo con el Parque Nacional Real de Australia de 1879 y el Parque Nacional Nahuel Huapi en Argentina de 1880 (Yui, 2014). Es decir, la creación del Parque Nacional Desierto de los Leones coincide con una tendencia mundial simultánea para proteger los espacios naturales.

Detrás del decreto del primer Parque Nacional de México está la figura de Miguel Ángel de Quevedo, hidrólogo jalisciense que también promovió la protección de las cuencas hidrológicas de ciudades importantes del país, propuso la celebración del Día del Árbol, impulsó la creación de los primeros viveros de producción forestal estatales y promovió la creación de Parques Nacionales y Reservas Forestales.

Durante el Segundo Congreso Nacional sobre Clima y Meteorología celebrado en el año 1901, Quevedo advirtió tempranamente la relación del deterioro de los ecosistemas con el cambio climático al afirmar que “la falta de vegetación presente en extensas áreas de nuestro país y particularmente, debido a la falta de bosques,

a la irregularidad de las lluvias y de las corrientes de agua, agravará de manera muy peligrosa, los efectos meteorológicos” (Urquiza, 2015). El impacto de sus afirmaciones convenció al presidente Porfirio Díaz en 1909 de suspender la venta de terrenos nacionales, mientras que la Secretaría de Obras Públicas canceló la emisión de nuevas concesiones para el aprovechamiento de áreas boscosas en terrenos que deberían ser conservados para el bien público (Urquiza et al. 2019).

Miguel Ángel de Quevedo, también intervino con los delegados de la convención constitucionalista de esa época, para incluir la piedra angular de la conservación de los espacios naturales en la Constitución de 1917, el artículo 27 que establece:

La nación siempre tendrá el derecho de imponer sobre la propiedad privada, las reglas que dicte el interés público y de reglamentar el uso de los elementos naturales, susceptibles de apropiación de modo de distribuir equitativamente la riqueza pública y salvaguardar su conservación. (González, 2014)

A partir de entonces, México ha emprendido una estrategia de conservación de los ecosistemas y su biodiversidad a través de las ANP, cuya gestión, protección y manejo, actualmente es responsabilidad de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Es la CONANP la instancia que supervisa y opera el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) al cual se encuentran integradas un total de 226 ANP, de las cuales 187 son terrestres, 31 terrestres-marinas y 8 marinas, que representan 93,807,804 ha y que corresponden al 34.18 % de la superficie del territorio nacional bajo alguna de las seis categorías de conservación de competencia de la Federación: Reserva de la Biósfera, Parque Nacional, Área de Protección de Flora y Fauna, Santuario, Área de Protección de Recursos Naturales y Monumento Nacional (CONANP, 2024).

Tabla 1*ANP federales y superficie según su categoría de manejo*

Categoría de Manejo	Número	Superficie en hectáreas (ha)	% del total protegido por ANP Federales
Áreas de Protección de Flora y Fauna	54	7,469,180	7.96 %
Áreas de Protección de Recursos Naturales	13	4563,473	4.86 %
Monumentos Naturales	5	16,269	0.02 %
Parques Nacionales	78	17,569,683	18.73 %
Reservas de la Biósfera	48	64,033,711	68.26 %
Santuarios	28	155,488	0.17 %
Totales	226	93,807,804	100 %

Fuente: Elaboración propia con datos de CONANP (2024).

3.2 Áreas naturales en Jalisco

La conservación de los ecosistemas de Jalisco se desarrolló a la par de su evolución histórico-social y respondiendo a sus dinámicas regionales. El primer registro de creación de un espacio natural protegido se refiere a los terrenos nacionales de Izatán en el municipio de Cabo Corrientes, decretados en 1924 como Zona Protectora Forestal por la Secretaría de Agricultura y Fomento, con una superficie de 5,313 ha. No obstante que esta declaratoria identificaba el valor forestal de la cuenca alta y acreditaba acertadamente su interés público, quedó constituida jurídicamente, sin ejercer acciones que procurasen su manejo (Jardel et al. 2017).

Posteriormente, en 1934 y bajo la administración de Lázaro Cárdenas, se declaró zona de protección forestal un área de 10,000 km² de bosques circundantes de la Ciudad de Guadalajara, iniciativa que no tuvo utilidad práctica en lo inmediato, pero que abrió el debate público sobre la vocación de uso que deberían tener las Sierras de Tala, y que habría de convertirse en la propuesta del ANP Bosque La Primavera.

Fue hasta 1936 que se decretó el Parque Nacional Nevado de Colima y Jalisco, que persiste hasta la actualidad y que se ha adaptado a las nuevas directrices de la conservación. De hecho, fue por muchos años el único modelo cercano a un ANP, hasta que en la década 1980, la Universidad de Guadalajara asumió el liderazgo de la promoción de los temas ambientales en la agenda jalisciense y de sus cuadros profesionales emergieron las nuevas propuestas de proyectos de conservación.

Hoy el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas de Jalisco está administrado por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) y registra más de 50 áreas bajo diferentes categorías de conservación que suman 1,288,985 ha que equivalen al 16 % de la superficie del estado. Es de destacar que el conjunto de las ANP de Jalisco no solo expresa una alta diversidad de ecosistemas y una abundante biodiversidad, sino que también se expresan ocho diversas figuras de espacios naturales y sus correspondientes categorías de conservación (Tabla 2).

Tabla 2

Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas de Jalisco

Número	Espacios de conservación	Nombre	Superficie en hectáreas (ha) por categoría
12	ANP con Decreto Federal	PN volcán Nevado de Colima	710,573
		APFF La Primavera	
		APFF Sierra de Quila	
		Santuario Playa Mismaloya	
		Santuario Playa de Teopa	
		Santuario Playa Cutzmala	
		Santuario Playa El Tecuán	
		RB Sierra de Manantlán	
		RB Chamela Cuixmala	
		Santuario Islas de la Bahía de Chamela	
		APRN CA DNR 043	
		RB Sierra de Vallejo	

8	ANP con Decreto Estatal	Bosque mesófilo Nevado de Colima	94,358
		Sierra del Águila	
		Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos	
		Bosque de Arce	
		Barrancas de los ríos Santiago y Verde	
		Sierra Cóndiro-Canales y San Miguel-Chiquihuitillo	
		Bosque Colomos La Campana	
		Estero El Salado	
7	ANP con Decreto Municipal	Agua Azul	19,613
		Parque González Gallo	
		Barranca del río Santiago	
		Arroyo La Campana Colomos III	
		Piedras Bola	
		Bosque Los Colomos	
		Bosque El Nixticuil	
12	Sitios Ramsar	Laguna de Sayula	56,157
		Laguna de Zapotlán	
		Laguna de Atotonilco	
		Presa de La Vega	
		Chamela Cuixmala	
		Laguna Xola-Paraman	
		Laguna Barra de Navidad	
		Estero El Chorro	
		Estero Majahuas	
		Estero La Manzanilla	
		Laguna de Chalacatepec	
		Sistema Lagunar Estuarino Agua Dulce- El Ermitaño	

9	Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación Federal	Reserva Natural Zafiro	1,385
		Bosque Antiguo	
		Rancho Don Andrés	
		Potrero El Muerto	
		Cañada Larga	
		Arroyo Texas	
		Peñas Blancas	
		La Ocotera	
		Tabernillas	
3	Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación Estatal	La Bolsa	134
		Jardín Botánico Vallarta	
		Agua Fría	
3	Zonas de Recuperación Ambiental	Cerro El Tajo	1,168
		El Bajío	
		Arroyo Chocolate	
1	Paisaje Biocultural	Sierra Occidental	306,77
55	Totales		1,288,995

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2024).

Entre ellas, y en relación con el presente análisis, se destacan dos ANP. La primera es el Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos (AEPH Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos) un conjunto de espacios naturales fundamentales para la funcionalidad hidrológica del lago de Chapala, que incluyen bosques de tipo tropical caducifolio, espinoso, de encino, de pino-encino, mesófilo, galería y pastizales. El ANP fue decretada en el año 2013 con una superficie de 23,176.97 ha compartidas entre los Municipios de Jocotepec, Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos y Tlajomulco de Zúñiga (Gobierno del Estado de Jalisco, 2013).

La segunda es de carácter federal, el bosque La Primavera, y de la cual un 3.63 % de su superficie se encuentra en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga. Categorizada como Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera tiene 30,500 ha de superficie y fue creada con objeto de conservar los ecosistemas de bosques templados que proveen importantes servicios ambientales para disfrute y beneficio de los seis millones de pobladores del Área Metropolitana de Guadalajara (SEMARNAT, 2000).

4. La implementación de instrumentos normativos para la gestión del territorio en Tlajomulco de Zúñiga

Direccionamos este análisis desde las normativas globales de la conservación de ecosistemas hacia las acciones y problemáticas de las agendas locales, donde la pérdida de hábitats es consecuencia de diversos factores entre los que destaca el crecimiento urbano y los cambios de uso de suelo, los cuales constituyen una de las principales amenazas a los ecosistemas terrestres.

Existen diversos convenios internacionales para la atención de los retos del desarrollo urbano sostenible entre los que destacan Hábitat III y la Nueva Agenda Urbana, el Acuerdo de París, que está enmarcado en la COP21, y la Agenda 2030. Estas acciones asociativas están presupuestadas en el ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos, que pretende revitalizar la coalición mundial para el desarrollo sostenible exigiendo la participación de todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo, y la colaboración multinivel. Señala que el desarrollo sostenible solo se puede alcanzar a través de asociaciones mundiales sólidas y de modelos de cooperación que garanticen que nadie rezague su desarrollo, que se movilicen los recursos existentes y adicionales, y que los países desarrollados cumplan su compromiso de aumentar la asistencia oficial para el desarrollo.

En Jalisco, como expresión local del ODS 17, el crecimiento poblacional y los procesos de transformación económica, política y social, evidenciaron la necesidad de actualizar, formular y aplicar programas de ordenamiento ecológico territorial y de desarrollo urbano, cuya gestión requirió un esfuerzo de los tres niveles de gobierno, y que requirió la construcción de importantes alianzas y acuerdos políticos.

Si bien el fenómeno de pérdida de hábitats es un asunto recurrente para el estado de Jalisco, lo es sobre todo para la ciudad de Guadalajara que experimentó un proceso de urbanización exponencial durante la década de 1940, mientras que la mayoría de sus municipios vecinos aún eran comunidades rurales.

Con el tiempo, y ante la acelerada expansión urbana, surgió como una primera iniciativa del Congreso del Estado de Jalisco la aprobación el 9 de diciembre de 2009 del Decreto 25400/LX/15, que declara Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) a la unidad de planeación territorial integrada por nueve municipios: El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan y Zapotlanejo, último municipio en incorporarse el 22 de agosto de 2015.

Esta metrópoli integra una superficie de 3,265.46 km² habitada por 5,268,642 personas asentadas en 724 km² de superficie urbanizada, donde más de la mitad de la población vive en Guadalajara y Zapopan (INEGI 2023), cuyo crecimiento urbano ha generado la pérdida de hábitats, impactos en el entorno natural, fragmentación de ecosistemas y procesos de cambio del uso de suelo agrícola.

En el análisis de crecimiento diversificado de los municipios que integran el AMG destacan los índices de Tlajomulco de Zúñiga, cuya población pasó de 68,428 habitantes en 1990, a 416,626 en 2010, a 542,442 en el año 2015 y a 727,750 habitantes en 2020. Localizado en un territorio de 716.551 km², tiene una densidad de 581.43 hab/km² (INEGI, 1990; 2010; 2015; 2020) y su ritmo de crecimiento oscila entre 5.69 % entre 1990 y 2000, y 12.92 % entre 2000-2010 (INEGI, 1990; 2000; 2010), por encima del estado de Jalisco, que es del 2.12 %, y del AMG, del 1.31 %.

Este crecimiento genera un incremento en la construcción de viviendas y fraccionamientos, procesos desordenados de cambios estructurales, modificación de las condiciones ambientales del municipio y la distribución atomizada de los nuevos asentamientos humanos, que derivan en una conectividad limitada de espacios funcionales, accesibilidad restringida a distintas áreas del municipio y una magra integración de las nuevas comunidades a la estructura urbana de la ciudad.

4.1 El Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Tlajomulco de Zúñiga

Los escenarios anteriormente descritos y sus problemáticas asociadas hicieron necesario ordenar el crecimiento urbano y revalorizar la importancia del territorio que genera servicios ambientales que benefician a la metrópoli: la salvaguarda de la biodiversidad, la regulación climática, la formación de suelos, la recarga de aguas subterráneas, la mejora de la calidad del aire y el control de escorrentías.

Por ello, en el ámbito de un Plan Sectorial para el Desarrollo Sostenible del Territorio del Estado de Jalisco, el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga desarrolló su Programa de Ordenamiento Ecológico Local que fue aprobado el 06 de noviembre del 2020.

De acuerdo con el artículo 115 constitucional, su expedición es competencia del gobierno municipal, y fue realizado con objeto de ordenar el territorio regulando los usos de suelo para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, garantizando además que las áreas de aprovechamiento para uso habitacional, industrial o de servicios en el municipio, estén dotadas de infraestructura y equipamiento que garantice servicios públicos.

A la expedición del POEL de Tlajomulco, se asocia la emisión del Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU), que dictamina y controla los usos de suelo municipal mediante el uso y aprovechamiento del territorio, bajo los criterios ambientales establecidos, considerando, además, el Atlas de Riesgo Municipal y teniendo como referencia al Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet) que inserta las iniciativas de ordenamiento del municipio en un contexto metropolitano.

La actualización del POEL implicó el esfuerzo de ordenar el territorio y ofrecer a Tlajomulco un modelo de desarrollo que proteja las áreas de conservación, cuerpos de agua y zonas de riesgo. Como consecuencia de su aprobación legal e implementación operativa, cerca de la mitad del territorio de Tlajomulco de Zúñiga se convirtió en un área natural protegida y se proyecta que, dentro de los próximos 30 años, habrá un metro cuadrado de uso agrícola y dos metros cuadrados de área protegida por cada metro cuadrado de uso habitacional, industrial y de servicios.

Sin embargo, a pesar de las virtudes del instrumento de planeación del territorio y sus ambiciosas metas socioambientales, su efectiva implementación está supeditada a diversos factores y escenarios favorables aún pendientes de ser atendidos, como lo son el déficit de gobernanza ambiental, la escasa participación ciudadana, el bajo cumplimiento de las leyes y la proliferación de asentamientos irregulares periurbanos, entre otros. Esta cuestión no es privativa del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, sino que responde a un común denominador para la implementación de procesos similares a nivel estatal y nacional.

4.2 La iniciativa del Corredor Ecológico Tlaxomulli

El POEL de Tlajomulco de Zúñiga propuso dotar a los gestores del territorio de un instrumento normativo y de planeación para enfrentar las amenazas a los recursos naturales mediante la adecuación de las mejores áreas productivas, ya sean comerciales, industriales y habitacionales.

Para ello, fue necesario asegurar que las nuevas urbanizaciones en las zonas con un perfil rural como Santa Cruz de las Flores-Totoltepec-Tlajomulco-Latillas y Cajititlán-Cerro Viejo, mantuvieran su funcionalidad como proveedores de servicios ambientales, asegurando la calidad de vida para la población, comunidades y asentamientos de todo el municipio, y vinculando sus espacios naturales, bosques y reservas acuíferas con el APFF La Primavera y el AEPH Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos, generando un conector de flujos ambientales entre ambas áreas.

También los bosques cercanos a La Primavera (Totoltepec, Latillas, El Patomo y El Cerro del Gato) así como las otras áreas colindantes o comprendidas dentro de las zonas urbanizadas (San Agustín-La Primavera, Concepción del Valle-Cerro del Gato y El Zapote-Aeropuerto), deberán ser protegidos para evitar su eventual desaparición, materialmente devorados por la expansión de la mancha urbana.

Esta concurrencia de ANP bajo categorías de conservación estatal y federal, con los espacios naturales remanentes de alto valor biológico y cultural del municipio de Tlajomulco de Zúñiga ¿pueden ser integrados bajo alguna figura de conservación?

Existe una figura definida como *corredor ecológico*, que se refiere a aquel ámbito territorial cuya función primordial es la de conectar dos o más sectores con características ambientales similares, de forma que resulte transitable y que sirva como conducto a los desplazamientos de la biota (Taylor, 1993).

Ahí, las áreas protegidas existentes, o los remanentes de los ecosistemas originales, mantienen conectividad a través del desarrollo de actividades productivas ocurridas en el paisaje intermedio que permiten el flujo de las especies logrando con ello preservar la biodiversidad, prevenir la fragmentación de los hábitats y favorecer la migración, dispersión, vinculación e interrelación de poblaciones de flora y fauna silvestres.

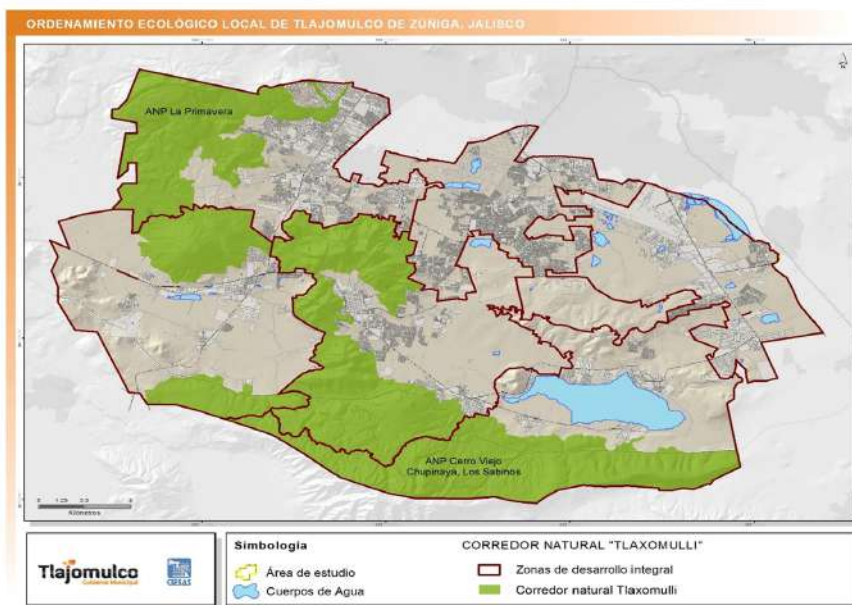
Para construir esta continuidad ecosistémica, el POEL identificó áreas de alto valor ambiental que, considerando los índices de crecimiento urbano y su proyección futura, están en eminente riesgo y que pueden ser protegidas y preservadas con políticas públicas de ordenamiento urbano, de gestión territorial y de instrumentos económicos, mediante certidumbre jurídica. Como resultado, se generó la propuesta del Corredor Ecológico Tlaxomulli (CET), un sistema de coberturas vegetales conectado biológicamente con el APFF La Primavera y con el AEPH Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos, y que paralelamente protege diversas áreas vulnerables al crecimiento urbano, como los Cerros de Totoltepec, Latillas, El Patomo y diversos espacios naturales (Tlajomulco, 2017).

Estos cinco polígonos identificados, con ecosistemas que albergan una rica biodiversidad: 1) La superficie del bosque La Primavera correspondiente al municipio de Tlajomulco, 2) El Cerro Totoltepec, 3) El Cerro Las Latillas, 4) El Cerro del Patomo y 5) El Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos.

En el caso del CET, dos áreas protegidas de atribución Federal y Estatal pueden establecer conectividad a través del continuo de una región intermedia de bosques aún no protegidos, cuyo ordenamiento y manejo sostenible podrán permitir mantener la composición y estructura del ecosistema, conservando su funcionalidad biológico-ambiental, evitar su transformación en áreas de cultivo que constituirían barreras para algunas especies e impedir la inminente instalación de infraestructura urbana (Figura 1).

Figura 1

Corredor Ecológico Tlaxomulli en el territorio de Tlajomulco de Zúñiga



Fuente: POEL, Tlajomulco de Zúñiga (2017).

Al exterior del territorio municipal, el CET aporta importantes insumos al proyecto metropolitano Cinturón Verde Periurbano planteado en el POTmet. Se trata de un concepto similar que integra una sucesión de espacios naturales bajo alguna categoría de conservación circundantes del AMG que pueden proveer de espacios para el ordenamiento del territorio, cuyas regulaciones limiten el crecimiento de la metrópoli y asegura los servicios ecosistémicos estratégicos.

Entre las funcionalidades identificadas, el CET puede servir como zona de amortiguamiento para el APFF La Primavera, unirla con el Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos y con el continuo forestal el Cerro de Totol-

tepec y Las Latillas. A partir de ahí, se establecen nodos de conexión con otras áreas protegidas como la Zona de Protección Ambiental El Bajío, Cerro El Tajo, Barranca de los ríos Santiago y Verde, La Primavera, Sierra Cóndiro-Canales- San Miguel-Chiquihuitillo y el volcán de Tequila, espacios naturales que brindan importantes servicios ambientales para el AMG.

La propuesta del CET alcanza una extensión de 29,175 ha, que representa el 45 % del territorio municipal, un 15 % por encima de las directrices internacionales de porcentaje de áreas verdes para una unidad de planeación ambiental, y que proveen importantes servicios ambientales de regulación del clima, control de escorrentías, carga de recursos hídricos, mitigación de eventos naturales extremos, limitar la expansión urbana, salvaguardar los valores biológicos y culturales, proporcionar espacios de esparcimiento y recreación, entre muchos otros (Tabla 3).

Tabla 3

Superficie de los polígonos de conservación en Tlajomulco de Zúñiga

Superficie de conservación	Hectáreas (ha)
Área de Protección de Flora y Fauna Bosque La Primavera	3,062
Área Estatal de Protección Hidrológica Cerro Viejo- Chupinaya- Los Sabinos	8,029
Corredor Ecológico Tlaxomulli	11,633
Otras áreas naturales de Tlajomulco	6,451
Total	29,175

Fuente: Elaboración propia con datos de POEL (Tlajomulco de Zúñiga, 2017).

Con el POEL como instrumento normativo, las autoridades municipales pueden regular y restringir el desarrollo de proyectos de urbanización, promover acciones de preservación y restauración ambiental, regular usos de suelo, controlar la expansión urbana, promover usos de suelo diversificados, identificar monumentos patrimoniales y zonas arqueológicas, conservar zonas y corredores agroalimentarios, detectar y regular zonas de riesgo antrópicas y naturales, y establecer nuevos parámetros de tipologías de vivienda.

Por su parte, con el CET como instrumento de planeación y gestión del territorio, se puede evitar la urbanización de superficies correspondientes a áreas naturales, ordenar el crecimiento urbano, transitar a prácticas agrícolas sustentables, conservar

y proteger el frágil suelo de jal¹⁶, insertar una frontera entre poblaciones, comunidades y vida silvestre, generar recarga de los mantos acuíferos e incrementar el patrimonio natural del municipio.

Si bien estos son aportes del CET a la conservación y el ordenamiento del territorio, también ofrece beneficios sociales, culturales y económicos, para una mejor calidad de vida de las comunidades de Tlajomulco de Zúñiga. Al contar con más zonas verdes, preservar los hábitats e incrementar la biodiversidad en el entorno urbano, se ponen a disposición de la población metropolitana espacios naturales públicos que los contactan con un entorno natural e impulsan modelos de movilidad no contaminante, que incentivan la activación física.

Los procesos ecosistémicos de la cobertura vegetal de los espacios naturales periurbanos generan también efectos positivos para las personas, ya que reducen la contaminación atmosférica y acústica de la ciudad. En materia de la regulación del clima y las acciones de mitigación a los efectos globales del cambio climático, las coberturas vegetales que integran el CET reducen la formación de islas de calor, permitiendo la reducción de la temperatura metropolitana.

Las coberturas vegetales también contribuyen a una mejor gestión de las aguas pluviales, del control y administración de escorrentías, con lo cual se reducen los riesgos de las comunidades ubicadas cuenca abajo y se prestan importantes servicios de protección civil.

5.1 Acciones locales, directrices globales

Recordemos que la Agenda 2030 es la plataforma global para diseñar, implementar y construir las acciones locales que permitan el cumplimiento de los ODS, y para ello convoca a establecer alianzas y vínculos entre los múltiples actores interesados en el futuro de las personas, el planeta y la prosperidad y así promover el intercambio de conocimientos, capacidad técnica, tecnológica y financiera.

16 El Área Metropolitana de Guadalajara se encuentra en una planicie rodeada de estructuras volcánicas que han generado relieves y condiciones climáticas que caracterizan a la ciudad y cuyas particularidades han dejado una impronta edafológica, biológica, histórica y cultural en la identidad jalisciense. Un ejemplo es la importancia biocultural implícita en el suelo de jal, ya que el nombre de Jalisco proviene de la mezcla de tres palabras de origen náhuatl: xalli, que significa arena, tixtli, rostro o superficie, y la designación de lugar -co: "en la superficie de arena" o "en el arenal", y alude directamente a la presencia de estos suelos de jal que privan en el Área Metropolitana de Guadalajara, pumíticos de agregado grueso, de origen volcánico, textura rugosa y estructura filiforme vesicular, de color entre blanco, grisáceo y amarillo, compuesto por rocas de pumicita, obsidiana y riolita. La constitución edafológica del suelo de jal modela el paisaje y los ecosistemas de la región, son vitales para comprender sus procesos ecosistémicos y constituyen un fuerte componente de la identidad cultural regional, que hace imprescindible emprender esfuerzos para su conservación.

Estas acciones locales orientadas hacia la consecución de los ODS incluyen iniciativas voluntarias e individuales motivadas por el compromiso personal de ciudadanos proactivos desde sus respectivos sectores o áreas de trabajo. Pero se requiere también de acciones institucionalizadas que se integren a las políticas públicas por parte de los gobiernos locales. Por ello, es pertinente retomar la pregunta esencial de este análisis: ¿Aportan las agendas ambientales de los gobiernos subnacionales a la consecución de ODS?

5.1 Transitar hacia un Tlajomulco sostenible y resiliente

Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas, tendencia que proyecta incrementarse a un 70 % para el año 2050, y que implica un escenario de asentamientos inadecuados para responder a la demanda de desarrollo de vivienda, infraestructura, servicios y, sobre todo, calidad de vida. Si no hay medidas de planeación y previsión, el crecimiento urbano descontrolado, la contaminación atmosférica y la escasez de espacios públicos abiertos serán las condiciones comunes de las ciudades emergentes del futuro (ONU, 2023).

Por ello, y para evitar pérdidas humanas, sociales y económicas, el ODS 11: *Ciudades y comunidades sostenibles* propone lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, resilientes y sostenibles, e inspira a algunos gobiernos a actuar localmente en esa dirección.

En apartados anteriores se ha descrito el crecimiento urbano de Tlajomulco de Zúñiga, las implicaciones de su integración con el AMG, y las proyecciones de su futuro, que empatan con las proyecciones globales de incremento y deterioro continuo. Estos retos socioambientales han provocado respuestas institucionales, como el diseño e implementación del POEL, en cuyo proceso de construcción se ha detonado el apuntalamiento de varios proyectos y acciones asociadas que procuran mecanismos de planeación, gobernanza y de participación ciudadana, que responden a los objetivos e indicadores de los ODS (Tabla 4).

Tabla 4

Indicadores ODS 11 y acciones del municipio de Tlajomulco de Zúñiga

	LOGRAR QUE LAS CIUDADES Y LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS SEAN INCLUSIVOS, SEGUROS, RESILIENTES Y SOSTENIBLES
---	--

Objetivo 11 y metas de la Agenda 2030	Indicadores	Acciones en Tlajomulco de Zúñiga
11.3 De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.	11.3.2 Proporción de ciudades que cuentan con una estructura de participación directa de la sociedad civil en la planificación y la gestión urbanas y funcionan con regularidad y democráticamente.	El Municipio de Tlajomulco de Zúñiga cuenta con un Consejo Municipal de Participación Ciudadana que revisó, aprobó y evaluó la realización de consultas públicas para la actualización del POEL.
11.7 De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.	11.7.1 Proporción media de la superficie edificada de las ciudades que se dedica a espacios abiertos para uso público de todos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad.	La propuesta del CET define un 45 % del territorio municipal como espacio abierto y natural.
11.a Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.	11.a.1 Proporción de la población residente en ciudades que aplican planes de desarrollo urbano y regional que tienen en cuenta las previsiones demográficas y las necesidades de recursos, desglosada por tamaño de ciudad.	La emisión del POEL considera al total de los residentes del municipio dentro de sus planes de desarrollo urbano.

Fuente: Elaboración propia con datos de POEL (2017) y de los ODS (ONU, 2020).

El Municipio cuenta con un Consejo Municipal de Participación Ciudadana que revisó, aprobó y evaluó la realización de consultas públicas para la Actualización del POEL, con lo cual se instala una instancia de participación directa de la sociedad civil en la planificación y la gestión urbanas, que funcionan con regularidad, con principios democráticos y que, con su existencia y operación, alimentan el indicador 11.3.2. del ODS 11.

Por otra parte, la superficie de territorio propuesta para el CET alcanza una extensión de 29,175 ha de espacios naturales para uso público, que representa el 45 % del territorio del municipio, que abona al indicador 11.7.1 Proporción media de la superficie edificada de las ciudades que se dedica a espacios abiertos para uso público de todos y que excede en un 15 % las directrices internacionales.

Estas acciones de política pública ambiental se sustentan en múltiples trabajos de ordenamiento ecológico del territorio que se integran en el POEL, se asocian al PMDU, que dictamina y controla los usos de suelo municipal mediante el uso y

aprovechamiento del territorio, bajo los criterios ambientales establecidos en el Atlas de Riesgo Municipal y que tienen como referencia superior al POTmet.

Con el diseño, construcción e implementación de estos instrumentos de regulación para la gestión ambiental del territorio urbano de Tlajomulco de Zúñiga se aportan elementos de cumplimiento para el indicador 1.a.1 Proporción de la población residente en ciudades que aplican planes de desarrollo urbano y regional que tienen en cuenta las previsiones demográficas y las necesidades de recursos.

5.2 Un corredor ecológico para proteger a la vida de los ecosistemas terrestres

Los bosques cubren casi el 31 % de la superficie de nuestro planeta y albergan más del 80 % de todas las especies terrestres de animales, plantas e insectos. Sin embargo, los Índices de Planeta Vivo concluyen que el deterioro de los ecosistemas ha alcanzado tendencias inéditas y se incrementa a un ritmo más rápido que en cualquier otro momento de la historia de la humanidad. Por ello, el ODS 15 propone conservar la vida en los ecosistemas terrestres, buscando proteger y restablecerlos, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, y detener la pérdida de biodiversidad.

Estas tendencias globales encuentran su expresión local en Jalisco y en el AMG, donde el crecimiento urbano y la actividad agropecuaria han generado efectos negativos, como la deforestación, degradación de bosques y suelos, incendios forestales, contaminación de cuerpos de agua y la emisión de gases de efecto invernadero. Recientemente, estas amenazas se focalizan en los cambios de uso de suelo forestal para propósitos inmobiliarios y para la producción de aguacate, agave y frutos del bosque.

En respuesta, en Tlajomulco de Zúñiga se han emprendido acciones locales para proteger la vida de sus ecosistemas terrestres, al asumir estrategias para ordenar el crecimiento de su territorio a través de instrumentos de planeación que asignan a su territorio bajo alguna categoría jurídica de conservación que les permita adoptar soluciones basadas en la naturaleza para reducir la degradación de los hábitats naturales, aportando a cinco metas y seis de los indicadores de cumplimiento del ODS 15, como se describe en la Tabla 5.

Tabla 5

Indicadores del ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres y acciones locales de Tlajomulco de Zúñiga

 15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES PROTEGER, RESTABLECER Y PROMOVER EL USO SOSTENIBLE DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES, GESTIONAR SOSTENIBLEMENTE LOS BOSQUES, LUCHAR CONTRA LA DESERTIFICACIÓN, DETENER E INVERTIR LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS Y DETENER LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD		
Objetivo 15 y metas de la Agenda 2030	Indicadores	Acciones en Tlajomulco de Zúñiga
15.1 De aquí a 2020, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales.	15.1.1 Superficie forestal en proporción a la superficie total	Se define un 45 % del territorio como área de conservación
	15.1.2 Proporción de lugares importantes para la biodiversidad terrestre y del agua dulce incluidos en zonas protegidas, desglosada por tipo de ecosistema.	Se definen 29,715 hectáreas de zonas protegidas
15.2 De aquí a 2020, promover la puesta en práctica de la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, detener la deforestación, recuperar los bosques degradados y aumentar considerablemente la forestación y la reforestación a nivel mundial.	15.2.1 Avances hacia la gestión forestal sostenible	Se generan tres instrumentos de gestión del territorio y un Programa de Manejo Federal de ANP.
15.4 De aquí a 2030, asegurar la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible.	15.4.1 Lugares importantes para la biodiversidad de las montañas incluidos en zonas protegidas.	Se integran al CET dos ANP, una Federal y otra Estatal
	15.4.2 a) Índice de cobertura verde de las montañas y b) proporción de terreno montañoso degradado.	El POEL identifica los porcentajes de cobertura vegetal y de suelos degradados

15.5 Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y, de aquí a 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.	15.5.1 Índice de la Lista Roja	Se identifica un inventario de biodiversidad para el ANP Federal y se clasifican sus especies por categoría de riesgo y amenazadas.
15.9 Integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.	15.9.1 a) Número de países que han establecido metas nacionales de conformidad con la segunda Meta de Aichi del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 o metas similares en sus estrategias y planes de acción nacionales en materia de diversidad biológica y han informado de sus progresos en el logro de estas metas; y b) integración de la biodiversidad en los sistemas nacionales de contabilidad y presentación de informes, definidos como implementación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica.	Se generan tres instrumentos de gestión del territorio y un Programa de Manejo Federal de ANP que integran los valores de los ecosistemas y la biodiversidad.

Fuente: Elaboración propia con datos del POEL (2017) y de los ODS (ONU, 2020).

Los aportes de Tlajomulco de Zúñiga al ODS 15 gravitan alrededor del diseño e implementación del POEL, donde se identifican dos áreas naturales protegidas a las que se propone integrar tres polígonos municipales, que en conjunto alcanzan el 45 % del territorio con vocación de protección y conservación y alineando sus políticas públicas con las directrices internacionales sobre espacios naturales. Este porcentaje alcanzado responde al indicador 15.1.1 Superficie forestal en proporción a la superficie total, y su cuantificación de 29,715 ha de zonas protegidas abonan al indicador 15.1.2 Proporción de lugares importantes para la biodiversidad terrestre y del agua dulce incluidos en zonas protegidas.

En el diseño del CET se generaron tres instrumentos de gestión del territorio que se suman a los Planes de Manejo de las ANP Federales y Estatales, al Atlas de Riesgo y al POTmet. Con ellos y las regulaciones correspondientes para cada instrumento, se sientan las bases para alcanzar el indicador 15.2.1 Avances hacia la gestión forestal sostenible.

Estos instrumentos, a su vez justifican su propuesta con un Estudio Técnico Previo Justificativo (ETJ) que cuantifica los índices de cobertura verde de las montañas y la proporción del suelo degradado en ellas, información estratégica que es requerida por el indicador 15.4.2. Ahí mismo se integran los inventarios de flora y fauna que clasifican las categorías de protección para las especies a partir de la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción, de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, y de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, el inventario más completo del estado de conservación de especies de animales y plantas a nivel mundial, elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, la principal autoridad mundial en la materia, con lo que se cumple con los requisitos del indicador 15.5.1.

Como se mencionó anteriormente, al integrarse al CET los tres polígonos de bosques municipales y las dos áreas naturales protegidas, una federal y otra estatal, se atiende al indicador 15.4.1 Lugares importantes para la biodiversidad de las montañas incluidos en zonas protegidas.

Finalmente, al generarse tres instrumentos de gestión del territorio, un Atlas de Riesgos, un Programa Local de Ordenamiento del Territorio y dos Programas de Manejo de ANP que integran los valores de los ecosistemas y la diversidad, se abona al indicador 15.9.1 a) Número de países que han establecido metas nacionales de conformidad con la segunda Meta de Aichi del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 o metas similares en sus estrategias y planes de acción nacionales en materia de diversidad biológica y han informado de sus progresos en el logro de estas metas; y b) integración de la biodiversidad en los sistemas nacionales de contabilidad y presentación de informes, definidos como implementación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica.

5.3 Haciendo alianzas locales para alcanzar los objetivos globales

El ODS 17: Alianzas para alcanzar los objetivos, propone revitalizar las asociaciones necesarias para lograr el desarrollo sostenible, y demanda a los gobiernos, sector privado y sociedad civil que integren esfuerzos para garantizar la mayor inclusión posible. En este sentido, las políticas públicas emprendidas por el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga requirieron construir un andamiaje institucional de gestión a los tres niveles de gobierno y con los múltiples sectores involucrados en el territorio que se describen en la Tabla 6.

Tabla 6*Indicadores del ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos y acciones locales de Tlajomulco*

	FORTALECER LOS MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN Y REVITALIZAR LA ALIANZA MUNDIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE	
Objetivo 17 y metas de la Agenda 2030	Indicadores	Acciones en Tlajomulco de Zúñiga
17.14 Mejorar la coherencia de las políticas para el desarrollo sostenible.	17.14.1 Número de países que cuentan con mecanismos para mejorar la coherencia de las políticas de desarrollo sostenible.	La emisión del POEL de Tlajomulco de Zúñiga integró las dimensiones sociales, económicas, políticas y ambientales en el diseño y creación de dicho instrumento normativo.
17.16 Mejorar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible, complementada por alianzas entre múltiples interesados que movilicen e intercambien conocimientos, especialización, tecnología y recursos financieros, a fin de apoyar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en todos los países, particularmente los países en desarrollo.	17.16.1 Número de países que informan de sus progresos en los marcos de múltiples interesados para el seguimiento de la eficacia de las actividades de desarrollo que apoyan el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.	El acuerdo institucional y los mecanismos de gestión formales para el diseño, elaboración, aprobación e implementación del POEL y la propuesta del CET implican la construcción de alianzas multinivel en el Municipio y en el Estado de Jalisco.

Fuente: Elaboración propia con datos de los ODS (2020); POEL (2017).

La emisión del POEL integró las dimensiones sociales, económicas, políticas y ambientales en su diseño y creación, alimentando con ello al indicador 17.14.1 Número de países que cuentan con mecanismos para mejorar la coherencia de las políticas de desarrollo sostenible.

Estos acuerdos institucionales y los mecanismos de gestión formales para el diseño, elaboración, aprobación e implementación del POEL y la propuesta del CET requirió de alianzas multinivel, cuyo proceso de construcción alimenta los alcances del indicador 17.16.1 Número de países que informan de sus progresos en los marcos de múltiples

interesados para el seguimiento de la eficacia de las actividades de desarrollo que apoyan el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Conclusiones

Nuestro planeta experimenta una crisis ambiental que se inserta en periodo de incertidumbre global derivado de la experiencia de la pandemia COVID-19 y de la actual configuración geopolítica de la seguridad mundial. Para enfrentar los desafíos de su futuro, reducir la pobreza, el hambre y las desigualdades, mitigar el cambio climático y proponer medidas para adaptarnos, generar empleos que aseguren una vida digna, generar ciudades sostenibles y resilientes donde vivir, tener opciones de conservación y aprovechamiento de los ecosistemas, así como a empoderar a las mujeres, se ha configurado durante cincuenta años un andamiaje institucional del ambientalismo que pretende dar visión y rectoría a las acciones necesarias para guiarnos a un futuro posible.

Es la Agenda 2030 la estrategia que responde con acciones precisas a estos grandes desafíos, donde las acciones para alcanzar los ODS en sus expresiones locales son fundamentales para implementar las metas globales y transitar hacia un modelo de desarrollo sustentable, cuyos logros no siempre alcanzan a integrarse a las plataformas que miden y cuantifican los avances en su consecución.

Estas acciones locales a favor de los ODS implican la implementación de los objetivos de forma práctica, eficiente y efectiva y están vinculados directamente con la capacidad instalada en los gobiernos locales y regionales. Para el caso del presente análisis, se han identificado estrategias para la gestión del territorio que el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga ha emprendido para proteger los espacios naturales, fortalecer la resiliencia del territorio y promover alianzas multinivel para alcanzar tres de los diecisiete objetivos globales.

Es importante destacar que este análisis partió de la revisión del ODS 15, ya que el propósito principal era identificar las acciones para la protección de la vida terrestre en los espacios naturales protegidos. Sin embargo, la naturaleza vinculante de los ODS arrojó asociaciones inmediatas con otras metas y con otros indicadores que se complementan y fortalecen en el ejercicio de su consecución, particularmente nos referimos a los objetivos 11 y 17.

En el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, se propone lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, resilientes y sostenibles, a través de la proyección de siete metas, dos submetas y 15 indicadores de cumplimiento. Al

respecto, el diseño e implementación del POEL, la superficie del 45 % del territorio para la conservación alcanzada, así como las instancias de participación ciudadana asociadas a los procesos de planeación, consulta pública y validación oficial, alimentan sus métricas de cumplimiento en dos metas, una submeta y tres indicadores de cumplimiento.

Por su parte, el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres que propone conservar la vida de ecosistemas terrestres, buscando proteger y restablecerlos, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, así como detener la pérdida de biodiversidad, tiene nueve metas, tres submetas y 15 indicadores de cumplimiento.

El POEL identifica dos áreas naturales protegidas en el territorio de Tlajomulco de Zúñiga y se propone la integración de tres polígonos municipales, para integrar juntos un Corredor Ecológico que en conjunto alcanza 29,715 ha, y que representan el 45 % del territorio del municipio con vocación de protección y conservación, donde se regulan sus usos y aprovechamiento, alineando sus políticas públicas con las directrices internacionales de conservación de los espacios naturales.

Para alcanzar la propuesta de Corredor Ecológico Tlaxomulli, se generaron tres instrumentos de gestión del territorio que se suman a los Planes de Manejo de las ANP Federales y Estatales, al Atlas de Riesgo y al POTmet, con los cuales se sientan las bases para una gestión forestal sostenible y un ordenamiento del territorio.

Por su parte, los ETJ que justifican técnicamente la propuesta cuantifican los índices de cobertura verde de las montañas y la proporción del suelo degradado en ellas y la riqueza biológica del sitio, información estratégica necesaria para la toma de decisiones en materia de política pública ambiental.

Al analizar en conjunto la generación e implementación de instrumentos normativos para la gestión del territorio y la propuesta de integrar el CET, se concluye que estas acciones locales, responden a cinco de estas metas y a seis indicadores del ODS 15, instalando una base para recibir políticas públicas que permitan incrementar el cumplimiento de estos y más indicadores e integrando los valores de los ecosistemas y la biodiversidad en la planificación, los procesos de desarrollo y las estrategias de reducción de la pobreza.

El ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos, pretende revitalizar las asociaciones necesarias para lograr el desarrollo sostenible, y demanda que gobiernos, sector

privado y sociedad civil integren esfuerzos para garantizar que nadie se quede atrás en camino al desarrollo. Este Objetivo tiene 19 metas y 15 indicadores de cumplimiento.

La emisión del POEL integró las dimensiones sociales, económicas, políticas y ambientales en su diseño y creación, instalando en Tlajomulco de Zúñiga los mecanismos para mejorar la coherencia de las políticas de desarrollo sostenible. Los acuerdos institucionales y sus mecanismos de gestión formales para el diseño, elaboración, aprobación e implementación del POEL y la propuesta del CET requirieron construir alianzas multinivel, que informan de sus progresos en los marcos de múltiples interesados y que dan seguimiento a la eficacia de las actividades de desarrollo que apoyan el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Con estas acciones se abonan dos metas y dos indicadores de cumplimiento.

Si bien estos aportes parecen modestos, toda vez que se circunscriben a sentar bases normativas a través de instrumentos de planeación y ordenamiento del territorio, sus logros son remarcables, ya que ponen a disposición del gobierno local un piso firme para la gestión de nuevas y mejores acciones, con certidumbre jurídica e integrando esfuerzos de diversos actores en los tres niveles de gobierno.

Esto los constituye como argumentos catalizadores o acciones detonantes de otros procesos de encadenamiento, o como piedra angular para instalar políticas públicas de mayor alcance. Su importancia radica en proveer una base normativa sólida e inspirada en los más altos anhelos de desarrollo global, con una potente proyección futura.

La definición de una unidad de planeación ambiental territorial, con la propiedad de integrar categorías de conservación en un continuo ecosistémico, es un acierto que permite reportar que un 45 % del territorio está destinado a la conservación, 15 % más que lo indicado en las Metas 2030, y que puede ser protegido en el desarrollo futuro de un municipio con un crecimiento vigoroso.

En resumen, la propuesta de Tlajomulco de Zúñiga para ordenar su territorio, proteger los espacios naturales y crear un corredor ecológico implicó un trabajo de construcción de alianzas estratégicas y el diseño e implementación de políticas públicas que alimentan a nueve metas, una submeta y once indicadores de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Para transitar hacia ciudades y comunidades sostenibles, es imprescindible proteger la vida terrestre y marina que se alberga en sus espacios naturales, objetivos que requieren de una gestión multinivel realizada a través de alianzas estratégicas y de la implementación de acciones desde la agenda local de los gobiernos subnacionales, que deben ser consideradas en las métricas nacionales de cumplimiento.

La propuesta del Congreso Mundial de la Naturaleza de la UICN en su Manifiesto de Marsella proponía, para revertir los rezagos en la consecución de metas del ODS 15, la construcción de redes de conservación basadas en sitios, interconectadas y eficaces, que incluyan áreas de importancia para la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, donde sus áreas terrestres deben estar vedadas a toda actividad industrial dañina, y donde se insta a los gobiernos a establecer metas ambiciosas para las áreas protegidas, exhortando a que al menos el 30 por ciento del planeta esté protegido en 2030 (UICN, 2021).

El Corredor Ecológico Tlaxomulli es compatible con estos propósitos y emerge como un proceso innovador para la gestión del territorio desde la agenda local, que responde a las más altas directrices del ambientalismo global y marca un rumbo para la gestión del territorio que debe ser observado, fortalecido y replicado.

Concluimos este análisis citando la reflexión del secretario general de las Naciones Unidas, António Guterres, quien advirtió que, si no actuamos ahora, la Agenda 2030 podría convertirse en el epitafio del mundo que podría haber sido. Es nuestra convicción insistir que aún podemos enfocar nuestras baterías en el umbral 2030 y, en estos últimos seis años, desde la agenda local de los gobiernos subnacionales, aportar acciones para que la tendencia global nos devuelva hacia la senda del desarrollo sostenible y un mejor futuro para todas y todos.

Referencias

- Brundtland, G.H. (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid, Alianza Ed.,
- Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. Crítica, Barcelona.
- CBD. (2020). *La Diversidad Biológica y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nota técnica*. <https://www.cbd.int/>
- CDB. (2008). Protected Areas in Today's World: Their values and benefits for the welfare of the planet. Montreal, *Technical Series No. 36*.
- CONANP. (2024). *Áreas Naturales Protegidas decretadas*. http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Dudley, N. (Editor) (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. UICN.
- Espinell, P. (2016). A 100 años de su fundación, ¿siguen sirviendo los parques nacionales? *Letras Libres*. <https://letraslibres.com/ciencia-y-tecnologia/a-100-anos-de-su-fundacion-siguen-sirviendo-los-parques-nacionales/>
- FAO. (2014). Protected areas, people and food security. An FAO contribution to the World Parks Congress.

- FAO. (2022). *El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>
- FAO. (21 de Julio 2024). *Conjunto de herramientas GFS*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/protected-areas/basic-knowledge/es/>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2013). Decreto por el que se establece Área Natural Protegida bajo la categoría de “Área Estatal De Protección Hidrológica, Cerro Viejo-Chupinaya-Los Sabinos”, con una superficie de 23,176.97 hectáreas, ubicada en los municipios de Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Jocotepec y Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.
https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema_nacional/documentos/ANPL/Jal/CERRO-VIEJO_CHUPINAYA_SABINOS.pdf
- Goodman, D. (2023). *Seven years to save nature and people: a proposed set of policies and actions for the SDG Summit*. IUCN.
- González Ocampo H. A.; Cortés-Calva, P.; Íñiguez Dávalos, L. I.; Ortega-Rubio, A. (2014). *Las áreas naturales protegidas de México*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- INEGI. (2020). Censo de México 2020.
- IPBES. (2021). *Manual para los puntos focales de IPBES*. Secretaría de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas.
- Jardel-Peláez, E.J., E. Santana-C., S.H. Graf-M., L. Hernández López, C. Valencia, R. González Franco y M. Meiners. (2017). Conservación y restauración. En *La biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado*. vol. i. CONABIO. México, pp. 275-316.
- Lorenz, K. (1973). *Los ocho pecados mortales de la humanidad civilizada*. Barcelona: Plaza & Janés.
- Lovelock, J. (2007). *The Revenge of Gaia: Earth's Climate in Crisis and the Fate of Humanity*. Penguin Books Ltd. U.K.
- Machlis, G.E., & Tichnell, D.L. (1986). *The State of The World's Parks: An International Assessment For Resource Management, Policy, And Research*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429315091>
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento*. Ciudad de México: FCE.
- NPS. (2005). *National Park Service: Shaping the System*. https://www.nps.gov/parkhistory/online_books/shaping/index.htm

- ONU. (2023). *Informe de los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2023 Edición Especial. Por un Plan de Rescate para las Personas y el Planeta*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- ONU. (1992). *Convenio sobre Diversidad Biológica*.
- ONU. (2015). *Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- SEMADET. (2020). *Programa estatal de Áreas Naturales Protegidas y otros instrumentos de conservación*.
<https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/areasnaturalesprotegidas.pdf>
- SEMARNAT. (2000). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera*. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/35_libro_pm.df
- Taylor P. D.; Fahrig, L.; Henein, K. y Merriam, G. (1993). *Connectivity is a vital element of landscape structure*. *Oikos*.
- Tlajomulco. (2017). *Programa de Ordenamiento Ecológico Local Zona Cajititlán Cerro Viejo*.
- UICN. (2021). *El Manifiesto de Marsella*. Congreso Mundial de la Naturaleza de la UICN
- UN. (21 de Julio de 2024). *Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf
- UNEP-WCMC. (2024). *Protected areas map of the world*. February 2024. www.protectedplanet.net
- Urquiza García, J. H. (2015). Miguel Ángel de Quevedo y el proyecto de conservación hidrológica forestal de las cuencas nacionales de la primera mitad del siglo XX, 1900-1940. *Historia Caribe Vol. X No. 26* Pp: 211-255.
<https://www.redalyc.org/pdf/937/93740426009.pdf>
- Urquiza García, J. H. (2019). Una historia ambiental global: de las reservas forestales de la nación a las reservas de la biosfera en México. Iztapalapa. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, núm. 87, año 40, julio-diciembre de 2019, pp. 101-134. <https://revistaiztapalapa.izt.uam.mx/index.php/izt/issue/view/86>
- WWF. (2022). *Informe Planeta Vivo 2022. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo*. Almond, R.E.A.; Grooten M.; Juffe Bignoli, D. y Petersen, T. (Eds). WWF.
- Yui, M. (2014). *The Development of National Parks and Protected Areas around the World*. IUCN World Parks Congress Sydney. https://www.necta.jp/pdf/national_parks.pdf

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA: EL AGUA EN LA AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Salvador Peniche Camps¹⁷

José Alberto González Ochoa¹⁸

Resumen

En México, el tema del agua se ha convertido en una prioridad, especialmente para los gobiernos municipales. Tal es el caso del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, para el cual, enfrentar la escasez y la contaminación en su contexto concreto, representa un reto formidable por su complejidad y escala. La finalidad del presente ensayo consiste en analizar, con la ayuda de la metodología prospectiva, los alcances del sexto Objetivo del Desarrollo Sostenible, referente al problema en cuestión. La principal conclusión de la investigación consiste en haber identificado la necesidad de avanzar en el mejoramiento de la estructura institucional de las instancias responsables de la gestión del agua, de la normatividad y de la gestión de las reservas subterráneas de agua. En particular, se observa la necesidad de revisar la estrategia de crecimiento industrial y el papel que tiene el municipio en la estrategia económica orientada al mercado externo debido a la gran presión que tiene en el ciclo hidrosocial. Lo anterior para lograr que las medidas de política hídrica encuentren un campo fértil para la consolidación de las estrategias destinadas a la recuperación y protección de las reservas de agua locales como los ODS.

Palabras clave

Sustentabilidad, gobernanza, cuenca, desarrollo sustentable, acuífero.

17 Doctor en Ciencias Sociales y profesor investigador y coordinador de la maestría en Relaciones Económicas Internacionales y Cooperación del Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8490-4178>. Correo electrónico: speniche@cucea.udg.mx

18 Licenciado en Gestión y Economía Ambiental y becario del programa PROSNII de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3324-0790>. Correo electrónico: jose.gonzalez4540@alumnos.udg.mx

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



b) Complementarios



Introducción

Tlajomulco de Zúñiga es uno de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Guadalajara. En años recientes, el municipio ha experimentado un acelerado crecimiento derivado de la estrategia económica de apertura comercial y financiera y de integración hemisférica norteamericana. El enclave industrial de la zona se ha convertido en uno de los bastiones del modelo económico en todo el occidente mexicano. Ciertamente, en los últimos años la región ha crecido exponencialmente:

Las ventas internacionales de Tlajomulco de Zúñiga en 2022 fueron de US\$1,950 M, las cuales crecieron un 3,08 % respecto al año anterior... en 2020, la población en Tlajomulco de Zúñiga fue de 727,750 habitantes. En comparación a 2010, la población... creció un 74 %. (Gobierno de México, 2023)

Sin embargo, el incremento de la actividad económica ha planteado grandes retos socioambientales. Tanto en Tlajomulco, como en otras localidades de similares características en el país y en América Latina, como regla, se observa que, como consecuencia de la estrategia económica vigente, los límites biofísicos, necesarios para el mantenimiento de los soportes de vida, específicamente en lo relativo a las reservas de agua, se han visto comprometidos.

Esta situación ha ocasionado la reacción de las agencias internacionales involucradas en el tema de la sustentabilidad, y en particular los organismos que se dedican a estudiar la crisis del agua. A través de recomendaciones de políticas públicas y cambio institucional para la remediación y/o recuperación, instancias como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), o la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), entre otras, han coordinado esfuerzos para elaborar una agenda común para la sustentabilidad hídrica. En particular, nos referimos a la promoción de

la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, puesta en marcha durante la cumbre homónima de las Naciones Unidas, celebrada en Nueva York, en el año de 2015.

En consecuencia, ante la situación prevaleciente en el tema del agua en la zona, el gobierno municipal en Tlajomulco de Zúñiga se ha propuesto como objetivo poner en práctica la estrategia y las recomendaciones en materia de política del agua de la ONU. En este contexto, el objetivo del trabajo que se presenta consiste en analizar, a la mitad del camino, las acciones municipales en lo relacionado con el ODS 6 de la Agenda 2030, que establece la prioridad de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (PND, 2020).

Con la ayuda de la metodología prospectiva (apartado metodológico), cotejamos las propuestas del ODS 6 de la ONU relativo al tema del agua, y las perspectivas que ha identificado de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), con las acciones realizadas por las autoridades municipales en Tlajomulco. El estudio busca plantear una discusión objetiva sobre la situación que atraviesa el municipio con respecto a las reservas de agua, para profundizar el conocimiento entre los actores y consensar, con esto, las propuestas de soluciones técnicas a los problemas actuales que caracterizan la crisis del agua en la zona. Se pretende que la reflexión sirva como insumo para futuras investigaciones relacionadas con el tema, tanto en la zona de estudio, como en otras latitudes del país y del continente.

1. La agenda del agua: El mamut en la sala

El tema del agua ocupa un lugar relevante en la agenda internacional para la sustentabilidad. Los retos son enormes y las consecuencias del fracaso en la solución del problema del agua para las comunidades son difíciles de imaginar en su justa dimensión. Sin embargo, se percibe que la agenda del agua no ocupa un lugar predominante en la política pública ni en la conciencia ciudadana. Los avances en la consecución de los objetivos del milenio a escala municipal no aparecen en el portal del Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible del gobierno federal. En el portal se desglosan las ocho submetas, de las cuales sólo cuatro aportan datos para entidades federativas (acceso a agua potable y servicios de saneamiento de manera segura, acceso a agua entubada diaria y con tandeo (INEGI, 2023).

La crisis del agua afecta prácticamente a todos los componentes de la agenda de la sustentabilidad, también resulta evidente lo opuesto, es decir, que la situación del agua es determinada, en gran medida, por la situación del entorno biofísico y social. Los estudios señalan un escenario complejo:

Según el informe de 2021 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa Conjunto de Monitoreo (PCM) del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y la Mujer (UNICEF) sobre agua, saneamiento e higiene, en 2020, 2 mil millones de personas carecían de servicios gestionados de manera segura (OMS y Unicef 2021). Esto incluye 1.200 millones de personas con servicios básicos, 282 millones con servicios limitados, 367 millones que utilizan fuentes no mejoradas y 122 millones que beben agua superficial. Al ritmo actual de progreso, el mundo solo alcanzará el 81 % de cobertura de agua potable para 2030, lo que dejará a 1.600 millones de personas sin servicios gestionados de forma segura. En cuanto al saneamiento, en 2020, 3.600 millones de personas carecían de servicios gestionados de forma segura, incluidos 1.900 millones de personas con servicios básicos, 580 millones con servicios limitados, 616 millones que utilizaban instalaciones no mejoradas y 494 millones practicaban la defecación al aire libre. Al ritmo actual de progreso, el mundo solo alcanzará el 67 % de cobertura de saneamiento para 2030, lo que dejará a 2.800 millones de personas sin servicios gestionados de forma segura (OMS y UNICEF 2021). (Cissé, 2021, p.1)

En México, la situación es particularmente preocupante debido a dos factores interdependientes: por un lado, las tendencias del desempeño económico y demográfico y, por el otro, la conformación histórica de una estructura de explotación hídrica disfuncional.

Ciertamente, en los últimos 50 años el PIB se ha incrementado en más de diez veces y la población total se ha cuadruplicado. El futuro apunta, *ceteris paribus*, hacia una tasa de crecimiento económico de 3 % y a un incremento demográfico anual de 0.5 % lo que significa que, a este ritmo, el PIB se duplicará en 24 años y la población alcanzará 200 millones de personas para fin de siglo. Este escenario plantea la profundización de la presión sobre los sistemas de abasto del líquido.

Por su parte, la distribución geográfico-productiva del agua es muy desigual. Se observa que 68 % del líquido se encuentra en los estados del sur mexicano, donde habita tan solo 23 % de la población y donde se produce apenas 15 % del PIB. Lo anterior ha ocasionado que el estrés hídrico, entendido como la situación en la que la demanda de agua sobrepasa la cantidad disponible, sea de medio a alto en casi 80 % del territorio nacional (González y Magaña, 2006, p.6).

No es difícil imaginar las probables consecuencias de una profundización de la explotación de las reservas hídricas en el contexto descrito.

Las perspectivas del modelo de explotación del agua deben abordarse en su contexto histórico, es decir, dentro del marco institucional y de gobernanza instaurado en el periodo de las llamadas “reformas estructurales” de finales del siglo pasado. Como resultado de la reforma en el sector del agua, contamos con, cuando menos, cinco

características particulares que determinan el advenimiento de la crisis del agua: a) la consolidación de un organismo operador federal, la Comisión Nacional del Agua o CNA, que aborda el tema del aprovechamiento del agua solo desde la perspectiva ingenieril de la oferta; b) la descentralización de los sistemas de irrigación agrícola y su cesión a las organizaciones de usuarios (que controlan cerca del 46 % del agua de riego); c) la delegación de la responsabilidad de la gestión del agua municipal a los gobiernos locales sin la correspondiente asignación de los recursos necesarios; d) la ausencia de instrumentos para la gestión de una política de aguas subterráneas; y e) el énfasis en el negocio de la construcción de infraestructura.

Es justo decir que tal sistema normativo-institucional y la política hídrica vinculada, han llevado al país y a sus regiones, al cuello de botella descrito, en el cual, si bien la explotación de las reservas de agua ha jugado un papel central en el desempeño económico, los impactos ecológicos concomitantes han sido graves en amplias regiones del territorio nacional.

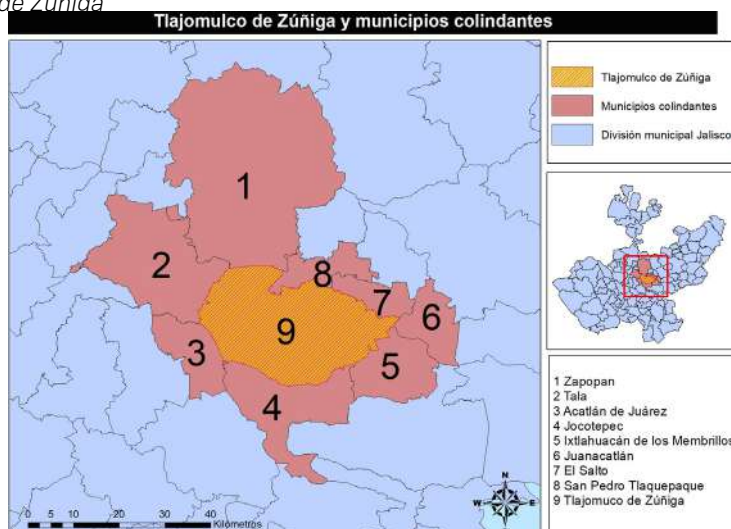
Se observa, entre otros fenómenos, una utilización económica del agua que favorece la producción-exportación de mercancías con altos requerimientos del líquido, la contaminación generalizada, la consolidación del negocio del mercado alterno de agua potable y la sobreexplotación de los acuíferos y fuentes superficiales.

Ante tal realidad, la autoridad federal ha establecido Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA), las cuales se caracterizan por su alto grado de degradación y disfuncionalidad ambiental. El gobierno ha identificado cerca 60 de estas zonas de desastre ambiental¹⁹ entre las cuales figura la cuenca del alto río Santiago, donde se asienta Tlajomulco.²⁰

Tlajomulco de Zúñiga, constituye también uno de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Guadalajara, y por ello, comparte las presiones que una mancha urbana de tal magnitud genera (ver Figura 1). En particular, en el municipio, el agua constituye un factor fundamental de estabilidad debido, entre otros factores, a su particular estructura económica. Según reportes oficiales, más de 50 % de sus 63,693 hectáreas se dedican a la producción agrícola (el usuario más importante del agua) y más de 20 % a la producción pecuaria. 26,162 hectáreas son de uso ejidal y 2,674 son de propiedad comunal (Gobierno municipal de Tlajomulco de Zúñiga, 2023).

19 Otras RESA identificadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) son las cuencas de la Independencia (Guanajuato), del río Tula (Hidalgo y el Estado de México), del río Atoyac (Tlaxcala y Puebla), del Acuífero Libres Oriental (Puebla), del río Coatzacoalcos (Istmo de Tehuantepec y Veracruz) y del río Lerma (Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco).

20 <https://www.angulo7.com.mx/2023/09/04/mexico-60-regiones-con-emergencia-ambiental-la-mitad-en-zona-centro/>

Figura 1*Tlajomulco de Zúñiga*

Fuente: CONABIO, 2019.

Por su parte, por sus implicaciones y condicionantes para la solución de los problemas derivados de la crisis del agua, la estructura social, la persistente pobreza y desigualdad social en el municipio, constituyen importantes obstáculos en la estrategia de recuperación del sistema hídrico.

A continuación, proporcionamos la evaluación que ofrece al respecto la autoridad municipal:

Con relación a los niveles de pobreza, para 2015, según cifras del IIEG (2021) el 32 por ciento de la población se encontraba en situación de pobreza, el 25.5 por ciento era vulnerable por carencias sociales, el 11.5 por ciento era vulnerable por ingresos y el 31 por ciento era no pobre y no vulnerable. Es importante señalar que de 2010 a 2015 disminuyó el porcentaje de la población en pobreza extrema, pasando del 5.8 al 2.1 por ciento, disminución que también se observó en la población que estaba en pobreza moderada, pasando de 33.8 por ciento en 2010 a 30 por ciento en 2015. (Gobierno municipal de Tlajomulco, 2021)

En resumen, podemos considerar que los retos que enfrenta la región para cumplir con las metas formuladas en la estrategia de la ONU, a la mitad del camino, son numerosos y complejos y coinciden plenamente con la evaluación realizada por la CEPAL para todo el continente. Así, en Tlajomulco, como en la mayoría de los gobiernos locales en los países de América Latina, se pueden observar los siguientes fenómenos:

El acceso al agua limpia y saneamiento no es universal en la región, en 2022 el 25 % de la población de América Latina y el Caribe no tenía acceso a agua potable gestionada de manera segura, y un 66% no contaba con saneamiento gestionado de manera segura. El agua se encuentra distribuida desigualmente entre los territorios, con excesos e insuficiencias notables que se reflejan en altos índices de escasez hídrica. El 60 % del agua se pierde por el deterioro de la infraestructura, al tiempo que la región muestra bajos niveles de eficiencia en el uso del agua para satisfacción de necesidades humanas y la generación de valor agregado económico. Por otra parte, solo el 42 % de las aguas residuales son tratadas en la región y se estima que un 25 % de los ríos de América Latina se encuentran afectados por contaminación patógena severa. (CEPAL, 2023, p.35)

En particular, la evaluación realizada por la autoridad federal mexicana con respecto a las reservas de agua en el municipio confirma algunas de las observaciones señaladas por las agencias internacionales. Los reportes señalan la ausencia total de disponibilidad del agua subterránea y baja disponibilidad y calidad del agua superficial (el 30 % de las fuentes superficiales del municipio carece de disponibilidad, pero la totalidad del agua (100 %), se encuentra en calidad de reserva). (Gobierno del Estado de Jalisco, 2023a).

2. El cascabel del gato: El ODS 6 en la práctica municipal

El análisis crítico de las acciones municipales surge del análisis prospectivo.

Acercamiento metodológico.

El análisis prospectivo es una estrategia metodológica recomendada por las Naciones Unidas para evaluar los límites y las perspectivas de las propuestas de política pública para la sustentabilidad. El análisis prospectivo no tiene el objetivo de adivinar el futuro, sino “generar proposiciones sobre procesos para identificar tendencias y acontecimientos claves que puedan desembocar en variaciones esperadas, o no, de la historia reciente” (PNUD, 2017, p.10).

La metodología explora los cambios sociales a través del tiempo, abordando la incertidumbre a través de la elaboración de hipótesis de futuros plausibles, robustas y rigurosas.

Dentro del análisis prospectivo, la construcción de escenarios futuros es una técnica comúnmente utilizada que se caracteriza por introducir una *aproximación sistémica e integral al análisis de anticipación*, y por tomar en cuenta la existencia de múltiples futuros resultantes de la acción humana. Se trata de identificar cuáles son estos futuros posibles, y cuáles de estos futuros posibles son relativamente más probables. Estos futuros posibles y relativamente más probables son los escenarios. (PNUD, 2017, p.11)

En el estudio realizado, se utilizan elementos conceptuales y estratégicos del análisis prospectivo, los cuales, en la medida de las posibilidades, posibilitan una evaluación de la estrategia de gestión de aguas para avanzar en la consecución del ODS 6 de la ONU en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

La estrategia metodológica incluye tres etapas: la elaboración de conceptos, la elaboración proposiciones, como hipótesis y el encuadre de la investigación. De esta manera, el objeto de investigación, las políticas públicas para la sustentabilidad, fue sometido a una comprobación bajo la hipótesis del cumplimiento de las propuestas de los ODS. Con base en lo anterior, se procedió al diseño de la investigación (técnicas de recolección de evidencia, la selección de casos, el tratamiento de los casos y, en especial, los métodos de análisis, PNUD, 2017, p.17) con ayuda de los datos existentes en las instancias acreditadas.

Las etapas de análisis prospectivo incluyeron: la demanda (definición del tema y organización), el diseño (caja de herramientas para la obtención de información), el relevamiento (voz de líderes y expertos), el análisis (construcción de escenarios) y la devolución (retroalimentación), en un ciclo circular (Figura 2).

Figura 2

Etapas del análisis prospectivo



Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de análisis prospectivo para el desarrollo sostenible (2017).

2.1 Resultados

Para abordar el tema, la CEPAL propone cinco acciones estratégicas de política pública: el incremento de la inversión para mejorar la gestión y revertir la contaminación, fortalecer la gobernanza y la institucionalidad para mejorar las capacidades de gestión entre múltiples actores, aplicar el enfoque de economía circular, mejorar el acceso a los datos, y fomentar la innovación tecnológica y organizacional.

Por su parte, el acercamiento metodológico para la implementación de la propuesta Cepalina para la política de aguas en el municipio de Tlajomulco se establece en el Eje 1 del Plan Municipal de desarrollo y gobernanza. En el documento se señala que el objetivo general de la administración consiste en consolidar a Tlajomulco:

como un municipio sustentable y resiliente en el manejo integral del agua considerando su ciclo natural y aprovechando su ubicación y condición geográfica, demostrando que la planeación hidrológica es la principal alternativa ante las condiciones de escasez a las que nos enfrentamos en el AMG.

El gobierno municipal planteó la aplicación de una política integral de manejo del agua que considere cinco acciones estratégicas: “la captación, la potabilización, el abasto, el saneamiento de cuencas y la cultura del agua”. (PMD, 2021, pp.65-74).

Al cotejar las acciones estratégicas propuestas por la CEPAL con las temáticas de la estrategia general del municipio de Tlajomulco, saltan a la vista las limitaciones que caracterizan a la gestión municipal del agua con respecto a las perspectivas holísticas que plantea la CEPAL.

En tanto la iniciativa de los ODS considera el acercamiento sistémico una condición *sine qua non* para desactivar los grandes obstáculos que enfrenta la crisis del agua (mejoramiento institucional, participación ciudadana en la toma de decisiones, accesibilidad de información científica, etc.), la agenda municipal no aborda los aspectos sistémicos y solo se enfoca en aquellos temas que apremian a las autoridades municipales con medidas técnicas y económicas para su solución (accesibilidad, saneamiento y mitigación de riesgos).

La existencia de estas diferencias de enfoque y alcance de la política municipal compromete la evaluación objetiva de la consecución de los ODS. Sin embargo, a la luz de la evidencia podemos apuntar ciertas tendencias.

En la Tabla 1 se describen los objetivos de la ONU, los indicadores propuestos para la evaluación y las acciones de la política pública del municipio de Tlajomulco.

Tabla 1*Agenda 2030 (Objetivo 6) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga²¹*

Metas ONU	Indicadores ONU	Acciones municipales
6.1) Lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.	6.1.1 Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos.	Implementar un plan maestro para la construcción de un macro circuito de plantas potabilizadoras que incluya la segunda etapa de la Planta Potabilizadora Tlajomulco I (El Zapote); una Planta Potabilizadora en Valle Dorado, la cual permitirá gestionar el agua pluvial y potabilizar 300 litros por segundo de aguas crudas; una más en la Zona de la Cabecera Municipal y otra en la Zona de San Sebastián, logrando el abasto de agua suficiente para todo el municipio.
6.2) Lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres, las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.	6.2.1 Proporción de la población que utiliza: a) servicios de saneamiento gestionados sin riesgos y b) instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón.	• Continuar con los procesos de limpieza y saneamiento y no descarga de agua contaminada en la laguna de Cajititlán. • Continuar con la limpieza y desazolve de arroyos, canales y presas. • Sanear los cuerpos de agua de Tlajomulco con la separación de aguas negras y pluviales. • Ampliar la capacidad de la Planta de Tratamiento San Miguel y construir las Plantas de Tratamiento La Calera y El Guayabo. • Replicar el modelo implementado en la Planta de Tratamiento La Noria, para el reúso de agua para riego de áreas verdes y agrícolas.
6.3) Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos y reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar.	6.3.1 Proporción de los flujos de aguas residuales domésticas e industriales tratados de manera adecuada. 6.3.2 Proporción de masas de agua de buena calidad.	Continuar con la limpieza y desazolve de arroyos, canales y presas. Sanear los cuerpos de agua de Tlajomulco con la separación de aguas negras y pluviales.

21 El tema del agua municipal está ausente en la información publicada en la página oficial correspondiente (INEGI, 2023). Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. disponible en (<https://agenda2030.mx/index.html?lang=es#/home>)

6.4) Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce.	6.4.1 Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo. 6.4.2 Nivel de estrés hídrico: Extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles.	• Implementar programas de concientización y campañas sobre la cultura del agua, que incidan en cambios de hábitos en la población con el fin de darle un uso racional al agua.
6.5) Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles.	6.5.1 Grado de gestión integrada de los recursos hídricos. 6.5.2 Proporción de la superficie de cuencas transfronterizas sujetas a arreglos operacionales para la cooperación en materia de aguas.	Gestionar la recuperación de las zonas federales ubicadas alrededor de los cuerpos de agua, con el fin de crear infraestructura para conducir el agua a los depósitos con los que cuenta el municipio.
6.6) Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.	6.6.1 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo.	
6a) Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.	6.a.1 Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados por el gobierno.	
6b) Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.	6.b.1 Proporción de dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y el saneamiento.	• Impartir cursos de capacitación sobre el uso y reúso del agua. • Involucrar a los consejos sociales en la tarea de monitoreo del uso del agua.

Fuente: CEPAL (s.f.); Plan Municipal de Desarrollo (2021).

Reflexiones críticas:

1. El diseño del modelo de evaluación prioriza la explotación de los ecosistemas y sistemas hídricos. La medición del nivel de acceso a agua potable y servicios de saneamiento, de la calidad del agua, el cálculo de la eficiencia de la explotación sobre el cuidado y la restauración pueden generar dinámicas peligrosas en el contexto actual de sobrecontaminación y escasez.
2. El objetivo de acceso a agua potable se reduce a la construcción de infraestructura. Lo deseable sería incluir acciones decisivas para evitar la contaminación.
3. El esfuerzo hacia la eficiencia en el uso de los recursos hídricos se reduce a aspectos de concientización. Podría ser útil la implementación de política públicas normativas y otras herramientas derivadas de la economía.

A la mitad del camino, en los reportes de las organizaciones internacionales se ha reconocido que el avance en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el mundo no ha tenido un impacto significativo en las tendencias hacia la sustentabilidad (Ordóñez, 2023).

La evaluación de la CEPAL así lo considera:

Pasado el punto medio del período 2015-2030, es claro que el proceso hacia el logro de los ODS no avanza al ritmo deseado. Buena parte de los indicadores se encuentran fuera de la trayectoria que permitiría el cumplimiento de las metas en 2030. Una de las razones para ello es la violenta irrupción de la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19), que requirió un gran esfuerzo de los países para atender la emergencia mediante la asignación de recursos financieros y humanos, lo que tuvo un impacto en el avance de la Agenda 2030. Sin embargo, debe reconocerse que la región ya venía mostrando una lenta evolución económica y social desde mediados de la segunda década del siglo XXI: en 2023 se cumplen diez años de crecimiento económico promedio anual del 0,8 %, menor al 2,0 % de la “década perdida” de los años ochenta del siglo XX. Y aunque el crecimiento no es todo, este bajo desempeño económico hace mucho más difícil crear empleo decente, reducir la pobreza, la informalidad y la desigualdad, y financiar las inversiones necesarias para avanzar hacia la consecución de los ODS. (CEPAL, 2023, p.5).

Como se ha mencionado líneas arriba, en el caso mexicano, la estructura de los instrumentos de gestión en las tres escalas de gobierno (lo local, lo estatal y lo federal), no favorece a la aplicación del enfoque integral y sistémico que propone la ONU para la solución del problema del agua. Tal es el caso, por ejemplo, de la primera recomendación de los ODS que apunta a la necesidad de incrementar la inversión en el sector. Como es sabido, tal imperativo no es atribuible a los municipios los cuales, de suyo, presentan importantes limitaciones presupuestales. Estudios demuestran, por ejemplo, que la razón fundamental del abandono de las plantas de tratamiento

en muchas regiones del país es la falta de recursos para su funcionamiento, ya que la reforma constitucional de 1983 que, como se ha mencionado, delegó la responsabilidad de la gestión del agua a los municipios, no incluyó la asignación apropiada de los recursos necesarios para su funcionamiento (Arcudia, 2012).

Sin embargo, y dadas las condiciones de gestión, el abasto de agua al cual se refiere la primera meta de los ODS, ha sido formalmente satisfactorio en el municipio estudiado, ya que, según datos de CONAGUA, el 99.56 % de su población tiene acceso a agua entubada (2020).

Bajo los términos de la información oficial, el “acceso al agua” se refiere, en este caso, a la existencia de la infraestructura urbana en los puntos de destino. Sin embargo, es preciso matizar el indicador ya que, a pesar de este esfuerzo institucional, se ha registrado una mayor incidencia de tandeos²².

En realidad, el acceso universal al agua provisto por la autoridad municipal nos refiere al agua para uso doméstico y no al consumo humano de agua potable. En el municipio, como en la mayor parte del país, el consumo de agua para beber se realiza a través del mercado privado de agua. Los impactos económicos, ecosistémicos y sociales de la existencia de un mercado paralelo privado del agua potable (a través de garrafones y envases pet), su efecto distorsionador en el modelo de gestión pública y su contradicción constitucional es uno de los temas pendientes por resolver en las recomendaciones de los ODS (Torres y Rojas, 2018).

Aparte de la escasez, la principal razón del auge del consumo privado del agua es la desconfianza sobre la calidad del líquido en el sistema de abastecimiento municipal. En este sentido y en seguimiento del segundo ODS referente al “acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos”, se debe reconocer la situación crítica en la que se encuentra el municipio de Tlajomulco de Zúñiga por estar localizado en la región donde se concentra gran parte de las aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara: la presa del Ahogado. Si bien este embalse artificial no se localiza en su totalidad en el territorio municipal, sí constituye un punto importante en la estrategia de gestión y saneamiento del agua de la autoridad.

La contribución del municipio a la contaminación es importante toda vez que, según la CNA, aunque 99.87 % de la población tiene servicio de drenaje, 15 % de las aguas residuales se descargan sin tratamiento en los afluentes de la cuenca propia (INEGI, 2020). Para monitorear la segunda meta de los ODS, sobre al acceso de

²² El Informador <https://www.eloccidental.com.mx/local/tlajomulco-hay-colonias-que-solo-tienen-agua-dos-horas-al-dia-9784019.html>

los servicios de saneamiento, además del índice de acceso a drenaje doméstico se requiere, preferentemente, considerar el programa “Revivamos el río Santiago”, con un presupuesto de \$4,500 millones de pesos. Por ser un programa gestionado por el Gobierno del Estado de Jalisco, no es considerado en un análisis de los alcances y limitaciones de la instancia municipal (Gobierno del Estado de Jalisco, 2023b).

El programa de saneamiento está en curso y, aunque las 13 plantas de tratamiento que contiene están ya instaladas, según los datos oficiales, aún no se percibe un impacto significativo en la calidad del agua.

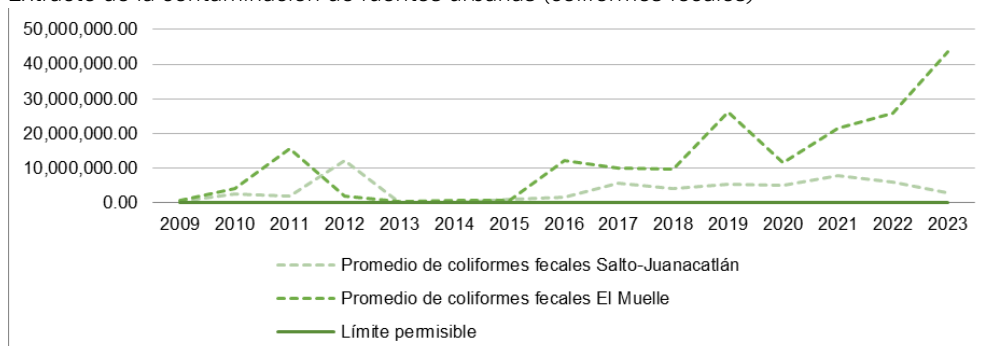
Las estaciones de monitoreo de los alrededores del municipio presentan los siguientes resultados negativos sobre la calidad del agua, para tres tipos relevantes violatorios de la norma oficial mexicana de contaminantes (industrial- plomo; urbano- coliformes fecales; agrícola- fosfatos;) del año 2019 a 2023 (En el caso que se presenta, como en general, la valoración de la contaminación de reservas de agua a través de índice técnicos debe tomarse con prudencia. Por su naturaleza, el análisis del agua constituye uno de los problemas más complejos de las ciencias socioambientales. El diseño de los sistemas, su disposición geográfica, su temporalidad y los espectros analíticos pueden conducir a resultados poco fiables).

Figura 3

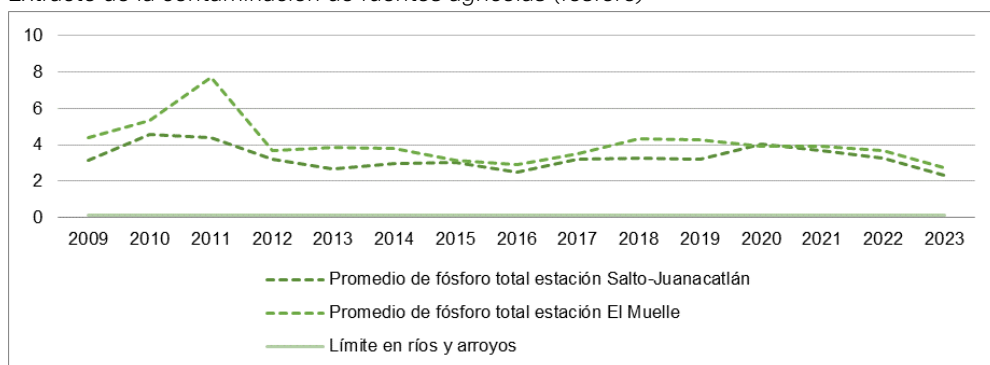
Extracto de la contaminación del agua de fuentes industriales (plomo)



Fuente: Elaboración propia con datos del ICA (2023).

Figura 4*Extracto de la contaminación de fuentes urbanas (coliformes fecales)*

Fuente: Elaboración propia con datos del ICA (2023).

Figura 5*Extracto de la contaminación de fuentes agrícolas (fósforo)*

Fuente: Elaboración propia con datos del ICA (2023).

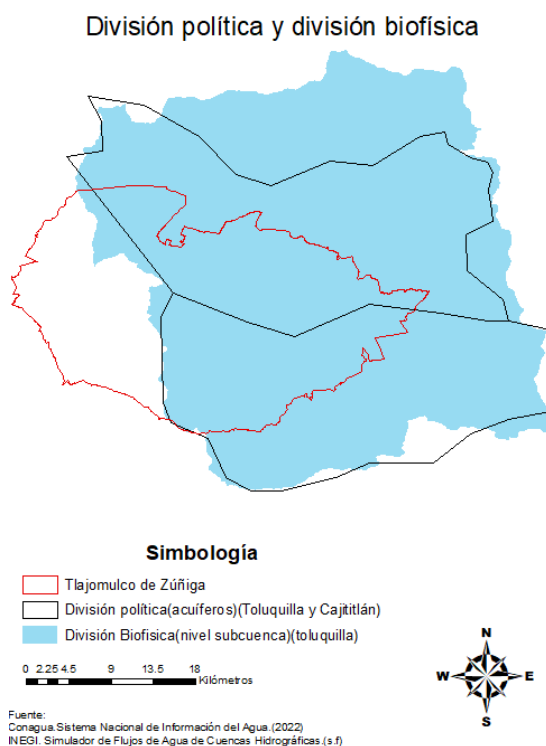
La cuarta meta de los ODS, referente a la eficiencia del uso del agua y a los patrones de extracción, se aborda en las acciones municipales, fundamentalmente a través de las campañas de concientización. No existe, en la batería de políticas públicas, una propuesta específica para incrementar la eficiencia en el uso del agua ni en el control de las extracciones de los acuíferos: la zona de estudio no cuenta con el único instrumento existente a escala federal de control de la explotación de agua subterránea (Comité de Técnico de Aguas Subterráneas o COTAS).

Dada la acelerada dependencia actual y futura de las reservas acuíferas en el subsuelo, para la sustentabilidad y la economía de la zona, la omisión en los estudios

e instrumentos de control y recarga de acuíferos puede ser considerada la mayor debilidad y riesgo de la estrategia municipal en la aplicación de los ODS en el municipio. La delimitación política de los límites hidrogeomorfológicos de los acuíferos (ilustrada en la Figura 6), constituye, a todas luces, un acercamiento erróneo de la realidad sobre la dinámica del agua. La ausencia de una política única en la explotación racional del acuífero de Toluquilla, que se extiende por la región, independientemente de los límites y colindancias políticas superficiales, constituye un factor determinante de la disfuncionalidad del ciclo del agua (Reis, 2014).

Figura 6

Delimitaciones hidrogeomorfológicas del acuífero de Toluquilla y de los “acuíferos subterráneos”, en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga



Fuente: INEGI (s.f.).

Se ha señalado, líneas arriba, que el andamiaje institucional en la gestión del agua impide un acercamiento sistémico del tipo que requiere el manejo integrado de cuencas, como lo sugiere la quinta meta del ODS del agua. La coordinación de los esfuerzos

institucionales en las tres áreas de gobierno se ve entorpecida por las limitaciones que presentan las diversas facultades constitucionales que se le atribuyen al municipio, al estado y a la federación. Por otro lado, la orientación política e ideológica de los diferentes gobiernos se convierte también en un importante obstáculo para el nivel de coordinación requerido para sintonizar las estrategias regionales, económicas y ecológicas que permitan la restauración de los equilibrios en los ciclos y sistemas hídricos.

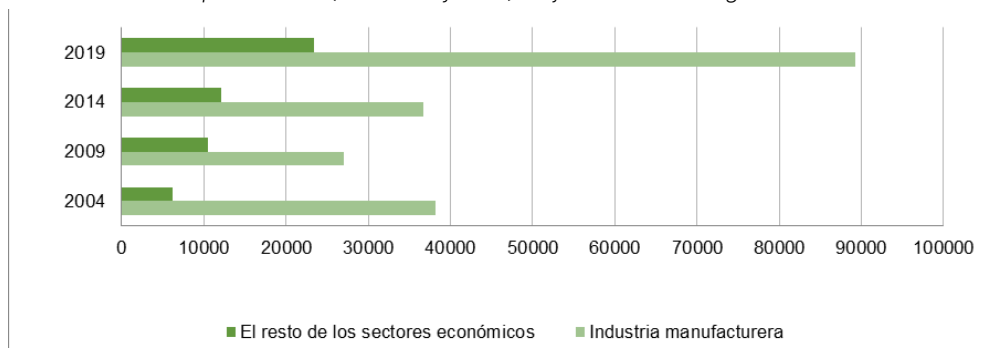
Por lo anterior, en la zona de estudio se observan procesos sociales, económicos y ecológicos que responden a demandas de sectores, regiones e instancias del gobierno y al ritmo de crecimiento de la mancha urbana de la Zona Metropolitana de Guadalajara, pero que van a contrapelo de los ODS.

Lo anterior incluye al menos:

1. Asentamientos irregulares.
2. Modificaciones en los ciclos hidrológicos naturales debido a construcciones (edificios, calles, carreteras, zonas industriales).
3. Erosión del suelo y problemas con la filtración del agua a los acuíferos.
4. Falta de recolección de aguas pluviales o, en su defecto, la unión de estas con los sistemas de drenaje.
5. Tala ilegal de árboles.
6. Cambios de uso de suelo.
7. Sobreexplotación de los recursos naturales.
8. Caso omiso del Ordenamiento Ecológico Territorial.

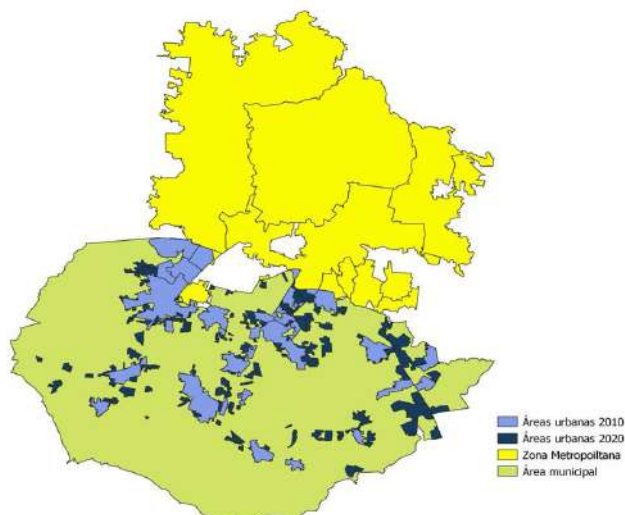
(Ochoa, 2012).

De esta manera, es claro que el principal factor de presión que obstaculiza la consecución de los ODS lo constituye el impacto que tiene, en el municipio, la concentración regional de la actividad económica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. La estrategia económica orientada al mercado exterior, el incremento de la inversión, la producción y las exportaciones han posicionado al municipio en una situación de alta vulnerabilidad hídrica. Lo anterior se debe a que la región estudiada, junto con los municipios aledaños, ha sido designada como el recipiente de la industria maquiladora de alto impacto ambiental y de otras industrias complementarias (Figura 7), y como uno de los destinos centrales de la estrategia metropolitana de saneamiento de agua.

Figura 7*Crecimiento de la producción (industrial y total) Tlajomulco de Zúñiga*

Fuente: IIEG, 2023.

El acelerado crecimiento urbano-industrial, la virtual anexión de la zona urbana del municipio de Tlajomulco de Zúñiga a la Zona Metropolitana de Guadalajara y su papel central en el desempeño de la estrategia de crecimiento económico regional, aunado a la diversidad de intereses en el uso del agua, dificultan la ejecución de una estrategia integrada de recuperación del ciclo hidrosocial señalada en los ODS (ver Figura 8).

Figura 8*Comparativa de áreas urbanas en Tlajomulco de Zúñiga 2010-2020*

Fuente: INEGI, 2020.

Reflexiones finales

A la mitad del camino trazado por los ODS en la conferencia de la cumbre de la Naciones Unidas de 2015, podemos observar que, de acuerdo con los resultados oficiales, los retos para alcanzar condiciones de sustentabilidad siguen presentes. En lo concerniente a la agenda del agua, es claro que el horizonte del acceso universal al líquido en condiciones saludables y con equidad es aún lejano en el planeta en su conjunto. En 2024, según la ONU, 884 millones de personas no tienen acceso al agua potable (ONU-Hábitat, 2021).

Son dos las reflexiones esenciales en relación con las dinámicas socioambientales presentes en la zona de estudio.

Primera: Ante los modestos resultados en la obtención de los objetivos planteados, parece evidente la necesidad de replantear el modelo teórico detrás de la práctica de la política pública. Es necesario reposicionar la recuperación y protección de los sistemas de soporte de vida, supeditando los objetivos de eficiencia y atendiendo los costos sociales del deterioro ambiental.

Segunda: Considerando lo anterior, queda en evidencia el esfuerzo institucional por avanzar en los temas más apremiantes desde la perspectiva de la responsabilidad social municipal, con énfasis en los objetivos 6.1 y 6.2, relativos al acceso al agua potable y al saneamiento.

En lo que respecta a la responsabilidad municipal de Tlajomulco de Zúñiga, el tema del agua sigue estando en la mesa de debate. La discusión sobre el abordaje local de los retos para la sustentabilidad se concentra, por definición, en las instancias comunitarias, donde se lleva a cabo el consumo, la contaminación, la extracción, la deforestación y todos los procesos que están relacionados con el espacio hidrosocial. Según la OCDE (2013), es en la gestión municipal donde se encuentra el problema y la solución. Para esta institución, la gestión efectiva del agua depende de la posibilidad de alinear los intereses y programas en esta escala social (con el objetivo común de aplicar los principios de los ODS), y es, a todas luces, una asignatura pendiente.

La experiencia del municipio de Tlajomulco de Zúñiga en el intento de aplicación de los ODS nos ofrece una serie de enseñanzas y retos. Por un lado, el caso del municipio en cuestión comparte los problemas genéricos que caracterizan al fenómeno en América Latina y otras partes del mundo. Temas como la falta de recursos, la estructura institucional adversa, la diversidad de intereses políticos y la necesidad de una participación ciudadana más activa en el diseño, monitoreo y sanción de los procesos, son ciertamente retos compartidos.

Por otra parte, el caso local, la experiencia municipal en la Agenda 2030 del agua, nos remite a temas particulares de la región, como la necesidad de la revisión del papel del municipio en la estrategia de integración regional al mercado internacional, la integración de una política coordinada interinstitucional, multinivel, de gobernanza del ciclo hidrosocial, orientada a la aplicación de los ODS: el replanteamiento del mercado privado de agua, la evaluación ciudadana de la estrategia de saneamiento del programa “Revivamos el río Santiago” y la instrumentación de una estrategia de gestión del agua subterránea, entre las más importantes. El reto consiste en contribuir a la restauración de los flujos naturales ecológicos del río Santiago y de la protección de sus acuíferos, como precondition para la obtención de los ODS.

El éxito del esfuerzo por cumplir con los ODS en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga dependerá de la capacidad de la sociedad en su conjunto para abordar cada uno de los retos señalados y, así, allanar el camino hacia su consecución en el año 2030.

Referencias

- Ayuntamiento de Tlajomulco. (2021). *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024*. <https://plan.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2022/09/mapa/pdf2021/97.pdf>
- CEPAL. (s.f.). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/ods/6-agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=Objetivo%206%3A%20Garantizar%20la%20disponibilidad,de%20Planificaci%C3%B3n%20para%20el%20Desarrollo>
- CEPAL. (2023). *La Agenda 2030 y los objetivos del desarrollo sostenible*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- Cissé, G. (2021). *Clean water and sanitation*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03897-775-9>
- CONABIO. (2019). *División política estatal 1:250000. Catálogo de metadatos geográficos*. <https://www.gob.mx/conabio>
- CONAGUA. (2020). *Sistema Nacional de Información del Agua*. <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2023a). *Revivamos el Río Santiago*. <https://riosantiago.jalisco.gob.mx/>
- . (2023b). *Revivamos el Río Santiago*. <https://riosantiago.jalisco.gob.mx/>
- Gobierno de México. (2023). *Tlajomulco de Zúñiga, Municipio de Jalisco*. Data México <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/tlajomulco-de-zuniga>

- Gobierno municipal de Tlajomulco de Zúñiga. (2021). *Iniciativa de ordenamiento municipal*. Iniciativa-Plande Desarrollo 20212024-27 abr-2022. pdf(tlajomulco.gob.mx)
- Gobierno municipal de Tlajomulco de Zúñiga. (2023). *Municipio de Tlajomulco de Zúñiga*. <https://tlajomulco.gob.mx/municipio-de-tlajomulco-de-zuniga>
- González, F. y Magaña, V. (2006). *Water and climate in Mexico* [Diapositiva de PowerPoint].
- IIEG. (2023). *Indicadores económicos Tlajomulco de Zúñiga*. https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=19792
- INEGI. (s.f.). *Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siat/
- INEGI. (2020). *Subsistema de Información Geográfica, Medio Ambiente, Ordenamiento Territorial y Urbano*. <https://www.inegi.org.mx/programas/topografia/50000/#descargas>
- INEGI. (2023). *Sistema de Información de los Objetivos del Desarrollo Sostenible*. <https://agenda2030.mx/index.html?lang=es#/home>
- OCDE. (2013). *Evaluaciones de la OCDE sobre el desempeño ambiental: México 2013*. OECD Publishing.
- Ochoa, H. (2012). *Gestión del agua en la periferia urbana: Tlajomulco de Zúñiga*. Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: la metrópoli de Guadalajara (pp.245-282). ITESO. <https://core.ac.uk/download/pdf/47244116.pdf>
- ONU-Hábitat. (22 marzo 2021). *Comprender las dimensiones del problema del agua*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>
- Ordóñez-Ponce, E. (2023). Exploring the Impact of the Sustainable Development Goals on Sustainability Trends. *Sustainability*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/su152416647>
- Spada, A. y Reynoso, D. (2017). *Manual de Análisis Prospectivo para el Desarrollo Sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Reis, N. (2014). Coyotes, Concessions And construction companies: Illegal water markets and legally constructed water scarcity in central Mexico. *Water Alternatives* 7(3): 542-560.
- Torres, S. y Rojas, J. (2018). *La privatización silenciosa del agua: agua embotellada para el consumo doméstico en la ZMG*. V congreso de la RED-ISSA <https://redissa.wordpress.com/mesa-23/>

RETOS, DESAFÍOS, ACCIONES Y ALCANCES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE TLAJOMULCO EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Tadeo Eduardo Hübbe Contreras²³

José de Jesús Iglesias González²⁴

Resumen

Las Universidades juegan un papel relevante y trascendental en la educación sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estas son formadoras de líderes que tomarán decisiones desde una visión crítica para la mitigación del cambio climático. Por ello, el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara se integra a las estrategias que instituciones de educación superior están adoptando a nivel mundial para explorar y analizar de manera crítica los retos y desafíos a causa del cambio climático, la pobreza y la violencia, con el compromiso de fomentar las competencias y valores, generar conocimiento científico y tecnologías, basado en el respeto de los recursos naturales y en la generación de una cultura de paz. En el artículo se presentan las problemáticas, retos, desafíos y acciones desde un enfoque para abordar los ODS desde la Universidad.

Palabras Clave

Sostenibilidad, desarrollo, educación, universidad.

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



23 Doctor por la Universidad de Salamanca y profesor investigador y secretario administrativo del Sistema de Educación Media Superior de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-1818>. Correo electrónico: eduardo.hubbe@academicos.udg.mx

24 Licenciado en Estudios Liberales por la Universidad de Guadalajara y profesor del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: jose.iglesias@cuttlajomulco.udg.mx

Introducción

Actualmente, enfrentamos múltiples crisis a nivel global, dado que estamos sobrepasando los límites planetarios de los diferentes elementos que permiten la funcionalidad en el planeta (Rockstrom & Klum, 2015). Existen algunos límites que ya están en condiciones de peligro, como la pérdida de la biodiversidad y el estrés hídrico, cuyas implicaciones son muy importantes en la dinámica de los ecosistemas; pero también llegan fenómenos como el cambio sobre el uso de suelo o los nuevos y más intensos efectos del cambio climático que estamos viendo cada año.

En ese contexto, las universidades y la educación terciaria enfrentan el desafío de confrontar las problemáticas ambientales desde su propia funcionalidad; encuadrada en sus distintas áreas sustantivas relativas a educación, investigación, vinculación y extensión a través del uso de sus propios recursos pedagógicos, de investigación participación e infraestructura. Combinados de manera innovadora y transdisciplinar, dichos recursos reconceptualizan a los campus universitarios tradicionales, convirtiéndolos en **laboratorios vivos**, definidos como un **conjunto de estrategias que involucran activamente a estudiantes, profesorado, personal administrativo y la comunidad en actividades y proyectos de sustentabilidad** (Fihlo et al., 2020).

Pero los laboratorios vivos no son únicamente estrategias aisladas dentro de las estructuras y acciones alrededor de los propios campus universitarios, sino que intentan abordar y replicar las complejas problemáticas ambientales alrededor de su entorno local –sea metropolitano o rural– sin dejar de lado la perspectiva de la crisis ambiental global que actualmente padecemos como humanidad. El modelo de Red Universitaria de la Universidad de Guadalajara ofrece un amplio y diverso abanico institucional compuesto por 18 campus universitarios –dos de ellos multitemáticos y ocho regionales fuera de la capital del Estado– los cuales ofrecen un alto potencial para la innovación y replicabilidad de intervenciones para mejorar la calidad ambiental.

Asimismo, a nivel nacional, la **Declaración del Medio Ambiente de Guadalajara**, signada por las Instituciones de Educación Superior Públicas de la ANUIES el 14 de Octubre de 2022, plantea cuatro principios rectores: El primer principio de la Declaración recalca la emergencia climática actual y la pérdida de biodiversidad como base de los ecosistemas que sustentan la vida humana, asociados con fenómenos globales, como las epidemias y la contaminación cuya magnitud afectan todas las dimensiones de vida en nuestro planeta.

El resto de los principios rectores de la **Declaración del Medio Ambiente de Guadalajara** establecen la responsabilidad de las universidades en torno al estudio, gene-

ración de evidencia y divulgación científica respecto al cambio climático y las problemáticas ambientales asociadas. Asimismo, se exhorta a las universidades para ser espacios que generen la innovación científica, tecnológica y social para afrontar los retos que implica el cambio climático y hace un llamado en particular sobre la importancia de los recintos educativos (aulas, laboratorios, museos, bibliotecas y jardines botánicos) como espacios que promueven la construcción de ciudadanía y el desarrollo de un hábitat humano sostenible, la transición energética y la biodiversidad.

Por otro lado, las Instituciones de Educación Superior (IES) a nivel nacional participan en diversas plataformas como SDSN. Al interior de sus propios campus y documentos de planeación estratégica, las IES establecen sus propias contribuciones a los ODS y, en algunos casos, también los establecen como marcos de referencia. Los ODS vistos como procesos o como resultados, la construcción de métricas y la implementación de políticas, programas y proyectos alineados con la Agenda 2030 proveen un marco de referencia útil para la atención de problemas públicos y la concatenación entre ellos.

Las universidades, entendidas como laboratorios vivientes (*living labs*) no son ajenas a la aceleración de la acción climática global. Al contrario, son actores desde donde se retroalimenta la acción climática en múltiples arenas dentro y fuera del campus. La acción climática en las universidades en América Latina muestra tendencias de crecimiento significativas en los últimos años en diversos rubros (Berger & Aceves, 2019). Por ello, dada la complejidad organizacional de las universidades, se requiere establecer un marco de referencia para identificar, ordenar y estructurar las áreas de desempeño donde se lleva a cabo la acción climática dentro de las IES, más allá de la docencia. El PIRA es una estrategia basada en proyectos, contextos locales y multidisciplinariedad.

El 11 de febrero de 2021 se aprueba por el Consejo General Universitario la creación del Centro Universitario de Tlajomulco (CUTlajo), que surge a partir de la necesidad de una mayor oferta educativa al sur del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), este se consolida como un Centro Universitario híbrido integrado al nuevo modelo de centros educativos multitemáticos. Respondiendo al Plan de desarrollo institucional 2019-2025 Visión 2030 “Tradición y Cambio” (UDG, 2019), se integra al CUTlajo en un modelo innovador, en la educación para la sostenibilidad.

El CUTlajo nace como una institución transformadora y generadora de desarrollo de la región. Se caracteriza en la formación de profesionistas con pensamiento crítico, con competencias dirigidas al respeto y cuidado del medio ambiente, así como de los derechos humanos, abordando desde un punto de vista transversal los Objetivos de

Desarrollo Sostenible a partir de la conformación de un campus sostenible, donde la comunidad forma parte y realiza acciones contra el cambio climático. Estas acciones están a la vista y alcance de todos y forman a los individuos, no en una clase, sino en su quehacer del día a día (Vega Gómez, 2021).

Los documentos fundacionales del Centro Universitario de Tlajomulco dan cuenta del concepto de confluencias socioterritoriales, entendidas como la combinación de factores problemáticos que convergen simultáneamente en lo ambiental, social y económico y cuya disociación es compleja. Para abordar las problemáticas del espacio urbano-rural donde se ubica la comunidad del CUTlajo, es casi inevitable omitir la conexión que existe con respecto a la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A su vez, el Plan de Desarrollo Institucional de la Universidad de Guadalajara y el Plan de Desarrollo Institucional del Centro Universitario de Tlajomulco, articulan y promueven los ODS de manera transversal dentro de las funciones sustantivas y adjetivas universitarias.

La Agenda 2030 constituye un marco de referencia útil para englobar las acciones dentro del campus universitario, pero también como bisagra o interfase para vincular al campus con las problemáticas de su contexto local bajo un enfoque multidisciplinario, es decir, para la problematización y, en su caso, propuesta de política pública para el municipio de Tlajomulco y las áreas de influencia del sur del Área Metropolitana de Guadalajara. Actualmente, nos encontramos a la mitad del camino del cumplimiento de la Agenda 2030. Sin embargo, también comienzan a construirse escenarios más allá del fin de la década, lo cual se alinea con la perspectiva de largo plazo del Centro Universitario de Tlajomulco.

1. La creación del Centro Universitario de Tlajomulco

En este apartado se pretende hacer referencia a la creación del Centro Universitario de Tlajomulco (CUTlajo); pero, para entender el contexto de su nacimiento se tiene que advertir primero, brevemente, el proceso histórico mediante el cual nace la hoy Universidad de Guadalajara (UdeG). Por ello, se hace notar que el 3 de noviembre de 1792, con la intervención de su fundador Fray Antonio Alcalde y Barriga, obispo de Guadalajara, se inaugura la Real Universidad de Guadalajara, que adopta el modelo de la Universidad de Salamanca e inicia con las cátedras de Medicina, Derecho, Teología y Filosofía. Desde entonces, la Universidad ha sufrido diversos cambios, cierres y rupturas, pasando por las luchas entre gobiernos conservadores y liberales (1826–1860), una guerra de independencia (1810–1821), hasta por una guerra revolucionaria (1910–1925). Estos conflictos no fueron obstáculo para que el 12 de

octubre de 1925, después de uno de sus tantos cierres, se gestara su refundación, para que, a partir de ahí, en 1989 se creara la Red Universitaria de Jalisco, y finalmente, en 1994, el Congreso del Estado de Jalisco aprobara la nueva Ley Orgánica de la que hoy conocemos como la Benemérita Universidad de Guadalajara.

Es en esta Ley Orgánica, entre otros aspectos, que se reconoce a la UdeG autonomía como organismo público y descentralizado del Gobierno del Estado de Jalisco, que adopta un modelo departamental y el sistema de créditos, abandonando de esta manera el modelo tradicional napoleónico. En este sentido, la UdeG se conforma como la Red Universitaria de Jalisco, que ofrece educación media superior y superior en prácticamente todo el estado de Jalisco, a través del Sistema de Educación Media Superior (SEMS) y sus 16 Centros temáticos y regionales²⁵. Esta red se encarga de promover la investigación científica y tecnológica, también de generar la vinculación y extensión para incidir en el desarrollo sustentable e incluyente de la sociedad. Cuenta con un reconocimiento y prestigio global, incluyente, flexible y dinámico promoviendo transformaciones en su entorno inmediato y a su vez siendo una promotora de la movilidad social (Dictamen I/2021/014, 2021; UdeG, 2014).

Por lo anterior, la UdeG ha logrado, a través del tiempo, superar crisis económicas, culturales y sociales, adaptándose a las nuevas dinámicas, riesgos y cambios que la globalización y el modelo económico actual han propiciado en la sociedad contemporánea.

Para lograr enfrentar los retos del futuro, la UdeG se conforma por una comunidad líder, diversa y creativa para coadyuvar al desarrollo sostenible; se apoya en la ciencia y en las humanidades para confirmar su valor público a través de la formación integral y pertinente de sus estudiantes, la innovación, la investigación y la transferencia tecnológica, la vinculación, la extensión (con responsabilidad social) y la difusión de la cultura, mientras asegura una adecuada gobernanza, transparencia y rendición de cuentas a la sociedad. La UdeG, como referente global por su alta calidad y compromiso con la sociedad, es un actor clave en la agenda pública local y nacional (UDG, 2019).

25 1) Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas, 2) Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, 3) Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, 4) Centro Universitario de Ciencias de la Salud, 5) Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, 6) Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 7) Centro Universitario de los Altos, 8) Centro Universitario de La Ciénega, 9) Centro Universitario del Sur, 10) Centro Universitario de la Costa Sur, 11) Centro Universitario de la Costa, 12) Centro Universitario de Los Valles, 13) Centro Universitario del Norte, 14) Centro Universitario de Los Lagos, 15) Centro Universitario de Tonalá y 16) Centro Universitario de Tlajomulco.

La Red Universitaria, como se ha mencionado, además de conformarse por el SEMS, cuenta con los Centros Universitarios que ofrecen cobertura educativa en las regiones del Estado de Jalisco, entre éstos destaca la de más reciente creación: el Centro Universitario de Tlajomulco²⁶.

El CUTlajo nace en medio de una mortal pandemia, de una emergencia sanitaria global provocada por la aparición del coronavirus SARS-CoV-2, causante de la enfermedad COVID-19. En consecuencia, el Centro Universitario fue concebido bajo el concepto de una Universidad innovadora, para enfrentar los nuevos retos globales que dejó en evidencia dicha pandemia; en la que mostró la falta de preparación para esperar lo inesperado, en un mundo que se detuvo por un instante, con una economía deteriorada, con una sociedad que se obligó a recluirse y aislarse. Por ello, se tuvo la necesidad de utilizar nuevas alternativas de comunicación, en el uso de las nuevas tecnologías, para tratar de contener los efectos devastadores del COVID-19, en la economía y, por supuesto, en la cultura y en la educación. En ese sentido, el CUTlajo **se crea para contribuir a los nuevos retos educativos, nuevas tendencias de comunicación y una manera distinta de funcionar atendiendo las necesidades locales y asegurando el desarrollo sostenible**, todo ello alineado con la Agenda 2030.

Es de este modo que, ante la incertidumbre y los nuevos retos que dejó la pandemia, nace la propuesta de un Centro Universitario multitemático e híbrido, bajo un enfoque de *educación para la vida*. Surge a partir de un objetivo: ofrecer educación de calidad en el sur del AMG, en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga²⁷, mediante la propuesta académica traducida en ofrecer carreras afines en las disciplinas científicas relacionadas a las ingenierías, la salud, la administración y las humanidades, para aportar a la solución de problemas que atañen a esta localidad.

El CUTlajo, a partir de su creación el 11 de febrero de 2021, se concibe como un centro de educación superior, que nace e inicia operaciones en medio de la pandemia de COVID-19, que ofrece carreras diseñadas para estar a la altura de la nueva realidad social, y como un modelo a seguir en el que las nuevas tecnologías del aprendizaje serán la apuesta para superar cualquier reto de este mundo globalizado, con sus efectos y riesgos.

26 EL CUTlajo se crea bajo Dictamen I/2021/014, aprobado por el Consejo General Universitario, de 11 de febrero de 2021.

27 De acuerdo con el Dictamen I/2021/014, aprobado por el Consejo General Universitario, de 11 de febrero de 2021, el municipio de Tlajomulco de Zúñiga se encuentra en el Área Metropolitana de Guadalajara, con una extensión territorial de 636.93 km². Con una población en 2015, según la Encuesta Intercensal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de 549 mil 442 personas.

1.1 El modelo educativo. Retos y desafíos

La complejidad del municipio de Tlajomulco de Zúñiga exige que el CUTlajo genere una promoción de acciones sostenibles, desde diversos frentes. Las carentes propuestas de sustentabilidad del municipio han causado una marcada desigualdad social, económica y de oportunidades, incrementando, por ende, la inseguridad y la violencia. Además, entre otros problemas, se detectó la carencia de identidad y sentido de pertenencia entre sus habitantes; el crecimiento desmedido y desproporcionado de desarrollos o fraccionamientos habitacionales en los últimos 20 años, en su mayoría viviendas de interés social y de baja calidad; la insuficiente planeación urbanística que provocó la falta de servicios básicos (agua potable, transporte público, drenaje y alcantarillados, espacios educativos, deportivos y de salud), que garanticen un equilibrio y desarrollo social en el municipio.

La creación del CUTlajo se justifica para enfrentar los retos y desafíos regionales: la sobreexplotación de los recursos naturales, el crecimiento urbano desordenado y carente de sustentabilidad, la insuficiencia de infraestructura pública de calidad que atienda los servicios básicos, la contaminación ambiental que provoca la industria y la deforestación dañan el patrimonio natural de la región, la flora y la fauna, la laguna de Cajititlán y la cuenca del Ahogado, el bosque de La Primavera y la zona de Cerro Viejo, así como la calidad del aire que se respira.

El CUTlajo surge en un panorama complejo, en el que su modelo educativo está diseñado para aprovechar el potencial regional y solucionar los problemas locales desde una visión global. El cambio climático, la recesión económica y las diversas problemáticas sociopolíticas se desarrollan a ritmos acelerados, en los cuales, como individuos, se tiene que entrar en un proceso de resiliencia; en este sentido, el CUTlajo es el primer campus educativo que opera y se desarrolla en un panorama de cambio continuo obligado a adaptarse a la dinámica del cambio climático, entre otros panoramas catastróficos.

El modelo educativo del CUTlajo se integró con las recomendaciones de organismos internacionales (UNESCO²⁸, por ejemplo), sugerencias de funcionarios públicos, expertos y líderes académicos²⁹; generando una propuesta para la “*educación para la vida*”, que se entenderá bajo un sentido de convivencia social y respeto con su medio

28 Para la creación de CUTlajo, se consideró en su dictamen I/2021/014, que: “El conocimiento y el aprendizaje han sido declarados por la UNESCO como los mayores recursos renovables para la sostenibilidad de la humanidad y del planeta. Con la iniciativa ‘Los futuros de la educación’ se abre el debate sobre la responsabilidad de la comunidad educativa internacional en la toma de decisiones afirmativas respecto a los temas cruciales que den forma a los mejores futuros posibles en un entorno de aceleración del cambio climático, inteligencia artificial y biotecnología, aumento a la exclusión y la fragmentación” (<https://es.unesco.org/futuroseducation/>).

29 Foro sobre modelo educativo CUTlajo (<https://www.facebook.com/watch/?v=807067430096144>)

ambiente; enfatizando el desarrollo de habilidades y valores aplicados al pensamiento científico para que generen en los futuros profesionistas un pensamiento crítico. Se contempla la transversalidad de las humanidades permitiendo responder a los problemas de manera crítica (Dictamen I/2021/014, 2021).

El Centro Universitario obedece a una responsabilidad social, que se entiende como el deber de una institución o empresa de no dañar a la sociedad (Martí Noguera, Martí-Vilar y Almerich, 2014). Por eso, el CUTlajo en sus operaciones diarias, velará por el bienestar de la sociedad y tendrá en cuenta cómo sus acciones podrían afectarla en su conjunto (Moneva y Vallespín, 2012). Estas acciones jugarán un papel importante en la educación, investigación, formación de políticas y en el intercambio de información. Acciones generadoras de conocimiento, lo que propicia una transformación continua de parámetros, teorías y concepciones de profesionistas (Iglesias, 2018).

El modelo educativo tiene estrecha relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible³⁰ (ODS), pues de acuerdo con el Plan de desarrollo institucional 2019-2025 Visión 2030 “Tradición y Cambio” (UDG, 2019) de la UdeG, la promoción y generación de mecanismos para el cumplimiento de los ODS, dentro de la planeación universitaria, permitirá:

- Asegurar el acceso igualitario de todas las personas a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria.
- Aumentar el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.
- Eliminar las disparidades de género en la educación y garantizar el acceso igualitario en todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional para las personas vulnerables, incluidas aquellas con discapacidades, los pueblos indígenas y los niños en situaciones de vulnerabilidad.

Garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas, mediante la educación para el desarrollo sostenible, los derechos humanos, la igualdad entre los géneros, la promoción de una cultura de paz y la no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible, entre otros medios.

30 Los ODS refieren principalmente a una serie de temáticas en torno a la pobreza, alimentación, salud y educación integral con un enfoque de igualdad y sostenibilidad. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Además, la aplicación de las medidas establecidas en las ODS abonan para ayudar a mitigar o disminuir los impactos ambientales, que son el deber de la comunidad universitaria, no solo para ser aplicados en los recintos universitarios, sino también en su comunidad o región en la que se ubican (Faham et al., 2017; Ull Solís, 2014; Vega Gómez, 2021), partiendo de la promoción de la sostenibilidad desde sus cuatro dimensiones: ecología, sociedad, cultura y economía, según la UNESCO Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible (Iglesias, 2018).

Para el modelo educativo del CUTlajo, destaca el desarrollo económico y social, pensando en el equilibrio sostenible del medio ambiente. De acuerdo con el Dictamen I/2021/014, la educación superior contribuye en gran medida a mitigar los grandes problemas de la humanidad, plasmados en las ODS, como la creación de ciudades y comunidades sostenibles; reducción de las desigualdades; industria, innovación e infraestructura; igualdad de género; salud y bienestar y educación de calidad.

El CUTlajo, que forma parte de la Red Universitaria de la UdeG, es un Centro Universitario multitemático, híbrido y su oferta académica abarca diferentes áreas del conocimiento de larga tradición, así como innovadoras, entorno a las ciencias de la salud; ciencias sociales y humanas; ingenierías e innovación tecnológica; ciencias económicas. Con esto se busca brindar beneficios académicos y culturales para mejorar la calidad de vida de la población, además de promover un modelo basando en los ODS, fomentando un sentido de conciencia sobre la importancia del entorno al cambio climático.

La primera etapa de diagnóstico se trabaja a partir de una propuesta de identificación de ODS, en el ámbito de la enseñanza universitaria, para poner en marcha la implementación y comunicación a partir de los siguientes puntos (SDSN Australia / Pacífico, 2017). A partir de la consolidación de estas dos etapas, el Centro Universitario de Tlajomulco se encontrará en condiciones para conseguir acreditaciones por parte de las autoridades pertinentes y consolidarnos como un campus socialmente responsable con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDSN Australia / Pacífico, 2017).

2. El Programa Integral de Regeneración Ambiental

El Programa Integral de Regeneración Ambiental –en adelante PIRA– del Centro Universitario de Tlajomulco tiene como objetivo estratégico *reducir el impacto ambiental de la actividad universitaria de CUTlajo e influir en el entorno urbano, rural, comunitario y ambiental adyacente través de estrategias y proyectos de desarrollo sustentable basadas en investigación, vinculación y desarrollo de proyectos multidisciplinarios*. En

su proceso de construcción, se identificaron diferentes elementos dentro del contexto de Tlajomulco de Zúñiga, así como al interior del Centro Universitario que sirvieron como diagnóstico para definir cinco líneas de intervención principales: Gestión Integral del Agua, Acción por el Clima y Calidad del Aire, Gestión Integral de Residuos, Manejo del paisaje y biodiversidad, así como Academia y Medio Ambiente. Cada una de estas líneas de intervención parte de un análisis de sus problemáticas y alternativas, así como una serie de indicadores alineados a metodologías nacionales e internacionales en innovación, impactos y en el futuro de la gestión medioambiental en las instituciones de Educación Superior. Cada línea cuenta a su vez con un subconjunto de temáticas que, aunque son independientes por su relevancia, abonan al objetivo general de la intervención.

De este modo, la lucha contra la desertificación, que forma parte del ODS 15, es relevante para revertir la degradación de las tierras y aumentar la biodiversidad en la región. Por ello, en el CUTlajo se trabaja en acciones, enmarcadas en proyectos denominados: “Sendero Comunitario”, “Transición energética”, “Ordenamiento de arbolado/Arboreto” y “Pinta verde, forestación permanente”, los cuales tienen como común denominador el plantado, cuidado, control y reproducción de especies de árboles, preferentemente endémicas, que a su vez permite un uso inteligente y eficiente del agua, al ser especies que por ser propias de la zona fácilmente se adaptan a las condiciones de la tierra, lo que a su vez, permite que más especies de animales, como las aves, encuentren en estos espacios un refugio.

Tabla 1

Especies plantadas en el CUTlajo

Nombre científico	Nombre común
<i>Hibiscus elatus</i>	Majaguas
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata de vaca
<i>Pinus devoniana</i>	Pino Michoacano
<i>Pinus douglasiana</i>	Pino Duglaciano
<i>Laburnum anagyroides</i>	Lluvia de oro
<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Primavera
<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada
<i>Psidium cattleianum</i>	Guayaba fresa
<i>Myrtaceae</i> Juss.	Guayaba piña
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda

<i>Delonix regia</i>	Tabachín
<i>Olea europaea</i>	Olivo
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Eucalipto
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite
<i>Punica granatum</i>	Granado
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Tabachín enano

Fuente: Elaboración propia.

2.1 Gestión integral del agua

Ahora bien, se entiende que la sostenibilidad del CUTlajo, así como del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, depende sin duda alguna de los recursos hídricos, y es por ello que las características naturales y sociales del municipio, de acuerdo con Ochoa-García (2012), muestran señales de factibilidad, donde el principal reto para abonar al ODS 6 consiste en establecer como prioridad una política del agua que aporte soluciones a la problemática de escasez y la falta de saneamiento elevando la calidad del servicio para garantizar sus sostenibilidad, proveyendo agua segura avanzando hacia una gestión integral de los recursos hídricos.

Para esto, el CUTlajo apostó en la construcción de una planta de tratamiento de agua, basada en procesos biogeoquímicos, que replica las funciones ecosistémicas de un “humedal”, que se define como una infraestructura que contiene un ecosistema semicontrolado diseñado para manipular los procesos biológicos dentro de un entorno natural (Delgadillo et al., 2010). Las ventajas de este modelo de tratamiento de agua son beneficiosas al tener actividades de operación y mantenimiento simple, es rentable y energéticamente eficiente, a su vez proporciona un hábitat de vida silvestre en el área urbana, en este caso al campus universitario le agrega un valor estético. Este proyecto pretende tratar las aguas residuales generadas por la presencia de 1,990 alumnos, 90 trabajadores y 25 administrativos que, de acuerdo con datos de la empresa universitaria UNITERRA, genera un caudal aproximado de 0.05 litros por segundo, dando un total de 2.7 m³. La proyección final prevé funcionar con un caudal de 1.76 litros por segundo, atendiendo la necesidad de una comunidad universitaria de 21,000 personas.

Con el crecimiento exponencial del Centro Universitario, también se incrementan las necesidades y el tratamiento de agua no es la única problemática; como ya se mencionó, el CUTlajo es un espacio donde convergerán grandes cantidades de personas y conforme aumente la matrícula, con ella aumenta la demanda de recolección de residuos sólidos urbanos. Esto trae consigo problemáticas de espacios donde estos puedan ser vertidos. Por ello, se busca generar instrumentos que fomenten una cultura de sensibilización y valorización para garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, de conformidad con el ODS 12.

2.2 Gestión integral de residuos y economía circular

Bajo este orden de ideas, el marco normativo aplicable se fundamenta en lo establecido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), así como en sus reglamentos. Del mismo modo, estas acciones estarán sujetas a los lineamientos establecidos en las leyes estatales y municipales en materia de residuos, acatando las actualizaciones y las políticas de la UdeG.

Los residuos sólidos los podemos agrupar en tres grupos: 1) residuos sólidos urbanos (RSU), 2) residuos de manejo especial (RME) y 3) residuos peligrosos (RP). De acuerdo con la LGPGIR, se deben proponer instrumentos de las Políticas de Prevención y Gestión Integral de Residuos que contienen un diagnóstico básico, así como las necesidades y la problemática alrededor de todo el sistema de manejo integral de residuos. La normatividad en materia de residuos incluye las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Los RSU son los que se generan en las casas, como resultado de la eliminación de materiales que se utilizan en las actividades domésticas cotidianas. En el caso del CUTlajo, es responsable de realizar un manejo sostenible de residuos; debido que los RME son los generados en los procesos productivos que no pueden considerarse peligrosos, y son productores de grandes cantidades (más de 10 toneladas anuales) su manejo y control es competencia del Gobierno estatal y de las empresas e instituciones generadoras. En el CUTlajo, se realizó la separación de residuos sólidos urbanos, de acuerdo con lo enmarcado en la NAE-007-SEMADES-2008, además, se realizó una separación secundaria aplicada a residuos con potencial valorizable.

Por otro lado, actividades propias de los laboratorios y el mantenimiento continuo de las instalaciones genera los RP, los cuales son los materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido, o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos y que pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final. Estos

son competencia del CUTlajo, los cuales pueden ser generados en laboratorios de investigación, docencia y actividades de mantenimiento que generen RP.

Si bien es cierto, los recursos hídricos y el manejo integral de residuos son indispensables para el óptimo desarrollo de una comunidad, el sector energético también representa una fuente indispensable de insumos primarios para todas las actividades económicas y necesarias también para llevar a cabo la mayor parte de las actividades sociales, desde la educación hasta el esparcimiento de la población (SEMAR-NAT, 2002). Prácticamente, toda actividad administrativa y operativa trae consigo un costo ambiental; por ello, la importancia de implementar modelos de sostenibilidad energética dentro del CUTlajo. Para lograr abordar el ODS 7, en términos de energía asequible y limpia, se debe permitir la vinculación entre la tecnología y el consumo de energía eléctrica. Este representa un reto para el CUTlajo, donde las carreras afines a las ingenierías ofertadas podrán detonar cambios significativos para implementar tecnologías limpias y asequibles. Por otro lado, al ser un Centro Universitario de nueva creación, se construyen edificios proyectados con este tipo de tecnologías. Aquellos edificios ya existentes, heredados por la Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara³¹ (UPZMG), se proyecta una modernización de instalaciones, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética.

A partir de esto, el CUTlajo propuso la migración a tecnologías amigables con la colocación de celdas fotovoltaicas en luminaria exterior, así como la elaboración de un proyecto para la actualización de tecnologías como lo son la instalación de sensores de movimiento para el apagado y encendido de la luz, hasta la remodelación de espacios para el aprovechamiento de la luz natural, y de esta forma disminuir el consumo energético, generando así un ahorro tanto económico como en emisiones de CO₂.

2.3 Ambientalización del currículo

Finalmente, para abonar al ODS 16, promoción de sociedades justas, pacíficas e inclusivas, en la búsqueda de impactar de manera directa en su entorno, en materia de cultura y construcción de paz, el CUTlajo creó y oferta la licenciatura en Construcción de la Paz y la Seguridad, de modalidad híbrida, que tiene como objetivo formar profesionistas especializados en la construcción de la paz, en los derechos humanos, la no violencia y sus formas alternas de solución de conflictos, así como en la búsqueda de la paz, que puedan dar soluciones a problemas reales y tangibles.

31 Se advierte del Dictamen I/2021/014, que la Universidad de Guadalajara y la UPZMG suscribieron un convenio, con fecha 25 de marzo de 2020, con el objeto de beneficiar a la comunidad del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, en cuanto a una mayor oferta académica y cobertura educativa. Posteriormente, el Congreso del Estado autorizó a la UPZMG a donar fracciones de diversos terrenos a favor de la UdeG, mediante Decreto 27934/LXII/20, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco, el 23 de julio de 2020.

2.4 Sistema de monitoreo y evaluación

El Programa Integral de Regeneración Ambiental (PIRA) se alinea parcialmente con la metodología *GreenMetric*, utilizada a nivel global con participación de más de 800 universidades, y en la Red Universidad de Guadalajara desde el año 2020.

Si bien es cierto que existe coincidencia de la mayoría de los indicadores *GreenMetric* con respecto a los objetivos estratégicos del PIRA, el Centro Universitario de Tlajomulco deberá tener su propia batería de indicadores en función de aspectos y problemáticas contextuales explicados por variables geográficas, socioambientales y propios del modelo educativo. A continuación, se presenta la batería de indicadores de desempeño obtenida por la Red Universitaria en la más reciente evaluación. Posteriormente, se desarrolla la adaptación de *GreenMetric* a los objetivos estratégicos del PIRA. En esencia, los indicadores y objetivos estratégicos del PIRA abonan directamente a las métricas del *GreenMetric*. Lo contrario no sería necesariamente cierto y se corre el riesgo de omitir aspectos contextuales de gran relevancia y riqueza.

De acuerdo con el *Green Index*, la Universidad de Guadalajara muestra diversos niveles de desempeño en seis categorías. Existen dos interpretaciones: i) El peso relativo que guarda cada categoría como porcentaje del total y ii) el porcentaje de desempeño de cada categoría medida por la puntuación obtenida/ la puntuación total. En promedio, las mayores áreas de oportunidad al interior de la Universidad se ubican en entorno e infraestructura, agua y residuos.

Tabla 2

Desempeño promedio de la Red Universidad de Guadalajara en la Metodología GreenMetric

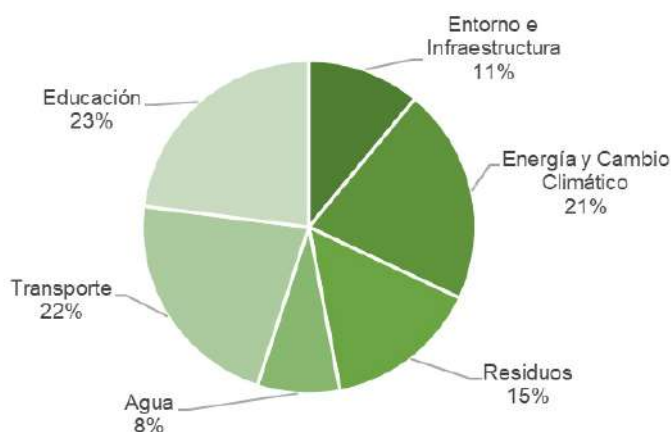
Categoría	Puntos	Porcentaje de puntos respecto a la puntuación total	Punto máximo	Porcentaje de punto a punto máximo
Entorno e Infraestructura (EI)	700	11 %	1,500	46.67 %
Energía y Cambio Climático (EC)	1,275	21 %	2,100	60.71 %
Residuos (RS)	900	15 %	1,800	50.00 %
Agua (A)	500	8 %	1,000	50.00 %
Transporte (TR)	1,350	22 %	1,800	75.00 %
Educación (ED)	1,425	23 %	1,800	79.17 %
Puntaje total	6,150	100 %	10,000	61.50 %

Fuente: Coordinación General de Servicios Administrativos e Infraestructura Tecnológica disponible en <https://cgsait.udg.mx/>.

El Green Index presenta seis categorías de intervención, cada una con sus respectivos puntajes, distribuciones y ponderaciones relativas. Es importante considerar las categorías como *benchmark*, sin embargo, igualmente importante es establecer indicadores propios basados en el contexto de CUTlajo, considerando sus propias ventajas comparativas y áreas de oportunidad. En ese sentido, en el presente anexo se presentan los indicadores tradicionales o *mainstream* del Green Index, los cuales se complementan y combinan con indicadores basados en el contexto que hagan sentido metodológico y de intervención para el Centro Universitario de Tlajomulco.

Figura 1

Puntuación general



Fuente: Coordinación General de Servicios Administrativos e Infraestructura Tecnológica disponible en <https://cgsait.udg.mx/>.

Conclusiones

En conclusión, el CUTlajo tiene una relación entre la responsabilidad social y las competencias de desarrollo sostenible, que, a partir del desarrollo de las etapas de trabajo, abonará a los ODS un enfoque ético y responsable.

El CUTlajo, bajo el seguimiento del Plan de Desarrollo Institucional, busca incidir de manera directa en su entorno, el cual, por la celeridad del mismo, necesita soluciones tangibles que generen un cambio en su entorno inmediato y sea factor de cambio al sur de la AMG.

Referencias

- Cruz Solís, H., Jiménez Huerta, E. R., Palomar Anguas, M. del P., y Corona Medina, J. P. (2008). LA EXPANSIÓN METROPOLITANA DE GUADALAJARA EN EL MUNICIPIO DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA (MÉXICO). 14(Enero 2021), 223–234.
- Dictamen núm. I/2021/014, (2021). Universidad de Guadalajara.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Luis, Pérez, F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*.
- Faham, E., Rezvanfar, A., Movahed Mohammadi, S. H., y Rajabi Nohooji, M. (2017). Using system dynamics to develop education for sustainable development in higher education with the emphasis on the sustainability competencies of students. *Technological Forecasting and Social Change*, 123, 307–326.
- Iglesias, J. d. J. (2018). *Impacto de la educación para la sustentabilidad en estudiantes de Centro Universitario de Tonalá*. Universidad de Guadalajara, México.
- Martí Noguera, J. J., Martí-Vilar, M., y Almerich, G. (2014). Responsabilidad social universitaria: influencia de valores y empatía en la autoatribución de comportamientos socialmente responsables. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 46(3), 160-168.
- Moneva, A. J. M., y Vallespín, E. M. (2012). Universidad y desarrollo sostenible Análisis de la rendición de cuentas de las universidades públicas desde un enfoque de responsabilidad social. *Revista iberoamericana de contabilidad de gestión*, 19, 1-18.
- Ochoa-García, H. (2012). Gestión del agua en la periferia urbana: Tlajomulco de Zúñiga. *Gobernanza y Gestión Del Agua En El Occidente de México: La Metrópoli de Guadalajara*, 245–282.
- Padilla López, R., Acosta Silva, A., Padilla Muñoz, R., Andrade Villanueva, J., Muñoz Valle, J. F., Santana, E., Padilla Montes, G., Monzón, C., Pérez Cisneros, M., Avilés González, O., & Leticia, L. M. (s.f.). *EDUCACIÓN PARA LA VIDA MODELO EDUCATIVO*. Recuperado el 4 de septiembre de 2022, a partir de http://www.cutlajomulco.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/modelo-educativo_cutlajo_ejecutivo.pdf.
- SEMARNAT. (2002). *Energía y Minería*. https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/02dim_economica/02_06_Energia_mineria/index.htm
- The Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Australia / Pacífico. (2017). *Cómo empezar con los ODS en las universidades. Edición en español. Una guía para las universidades, los centros de educación superior y el sector académico*. Andrew Wilks. <https://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2017/02/Guia-ODS-Universidades-1800301-WEB.pdf>.

- Tejeda, P. G., y Manjarrez, P. L. (2021). Perception of the agroecological socio-environmental landscape: Outlines for human development in Tlajomulco de Zúñiga Jalisco, Mexico. *Urbe*, 13, 1–20. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20210083>.
- UDG (2019). *Plan de desarrollo institucional 2019-2025 Visión 2030 “Tradición y Cambio”*. Universidad de Guadalajara.
- Ull Solís, M. Á. (2014). Competencias para la sostenibilidad y competencias en educación para la sostenibilidad en la educación superior. ERI de Estudios de Sostenibilidad. *Universitat de València.*, 14(3).
- Universidad de Guadalajara. (2014). *Historia. V. La Red Universitaria de Jalisco, 1989 – Actualidad*. <https://www.udg.mx/nuestra/presentacion/historia/periodos/periodo-v>
- Vega Gómez, C. J. (2021). *La educación sustentable por medio de acciones en algunas universidades españolas y su comparación con el Centro Universitario de Tonalá*. In P. E. S. de C. V (Ed.), *El Poder de la Sustentabilidad* (1st ed., pp. 137–160).

POLÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL PAISAJE AGROECOLÓGICO: ESTRATEGIA HAMBRE CERO

Paloma Gallegos Tejeda³²

Pedro Lina Manjarrez³³

Resumen

A partir de la urbanización que se ha manifestado de manera acelerada en las dos últimas décadas, con los procesos inmobiliarios, además de la consolidación de la agroindustria en Tlajomulco, se vulneran los sistemas alimentarios de los agricultores. Ante este panorama, los sistemas alimentarios se refuerzan con la búsqueda de alcanzar el Objetivo de Hambre cero de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), ya que se observa que el proceso de periurbanización del Área Metropolitana de Guadalajara, ha ejercido una profunda transformación del paisaje agrícola del territorio rural conurbado de Tlajomulco. Esto, hace que la producción agrícola tradicional tienda a desaparecer, afectando al importante abastecimiento de la metrópoli de Guadalajara y al estado de Jalisco. Es a través de visitas de campo y de una investigación exploratoria documental de la normativa y políticas territoriales en los distintos niveles de gobierno que vislumbra un marco regulatorio para operar procesos con potencial a impulsar y apoyar la creación y establecimiento del paisaje agroecológico como estrategia para trazar alternativas hacia la soberanía alimentaria, en aspectos de acceso y disponibilidad de alimentos. La discusión que se plantea es saber sobre la presencia del paisaje agroecológico en la reformulación del camino hacia la soberanía alimentaria desde una perspectiva de expansión y replicabilidad ante el panorama del deterioro ambiental que se observa en el territorio. Así, se observa la posibilidad de la regeneración del suelo, la cosecha del agua, el resguardo de las semillas nativas, los alimentos y los saberes locales sobre las plantas comestibles para el desarrollo humano de Tlajomulco. El objetivo del presente trabajo es visualizar la presencia del paisaje agrícola ecológico susceptible a identificar como patrimonio agroalimentario que contribuya en las dimensiones de la seguridad alimentaria como alternativa para alcanzar el ODS Hambre cero.

32 Doctora en Ciencias de la Conservación del Patrimonio Paisajístico y profesora investigadora en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2126-6716>. Correo electrónico: paloma.gallegos@cutlajomulco.udg.mx

33 Doctor en Estudios Urbanos y profesor investigador del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIIEMAD-IPN). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6532-9374>. Correo electrónico: linapedro@hotmail.com

Palabras clave

Paisaje agroecológico, patrimonio agroalimentario, políticas agroalimentarias y Hambre cero.

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



b) Complementarios



Introducción

El proceso de conurbación en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, hace que el paisaje rural agrícola se transforme en un paisaje periurbano del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), constituido por unidades habitacionales que contrastan con la actividad agroalimentaria realizada en las amplias parcelas, pequeños huertos de productos hortícolas y plantas medicinales para autoconsumo que, persisten a pesar de la presión urbana.

El territorio del paisaje agrícola enfrenta la presión constante de cambios de uso de suelo (Agricultura, 2018), que en Tlajomulco se muestra por: intereses inmobiliarios, que se multiplican desde hace dos décadas con el crecimiento poblacional; el arraigo de la agricultura convencional, con la proliferación de cultivos de agave y otros monocultivos, sitúa en riesgo las zonas agrícolas, en áreas verdes y sus áreas naturales protegidas (ANP). Esto se refleja en la zona que es reconocida como rural tradicional y que aceleradamente se urbaniza, como “Cajititlán – Cerro Viejo”.

Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2019), en la mayoría de las regiones de América Latina, menos del 40 % de los niños/as alcanzaba la diversidad dietética mínima, con marcadas disparidades según lugar de residencia (urbano/ rural) y riqueza. Al respecto, Ortale (2020), explica la factibilidad para alcanzar el objetivo de Hambre cero, ya que los esfuerzos se deben dirigir al acceso y la disponibilidad de los alimentos. Es decir, asegurar los ingresos en los hogares

y mantener los precios de alimentos de buena calidad. Agrega que el plan para operar acciones para alcanzar el objetivo de Hambre cero debe abarcar: “fortalecer la economía popular, el cooperativismo, la agricultura familiar, y promover por su intermedio los mercados y las redes locales de comercialización, con precios justos, sin intermediarios” (Ortale, 2020, p.8).

Si bien la actuación de los diversos actores sociales es variada en su impacto sobre el paisaje agrícola. Al respecto, desarrollar un concepto con enfoque interdisciplinario de la actividad agrícola y alimentaria, desde la armonía y el respeto con el entorno, permitirá proponer iniciativas que preserven los sistemas alimentarios locales orientados al autoconsumo y al desarrollo comunitario. En esencia, esto conduce a la creación de una estrategia de conservación del paisaje productivo agroecológico que tenga en cuenta los conocimientos biológicos, geográficos y de ciencias sociales, así como las herramientas que regulan esta interacción, en consonancia con los ODS.

En este contexto, lo que se pretende en el presente estudio es reconocer los elementos paisajísticos factibles de replicar de los aspectos de la agricultura que se encaminan hacia la agricultura agroecológica, factibles de desarrollar en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. Para lograrlo, se avanza en la comprensión de la relación entre paisaje, agricultura, alimentación y regeneración. De este modo, definimos el paisaje agroalimentario como:

... la configuración de un lugar en el que se visualiza el cultivo de la tierra para producir plantas que ofrezcan frutos para el alimento de las personas o poblaciones o comunidades y que, caracteriza una cultura propia social, ambiental y económica. (Lina y Gallegos, 2018)

Esta perspectiva da lugar a tres elementos clave en los que se manifiesta la soberanía alimentaria como parte del paisaje, contribuyendo así al ODS de Hambre cero: 1. Paisaje de conservación de suelo y cosecha de agua con técnicas agroecológicas, 2. Dialéctica del paisaje agroecológico y 3. Saberes campesinos.

1. Método

El proceso de observación y análisis comenzó con una revisión documental de las categorías que integran al paisaje, agricultura, alimentación, política y sustentabilidad. Con base en el método de investigación acción participativa que encamina la observación participante centrada en el interés epistemológico de la transformación del entorno en conjunto con la comunidad (Vargas, 2015).

Así, en la presente investigación se tiene un proceso de seis momentos: 1) investigación documental; 2) observación participante; 3) aplicación de instrumentos de recolección, apreciación y percepción del paisaje; 4) promoción de técnicas agroecológicas para la operacionalización de la conservación, es decir, ver como una unidad de interacción el paisaje rural, urbano y agrícola; 5) sistematización de la información; e 6) interpretación del contenido.

1.1 Área de estudio

Tlajomulco de Zúñiga, municipio conurbado en el sur del Área Metropolitana de Guadalajara. Con una morfología de superficie plana y ligeramente deformada, pequeños cerros y colinas, se extiende en una superficie de 636.93 kilómetros cuadrados y una población de 727,750 habitantes (IIEG, 2020). Su colindancia es: al norte, con los municipios de Zapopan, Tlaquepaque y el Salto; al este, con Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos; al oeste, con Acatlán de Juárez y Tala; al sur, con Jocotepec y Chapala. (Figura 1).

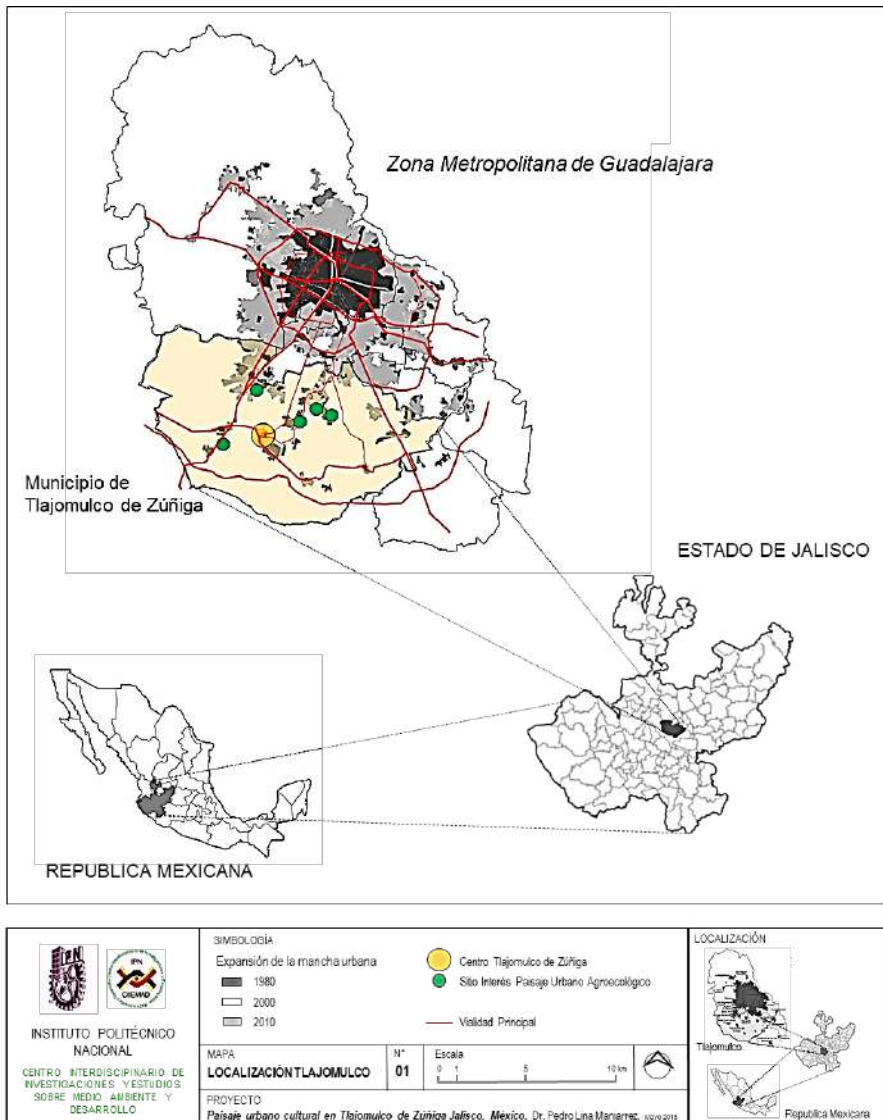
El crecimiento anual de Tlajomulco es de una tasa del 4.5 %, esto quiere decir que, para el año 2030, la población será de aproximadamente 1,130,173 habitantes. De este modo, se observa que Tlajomulco, en el estado de Jalisco, es el municipio con mayor tasa de crecimiento por la urbanización y expansión que presenta.

En la exploración hacia la presencia del paisaje agroecológico, expone una dialéctica que distingue el reto para abordar la naturaleza dinámica y transformadora de la actividad agrícola, que se resuelve con la propuesta de investigar a la agricultura, como lo plantea Hilmi (2018) con la observación de “el movimiento, la conexión, las relaciones y la vibración que la acompañan”.

Con relación a la dinámica territorial de los últimos años, se analizan los mecanismos de regulación en relacionados con la agricultura y los documentos que perfilan una propuesta de manejo para la agricultura y la naturaleza, con el fin de perfilar políticas públicas que den cabida a la conservación del patrimonio agroalimentario de Tlajomulco de Zúñiga. Para ello, se utilizan documentos como los planes de ordenamiento territorial, la ley de agricultura urbana, periurbana y rural del municipio, entre otros, lo que remite al abordaje de la dialéctica entre patrones morfológicos del paisaje y su funcionamiento en el espacio rural a través del tiempo, lo que explica Mata (2004) con la diacronía y la historia del modelado de las tramas rurales del paisaje como estructuras sujetas a cambios; así como el abordaje del tiempo histórico.

Figura 1

Localización de Municipio Tlajomulco de Zúñiga Jalisco, México



Fuente: Elaboración propia con datos de Lina Manjarrez, P. y Gallegos Tejeda, P. *Paisaje urbano cultural de Tlajomulco de Zúñiga Jalisco, México.* (2018). Proyecto de Investigación. CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional IPN.

1.1.1 Crecimiento urbano metropolitano, en el paisaje agrícola-natural “Cajititlán-Cerro Viejo”

La expansión del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), en 2020, alcanza 5 millones 268 mil 642 habitantes, en sesenta mil cien hectáreas, en donde la conurbación de los municipios de Tlajomulco, junto con El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán, iniciada en el cambio de milenio, se acelera el crecimiento urbano con el Macrolibramiento que plantea conectar los nuevos municipios que ahora conforman el AMG.

La expansión metropolitana, durante las últimas dos décadas, particularmente se extendió hacia el sur, abarcando el territorio de Tlajomulco, manifestándose en un crecimiento exponencial de la población que, en tan solo 15 años, creció cinco veces: de 123 mil 619 habitantes en el año 2000, pasó a 549 mil 442 habitantes en el año 2015; en ese año se estimaba que la población alcanzaría 600 mil habitantes en el año 2020, y lo que se observa en el último censo de población es que hay 727,750 habitantes.

El paisaje agrícola de Cajititlán y Cerro Viejo experimenta transformaciones específicas. En Cajititlán, alrededor de su laguna, se localizan cinco pueblos tradicionales (Cajititlán, Cuexcomatitlán, San Miguel Cuyutlán, San Lucas Evangelista y San Juan Evangelista), donde se está produciendo un cambio drástico en el uso del suelo, pasando de agrícola a urbano. En la zona de la ribera se ha establecido un alto número de hogares, calculados en 11,898, con una población de 39,650 habitantes (CIESAS, 2018).

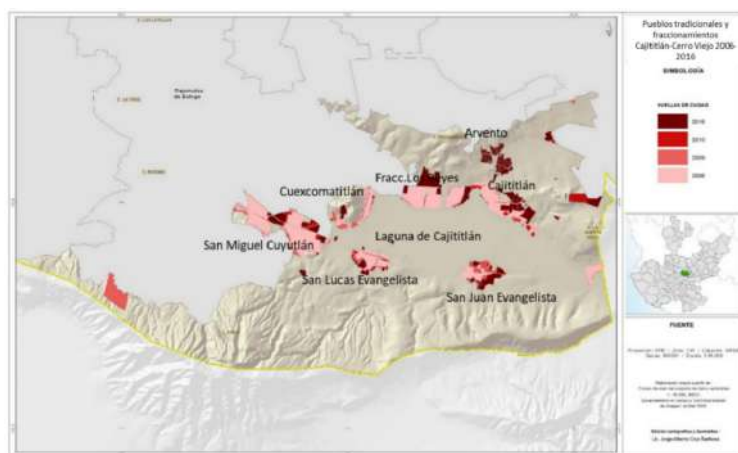
Desde 1990, comenzaron a desarrollarse fraccionamientos residenciales en las cercanías de San Miguel Cuyutlán. En 1991, se lanzó el fraccionamiento Tres Reyes, que consistía en 125 casas de campo y contaba con 341 habitantes, alcanzando un 70 % de ocupación. Posteriormente, en 2001, se estableció Nuevo San Miguel, con una población de 939 habitantes actualmente. En un remarcado contraste de transformación del paisaje rural a paisaje periurbano, se observa que en Cajititlán se tiene: en 2010, otros fraccionamientos cercanos a la laguna de Cajititlán, como Arvento con 6,727 casas y 17,490 habitantes, siendo ocupado el 65 % de las casas Mapa 2 (CIESAS, 2018).

Alrededor de la laguna de Cajititlán se localizan cinco pueblos tradicionales, Cajititlán, Cuexcomatitlán, San Miguel Cuyutlán, San Lucas Evangelista y San Juan Evangelista, que han experimentado un drástico cambio, transformando el uso del suelo agrícola en suelo urbano. En la ribera, se han construido aproximadamente 11,898 viviendas, que albergan a una población de 39,650 habitantes, según el Censo de Población y Vivienda de 2010.

En un remarcado contraste de transformación del paisaje rural a paisaje periurbano, en 2010, se establecen otros fraccionamientos cercanos a la laguna de Cajititlán, como Arvento con 6,727 casas y 17,490 habitantes, siendo ocupado el 65 % de las casas (CIESAS, 2018).

Figura 2

Distribución de los pueblos tradicionales y fraccionamientos de Cajititlán-Cerro Viejo



Fuente: Laboratorio de Geografía de CIESAS Occidente. Jorge Alberto Cruz Barbosa de datos del INEGI, levantamiento en campo y fotointerpretación de imagen Landsat (2016).

La Tabla 1 muestra el aumento de la población en los pueblos tradicionales a lo largo de la ribera de la laguna de Cajititlán desde 2005.

Tabla 1

Crecimiento demográfico en pueblos tradicionales y fraccionamientos zona Cajititlán-Cerro Viejo

Entidad	Habitantes	Número de viviendas
Pueblos tradicionales		
1.Cajititlán	17,818	1,533
2.San Juan Evangelista	2,206	-
3.San Lucas Evangelista	2,980	790
4.San Miguel Cuyutlán	8,102	2,140
5.Cuexcomatitlán	2,316	-

Subtotal	33,422	4,463
Fraccionamientos		
6.Los Reyes	341	125
7.Nuevo San Miguel	939	182
8.Arvento	17,490	6,727
Subtotal	18,770	6,852
Total	52,192	11,315

Fuente: Investigación Paisaje Agroecológico (2021); Gallegos y Lina (2021) con datos del INEGI (2015).

En la zona de Cajititlán–Cerro Viejo se observa una merma de la vida rural por el crecimiento urbano, lo que se constata con la urbanización del paisaje rural con complejos habitacionales como es Arvento. Lo que significa que se multiplicó la población urbana seis veces en un lapso de 10 años en el municipio, esto se refleja con el 15 % de la población de los pueblos originarios, mientras el otro 85 % se encuentra en los fraccionamientos, según las cifras que se presentaron en el informe del PACMUBIS (2018).

Con la transformación del paisaje rural a uno urbano, se establece un nuevo patrón de ocupación del suelo periurbano en Tlajomulco. Ahora bien, la adquisición de terrenos rurales mantiene un potencial en la tendencia de continuidad de conurbación espacial y territorial del Área Metropolitana de Guadalajara, y con los consiguientes problemas sociales, ambientales y económicos de la población local (Zárate, 2015).

Resulta relevante la zona de “Cerro Viejo–Cajititlán”, junto a la laguna de Cajititlán, se alojan más de 960 especies de flora y fauna, siendo parte del Área Natural Protegida “Chupinaya - Los Sabinos – Cerro Viejo”. Esta área ha sido designada como Región Terrestre Prioritaria, también conocida como Región Hidrológica Prioritaria y Área de Importancia para la Conservación de las Aves (Gobierno municipal de Tlajomulco, 2017). En esta área se mantienen amplias extensiones agrícolas del municipio, enfocadas principalmente en cultivos básicos de temporada, como el maíz, seguidas en menor medida por el trigo y algo de alfalfa. Estas zonas son consideradas para el desarrollo integral de Tlajomulco.

En esta zona también se encuentran sistemas agrícolas industriales de maíz y huertos que se cultivan de manera convencional cerca de la laguna de Cajititlán, lo cual intensifica la contaminación del agua y la muerte de peces. Al mismo tiempo, en las

laderas de Cerro Viejo se practica una agricultura alternativa, donde se cultivan maíz, frijol y calabaza de forma orgánica bajo el sistema de milpa.

Así pues, la “Asociación Semillas de Vida”, en coordinación con el ITESO publicaron un estudio, en el que se destaca la relevancia del establecimiento de cuatro comunidades, donde 110 familias cultivan maíces nativos, y donde se identifican ocho razas, entre las que se encontraron: Ancho, Bofo, Celaya, Dulce, Elotero de Sinaloa, Elotes occidentales, Nal-Tel y Tabloncillo (Mastache, 2018).

2. Resultados

Del trabajo de investigación, se deriva que, en el último lustro del presente siglo, se da la persistencia de las prácticas de agricultura orgánica en los pueblos tradicionales de la zona de “Cajititlán – Cerro Viejo”. Se percibe que la combinación de ideas da lugar a proyectos de gestión municipal, así como a iniciativas de investigación y asistencia técnica por parte de las universidades. Se destaca la colaboración de agricultores, comuneros, ejidatarios y ciudadanos, con el objetivo de establecer componentes en el paisaje agrícola que garanticen la producción de alimentos y su disponibilidad.

En este contexto, se advierte la presencia de un potencial paisajístico agrícola ecológico y cultural con propósitos a lograr la recuperación y conservación de prácticas agrícolas en los espacios productivos que, visto en perspectiva, podría representar un paisaje agroecológico con potencial para la regeneración natural que abona a los ODS. Con relación a esto, se documenta que la administración municipal 2016-2018 propone proyectos de infraestructura agroecológica en la zona “Cajititlán-Cerro Viejo”. Asimismo, se confirma la existencia de un patrimonio agroalimentario a través de los estudios agroecológicos realizados por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) sobre los sistemas productivos en San Miguel Cuyutlán y San Juan Evangelista, incluyendo la caracterización de los maíces nativos de la región.

Siguiendo esta misma línea de ideas conceptuales, se plantea el *paisaje agroecológico* como:

La extensión de un territorio que se visualiza desde un lugar o sitio y que por la actividad significativa de cultivo de la tierra favorece en concordancia la producción alimentaria, preservando las relaciones sociales, ambientales, económicas y culturales de las personas o población o comunidad que la ejerce. (Gallegos y Lina, 2019)

Desde esta mirada conceptual, el *paisaje agroalimentario* se expresa como un recurso paisajístico que desarrolla el campo de acción para cumplir con el ODS de Hambre cero. Esto plantea un paisaje en el que la amplitud del territorio permite la regeneración

del suelo, la recolección de agua, la agrobiodiversidad, la implementación de técnicas agroecológicas y el comercio justo en los espacios de producción y alimentación, promoviendo así una mejora integral en el entorno ambiental.

Por lo tanto, la agroecología se concibe a través de la sustentabilidad y su relación con los ODS, por ello, se aborda desde distintas dimensiones, lo que potencia su aplicación en el ámbito productivo. La sostenibilidad se presenta como un requisito fundamental en los modelos de desarrollo, dado que la sostenibilidad ambiental “requiere dar cabida a la presencia de procesos naturales, económicos y sociales que ocurren en los territorios pero que pueden tener repercusiones más allá de ellos” (Villarreal 2015). De manera similar, el concepto se emplea “con un interés particular y una visión del mundo específica..., (por lo tanto) la sustentabilidad ayuda a diseñar y dibujar una nueva visión y comprensión; una nueva cosmología, urgente y necesaria para enfrentar los enormes desafíos que afrontamos” (Hevia, 2003), con miras a la operacionalización de los ODS.

Resulta relevante el indicio de la búsqueda al acceso y permanencia agroalimentaria, esto, como respuesta a la desenfrenada expansión metropolitana de la ciudad de Guadalajara sobre el territorio de Tlajomulco de Zúñiga. Tal búsqueda conjetura los fundamentos de paisaje agroecológico, basado en lo social, ambiental y económico, que a su vez reflejan un paisaje cultural agrícola.

2.1 Paisaje de conservación de suelo y cosecha de agua con técnicas agroecológicas: Paisaje agroecológico en la zona “Cerro Viejo – Cajititlán”

Es significativa la respuesta de las comunidades al implementar proyectos relacionados con la recolección de agua, lo que convierte el área lagunar en un paisaje agroecológico, como el “Bosque Escuela de Agricultura Regenerativa” en Cuexcomatitlán, y en un paisaje agroalimentario, como “La Casa del Maíz” en San Lucas Evangelista, donde se fomenta el resguardo de las semillas y su utilización como banco de semillas regional.

En este contexto, se destacan las prácticas tradicionales de cultivo que anticipan un paisaje agroecológico, como el cultivo de maíz en las cercanías de “Cerro Viejo”, utilizando la coa y surcos siguiendo el contorno a la pendiente. Los agricultores más conscientes del medio ambiente emplean métodos de agricultura orgánica, evitando el uso de agroquímicos, aunque esta práctica aún no está ampliamente adoptada. Así se observa el cultivo de hortalizas en San Juan Evangelista. Además, existe el cultivo en invernadero hidropónico de jitomates (CIESAS, 2018).

2.1.1 Conservación de recursos naturales, principio esencial en el paisaje agroecológico

Los elementos del paisaje agroecológico como estrategia del ODS Hambre cero son abundantes y diversos. Desde el ámbito natural con la agrobiodiversidad; desde el social con los saberes; y desde el ámbito económico, la economía solidaria, operada por las ferias agroecológicas. Sin idealizarlo, se trata de encontrar un camino y el enfoque en el que se debe transitar ante la realidad que persiste, en dinamismo y cambio que pone al agricultor como el autor de este paisaje.

Como afirma Altieri (2000), “la base de los recursos naturales es la regeneración y conservación del agua y suelo, poniendo énfasis en el control de la erosión, cosecha de agua y la reforestación”. Así, la conservación se asume como una acción prioritaria para preservar una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales que detonan tecnologías adaptables basadas en prácticas tradicionales de la agricultura.

Esta idea la complementa Hilmi (2018), cuando habla del peligro que es perder la ruta y las raíces, cuando se olvida el bienestar y la satisfacción con la propia vida y el agradecimiento. Los caminos deben llevar a los agricultores a sentirse orgullosos de sus espacios y sus proyectos, urge “crear un contexto ideológico de evolución racional con un cambio de mentalidad en el desarrollo agrícola cuidando los puntos de inflexión en los sistemas productivos que detonen ‘olas’ de transformación”.

En este sentido, los puntos de inflexión para proyectar la habilitación y consolidación del paisaje agroecológico y las prácticas que se reconocen son: 1) Sistemas para la recolección y tratamiento del agua, 2) Diversificación de especies para crear sistemas alelopáticos de protección, 3) Reciclaje de nutrientes mediante compostaje y restauración del suelo y 4) Mecanismos que disminuyan los riesgos ambientales.

2.1.2 Conservación de la biodiversidad y la agroecología, fundamento en el paisaje agroecológico

La agroecología navega en las olas de la ecología y da un sentido más amplio a la agricultura con su visión integral desde la sustentabilidad. Define las técnicas que buscan las interacciones que respaldan los flujos de nutrientes, materia y energía que sostienen la vida, en este contexto, con plantas y animales que ofrecen alimento y sustento a la humanidad.

Esta idea se retroalimenta con lo que comenta Altieri (2010) que la agroecología “entiende la acción agrícola en términos holísticos. Además, provee bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad funcional en la agricultura, tecnologías autóctonas y germoplasma criollo que incrementa la resiliencia”.

El fundamento del paisaje agroecológico es la conservación, como señala (Sarandón, 2010) “la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad son unos de los desafíos más importantes que tiene que afrontar la humanidad en estos tiempos”.

También explica Sarandón, que dentro del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) la agrobiodiversidad, que abarca todos los elementos biológicos relacionados con la alimentación y la agricultura, en conjunto, constituye el ecosistema agrícola. Esta priorización se establece a partir de la Conferencia de las Partes (COP), que actualiza el CDB, específicamente en la COP-3 de Buenos Aires, Argentina, del 3 al 14 de noviembre de 1996, y en la COP-5 de Nairobi, Kenia, del 15 al 26 de mayo de 2000, donde se debatió en mayor profundidad el tema de la agrobiodiversidad. También se menciona la COP-6 de La Haya, Países Bajos, del 7 al 19 de abril de 2002, donde se destacó la importancia de comprender la diversidad biológica de los agroecosistemas y las interacciones entre sus componentes en diferentes escalas.

2.2 Saber campesino en el sistema productivo alimentario, fortaleza del paisaje agroecológico

Caracterizar la perspectiva del paisaje agroecológico en el territorio de Tlajomulco se logra reconociendo los patrones y elementos naturales. Esta interpretación, original, concreta y práctica, se expresa a través de la experiencia de los conocimientos campesinos y se sistematiza a partir de la resiliencia que se genera en el sistema productivo alimentario. Así, el paisaje agroecológico se visualiza territorialmente en el paisaje de las áreas naturales protegidas (ANP), en el paisaje agrícola de áreas rurales y urbanas, que se articula desde una perspectiva funcional, donde el eje integrador es la práctica agroecológica.

Desde estos ámbitos, el paisaje agroecológico provee y estructura los sistemas productivos agrícolas por huerto, milpa y jardines especializados como alternativa para cumplir con el ODS Hambre cero. Por ejemplo, en Cerro Viejo-Cajititlán: en el paisaje del Área Natural Protegida “Cerro Viejo” que da los recursos naturales y servicios ambientales; en el paisaje rural, los cinco pueblos tradicionales de Cajititlán presentan elementos culturales que valoran tanto lo natural como lo histórico, los cuales configuran la identidad territorial de sus habitantes. Por otro lado, el paisaje urbano enfrenta el desafío de conservar los recursos que aseguren los servicios ambientales y alimentarios, destacando la importancia de rescatar y aprovechar espacios verdes y productivos, como el Bosque Escuela de Agricultura Regenerativa.

En este sentido, la disminución de la agricultura se opone a la noción del paisaje agroecológico, ya que afecta de manera considerable el sistema alimentario de

Tlajomulco. Es importante mencionar, como reflexión, que “la destrucción de la aparente naturalidad de los espacios de agricultura y de los procesos sociales que los sustentan está activando la preocupación por sus valores ambientales y su significado cultural e histórico” (Silva, 2009).

2.3 Dialéctica del paisaje agroecológico, dinámica de cambios socioambientales, económicos y culturales y su relación con el ODS Hambre cero

El paisaje agrícola a través de la ecología nos invita a pensar en un territorio dinámico y multifacético que se une y se articula, desde la dialéctica del cambio, tanto en el lugar como con quienes lo generan, lo que origina estrategias para alcanzar el ODS Hambre cero. Esto lo complementa Mata (2004) cuando afirma que el paisaje se ve como una cualidad del territorio y su permanencia depende de armonizar las transformaciones inducidas en él por la evolución social, económica y ambiental, argumento para una política de desarrollo rural autónoma de lo agrario.

Añade Mata (2004) que, el paisaje rural se vincula con la calidad de vida y los procesos de ambientalización entre campo y ciudad, se parte de la multifuncionalidad que se está gestando en las zonas rurales para su sobrevivencia, dependiendo del uso que le den los ciudadanos para su revaloración, lo que lleva a cierta vulnerabilidad al territorio. La permanencia del paisaje rural depende de su valor patrimonial, que en este caso se relaciona con los servicios y productos que este genera a la ciudad.

Luego, Silva (2009), menciona que el paisaje de las áreas naturales protegidas responde a un “modelo económico en quiebra” y, en términos generales, “combina la escasa rentabilidad económica con la elevada riqueza ambiental, patrimonial y paisajística que la sociedad reconoce y las instituciones refrendan distinguiéndolos como figuras de protección del patrimonio ambiental y/o cultural”.

Por último, Avelar (2013) menciona que en el paisaje urbano surge la agricultura como un sistema funcional cuyo fin es “revertir el modelo caótico actual de gestión del espacio urbano y sus interacciones”. Refiriéndose que, en la planificación municipal, es fundamental tener en cuenta las interacciones entre el medio ambiente, el transporte y la socioeconomía, dada su naturaleza dinámica. Por lo que ve surgir “modelos urbanos de producción agrícola” cuya finalidad es “la armonización de los espacios urbanos”; a esto se le llama *agricultura urbana y periurbana*.

Al explorar el paisaje agroecológico, se puede observar una gran cantidad de elementos que lo integran y transforman en su interacción dialéctica con la naturaleza. Sin pretender simplificar su complejidad, se destaca la agroecología y la sostenibilidad

por su manera de abordar las diferentes dimensiones de la realidad. Al examinar el paisaje, ya sea el rural, el urbano o el de las áreas naturales protegidas, se evidencia la multiperspectiva con la que se trata el ODS de Hambre cero. Esto permite entender su articulación y dinamismo, lo que lo convierte, en cierto modo, en algo efímero y real al mismo tiempo. El desafío, a partir de esa conexión, consiste en implementar las políticas y estrategias que dirijan los esfuerzos hacia su conservación.

2.4 Paisaje urbano - paisaje rural, reto en la formulación de políticas territoriales para la conservación del paisaje agroecológico de Tlajomulco de Zúñiga

El paisaje agroecológico es prioritario para la conservación, ya que tiene factibilidad para alcanzar la soberanía alimentaria y cumplir con el ODS de Hambre cero a través de incrementar la agrobiodiversidad, la regeneración del suelo, la cosecha de agua y las técnicas agroecológicas. Además del comercio justo, se promueve la multifuncionalidad en los espacios de producción y alimentación, que tienen un impacto en el medio ambiente. Desde este enfoque, se busca integrar el paisaje rural, el paisaje urbano y el paisaje de áreas naturales protegidas, asegurando su retroalimentación y fomentando la interacción entre ellos.

El paisaje agroecológico en sus distintos ámbitos tiene posibilidad de consolidarse a partir de infraestructura que le dé un valor biológico, resiliente y económico. Ya que el paisaje patrimonial agroecológico se observa que los espacios productivos, no tienen garantizado su uso de suelo, ni el equipamiento, ni los recursos humanos que manejen y conserven el lugar, lo que no cumple con el objetivo de Hambre cero.

Lo anterior se corrobora en las políticas y reglamentos que se relacionan con la posibilidad de habilitar y consolidar al paisaje agroecológico, como se desarrolla en el siguiente ejercicio proyectivo, donde se trata de aplicar la normativa para justificar la habilitación de infraestructura y espacio productivo con técnicas agroecológicas para la soberanía alimentaria, es así como, específicamente en el AMG y Tlajomulco de Zúñiga, el marco legal identificado es:

- a. Los ODS establecidos en 2015 como hoja de ruta para articular políticas mundiales de sustentabilidad tienen limitaciones técnicas, por la complejidad de los problemas a abordar en los ámbitos locales (Gómez, 2018). Sin embargo, la teoría del paisaje permite generar propuestas de operacionalización con la agroecología en ODS como el Hambre cero, Salud y bienestar, Producción y consumo responsables, Acción por el clima y Vida de ecosistemas terrestres. En el marco legal de instrumentos para el ordenamiento territorial y programas gubernamentales de diferentes niveles de gobierno encontramos oportunidades de respaldar el cumplimiento de los ODS antes mencionados.

- b. *El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024* habla de “autosuficiencia alimentaria y rescate del campo” en su apartado de proyectos regionales, sin referencia a la producción de alimentos en la ciudad; aunque sí se menciona la agroecología como estrategia.
- c. El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías en coordinación con el Gobierno de México publica la Convocatoria 2021 y 2023 para la *elaboración de protocolos de investigación e incidencia en materia de soberanía alimentaria*. Su objetivo es proporcionar apoyo para desarrollar protocolos de investigación e incidencia, en los que se proponga la obtención de resultados y/o productos cuya aplicación aborde situaciones problemáticas, demandas y/o necesidades vinculadas al sistema alimentario del país. Las temáticas prioritarias para trabajar son: incrementar significativamente el consumo de alimentos locales básicos de la familia campesina; el desarrollar esquemas y estrategias para lograr la producción familiar o colectiva de vegetales y animales; desarrollar circuitos de producción y abasto rurales y urbanos; y estrategias para construir circuitos justos de producción consumo (Conahcyt, 2023).
- d. *Programa Interinstitucional de Especialidad en Soberanías Alimentarias y Gestión del Incidencia Local Estratégica* (PIES AGILES, 2023). Su objetivo es disponer de elementos teórico-prácticos para colaborar con la comunidad de aprendizaje en la elaboración de planes de acción que busquen la eliminación gradual del glifosato y otros agentes tóxicos en su territorio.
- e. *En los planes de desarrollo estatal* tampoco se contempla al paisaje agroecológico o la agricultura urbana. No obstante, por dar un ejemplo, en el *Plan Estatal de Desarrollo de Jalisco 2019-2024*, se establece un programa de “Estados bajos en carbono”, operado por el Gobierno estatal desde la Secretaría de Desarrollo Rural, y tiene como objetivo fomentar el aprovechamiento racional de los recursos naturales mediante el uso de tecnologías y sistemas de producción primaria amigables con el medio ambiente (Jalisco, 2013). Dado que las ciudades están incluidas en la cobertura geográfica de apoyo, la agricultura agroecológica urbana es un área que puede acceder a financiamiento.
- f. A nivel municipal, entre los nueve planes de desarrollo que integran el (AMG), se utiliza como referencia el *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2018-2021 del municipio de Tlajomulco de Zúñiga*, un municipio conurbado que se establece en el Índice Eje 3. “Ciudad sustentable”, apartado 3.6 la producción sustentable y consumo responsable; se establece el acuerdo del derecho a la alimentación (Tlajomulco, 2017). Sin embargo, en el *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024 del municipio de Tlajomulco de Zúñiga*,

ya no existe el apartado 3.6. Aunque el municipio en 2019 se compromete a la promoción “de la agricultura urbana, periurbana y rural a pequeña escala con enfoque agroecológico” (Tlajomulco, 2019, pp. 39-40). Lo que dio origen al Reglamento para el Derecho a la Alimentación, la Agricultura Urbana, Periurbana y Rural a Pequeña Escala del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco en 2021 donde se establecen figuras administrativas que, aunque están vigentes, hasta el momento no han sido implementadas (Tlajomulco, 2021).

Dentro de este marco jurídico, a medida que se consolida el paisaje agroecológico, se evidencia la variedad de acciones, actores, métodos, infraestructura y conocimientos que se combinan para enriquecer los recursos paisajísticos de Tlajomulco, provenientes del trabajo de los agricultores, ya que el contexto local define su proceso de desarrollo. Bajo este panorama, la promoción, conformación y consolidación del paisaje agroecológico para alcanzar la soberanía alimentaria depende más de una cuestión de voluntad política que de una estrategia para el desarrollo, lo que vulnerabiliza su permanencia.

La propuesta que surge de la necesidad de identificar y proteger el paisaje agroecológico patrimonial implica la reestructuración de la política pública relacionada con el desarrollo de la agroecología. Esta política se llevará a cabo mediante el reconocimiento de sistemas productivos alternativos de diversas escalas, apoyada por un marco legal que fomente la participación de los actores sociales implicados. En un contexto donde se asegure el uso sostenible de la tierra, se fomente una producción limpia orientada al autoconsumo y la comercialización, con la finalidad de mejorar la alimentación de la comunidad local. Se agrega otro elemento que se relaciona con la soberanía alimentaria, que actualmente implica garantizar los derechos de las mujeres en el uso de la tierra y la producción (Pereira et al., 2020).

El patrimonio de la soberanía alimentaria, como la milpa es “un complejo cultural que se sustenta en el manejo y reproducción de la diversidad tanto biológica como social y cultural” (Pérez, 2018, p.222). Al respecto, la milpa se caracteriza como la “base de la vida campesina e indígena de México [...] en donde se articulan aspectos ecológicos, tecnológicos, sociales, culturales y étnicos [...] que enfrentan la tensión entre su capacidad de reproducción autónoma y su articulación con mercados globalizados actuales” (Pérez, 2018, p. 216).

Se han debatido otros aspectos relacionados con la soberanía alimentaria en diversos foros, como la Coordinadora Latinoamericana de Organizaciones del Campo (CLOC), que reúne a 84 organizaciones campesinas de 18 países de América Latina. Ahí proponen que “las semillas determinan el modelo productivo, adoptando las semillas nativas –al estar adaptadas al suelo y clima de su región– son determinantes de la calidad, diversidad y cantidad de alimentos producidos, por lo tanto, se concatenan con la Soberanía Alimentaria” (León, 2019, p.3).

En el paisaje agroecológico, se identifican elementos patrimoniales que establecen conexiones entre las diferentes dimensiones de la sustentabilidad: la económica, a través de la multifuncionalidad del paisaje; la diversificación productiva y las redes multinivel; la ambiental, mediante la agrobiodiversidad; la conservación del suelo y los sistemas agroalimentarios autorregulados; y la social, con el reconocimiento de los agricultores. Estas dimensiones se interrelacionan, se fortalecen y se enriquecen mediante la autogestión, la autonomía y la armonía, que configuran el proceso de patrimonialización de la soberanía alimentaria.

En el caso de Guadalajara, la segunda ciudad más grande de México y su área metropolitana en el estado de Jalisco, no existen mecanismos para justificar la construcción de infraestructura, ni una figura que garantice el uso del suelo para el paisaje agroecológico en sus diferentes ámbitos. Por lo tanto, estos recursos y el uso del suelo donde se desarrollan deberían estar vinculados a otros sectores de desarrollo. Sin embargo, el paisaje patrimonial agroecológico no cuenta con un espacio asegurado, infraestructura ni recursos humanos que lo gestionen y conserven.

Pues la reforma agraria integral se establece con un carácter estratégico de la lucha por la soberanía alimentaria [...] la igualdad de género, el cuidado de la madre tierra, la defensa de los bienes naturales, las semillas como patrimonio de los pueblos, la agroecología y biodiversidad, donde la agricultura sea con campesinas y campesinos en el campo (Carrizo & Greco, 2019, p.10).

Se resalta la importancia histórica de la mujer en el ámbito rural, subrayando la necesidad de su inclusión en políticas que promuevan el buen vivir y que se enfoquen en trabajar por “la alimentación saludable basada en la agroecología para la Soberanía Alimentaria. Este concepto debe ser popularizado, socializado y sobre todo que todas las organizaciones lo asuman” (Tórrez & Martínez, 2019, p.14).

En el paisaje agroecológico, se ratifica “la lucha de los pueblos del campo contra el modelo agroexportador del capitalismo [...] Lo que conduce a defender la soberanía ali-

mentaria como la propuesta política de las organizaciones del campo para promover dignidad, justicia, autodeterminación y vida en el campo” (Seibert & Amorin, 2019, p.19).

A nivel internacional, este movimiento revela los diversos matices en los que confluyen las organizaciones campesinas, ya que promueven “actividades de conservación ambiental y reproducción de los pueblos originarios y campesinos a través del ejercicio de la gobernanza y la organización política autónoma, teniendo como pilares la búsqueda de soberanía alimentaria, y la justicia social y ambiental” (Barkin, 2020, et al., p.80).

7. Discusión

El paisaje agroecológico puede ser una estrategia de desarrollo sustentable que influye en el futuro. Así, la rentabilidad de la agroecología, en este contexto, tiende a ser de autoconsumo, ya que se transita de un territorio urbano disfuncional hacia un paradigma agro-urbano, donde se resignifican las necesidades alimentarias de la ciudad y se valora la proximidad de los alimentos cultivados en huertas rurales, valorando el trabajo de la agricultura.

En la experiencia de la agricultura ecológica en Tlajomulco de Zúñiga, se encuentran proyectos que muestran la viabilidad de desarrollar políticas públicas de agricultura rural, urbana y periurbana, lo que podrían ayudar a la mejora de las condiciones de vida de los habitantes. Así necesariamente, el punto de partida es el ODS de Hambre cero, para la implementación de estrategias que aseguren infraestructura y apoyos en las experiencias de paisaje agroecológico con los actores sociales.

Se presenta el reto de identificación y apropiación de los principios del paisaje agroecológico, así como encontrar la estrategia para la transferencia y apropiación de técnicas y tecnologías agroecológicas adaptadas a la ciudad y al campo. Esto, en talleres y cursos de capacitación en muchas ocasiones, con la idea de Rosset (2014) como un puente de “diálogo de saberes”. Por lo tanto, se debe considerar si los agricultores podrían promover el autoconsumo en un comercio justo. En este autoconsumo, se daría lugar al cuidado de la “madre tierra”, la diversificación de productos y la economía solidaria, con prácticas como el trueque, las tardes de cocina, ceremonias de agradecimiento a la madre tierra, entre otras cosas.

Por lo anterior, los instrumentos normativos que dan lugar a la habilitación y consolidación del paisaje agroecológico tienen que operar mecanismos de patrimonialización y permanencia en conjunto con los agricultores. Esto se traduce en la riqueza del patrimonio agroalimentario que da lugar a las costumbres y tradiciones de los pueblos originarios, que prevalecen en Tlajomulco.

Conclusiones

Se puede señalar que existen algunas trazas que referidas a la producción de alimentos que podrían remitirse a los principios y elementos del paisaje agroecológico en las dimensiones social, ambiental, económica y cultural, las cuales abonan al cumplimiento del ODS Hambre cero.

De este modo, los agricultores, académicos y funcionarios de Tlajomulco de Zúñiga realizan acciones encaminadas a mantener los sistemas productivos de cultivos ecológicos en la milpa, la huerta y jardines de plantas. Es decir, los actores sociales son los responsables de la implementación y permanencia del paisaje agroecológico, ante un panorama de vulneración debido al crecimiento urbano.

En cuanto a lo ambiental, sobresalen las acciones realizadas para la recuperación de espacios cultivables deteriorados o abandonados, así como para la siembra de árboles y plantas, lo que mejora el ambiente de las comunidades. La realización del cultivo ecológico en los territorios conurbados de la zona agrícola de Tlajomulco resguarda el patrimonio agroalimentario, ya que a través de la práctica agrícola tradicional encontramos elementos paisajísticos de importancia cultural y alimentaria, como las ocho razas de maíz nativo, recetas tradicionales y el uso de plantas medicinales.

Siguiendo este orden de ideas, es de notable relevancia la existencia de sistemas productivos alimentarios que utilizan insumos ecológicos para consumo personal, como compostas y biofertilizantes. Desde estas prácticas se asegura el autoconsumo, y los excedentes, en su mayoría, se transforman y comercializan.

Por último, destacan las costumbres y tradiciones relacionadas con el cultivo del maíz, se observa que la historia y tradiciones de la región se vinculan, desde la época prehispánica, al ver las costumbres de los pueblos tradicionales de la ribera de Cajititlán.

Referencias

- Agricultura, F. O. (2018). *México Rural del Siglo XXI*. Ciudad de México: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9548es/I9548ES.pdf>
- Altieri, M. A. (2010). El estado del arte de la agroecología: revisando avances y desafíos. En T. L. Altieri, *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones* (pág. 297). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA. Recuperado el 27 de 08 de 2019, de <https://www.researchgate.net/publication/236869933>

- Altieri, M. (2000). Introducción. En M. A. Nichols, *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable* (Primera ed., Vol. 4, págs. 7-12). México Distrito Federal, México: Textos Básicos para la Formación ambiental PNUMA. doi:968-7913-07-X
- Avelar, M. J.-R. (2013). Agricultura Urbana e Periurbana. *Mercator revista de geografia da UFC*, 12(27), 69-80. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273628670005>
- Barkin, D. et. al. (2020) Construyendo una economía ecológica radical para la autonomía local. *Revista Latinoamericana. Polis* Num.36. pp. 72- 86. <http://dx.doi.org/10.32735/S0718-6568/2020-N56-1523>
- Carrizo, D. & Greco R. (2019) Decenio de las Naciones Unidas para la Agricultura Familiar. Por la tierra y derechos campesinos: CLOC 25 años. *América Latina en movimiento*. 541, 9-11
- CIESAS, (2018). *Programa de Ordenamiento Ecológico Local*. Guadalajara: CIESAS.
- FAO. (2019). *El sistema alimentario en México. Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. Ciudad de México. <http://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>
- Gallegos, T. P. & Lina, M. P. (2019, 14 de mayo) *Perspectiva del paisaje agroarmónico, patrimonio agroecológico a conservar y soberanía alimentaria*. I Congreso de agroecología. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
- Gómez, G. C. (2017) *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica*. PAPELES de relaciones ecosociales y cambio global N° 140 2017/18, pp. 107-118
- Hevia, A. H. (2003). Desde el Desarrollo Sustentable hacia sociedades sustentables. *Polis, revista de la Universidad Boliviana*, 1(4), 00. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30500411>
- Hilmi, A. (2018). *Agroecology, Reweaving a New Landscape*. Coventry UK, UK: Palgrave Macmillan. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68489-5>
- IIEG, Instituto de Información Estadística y Geografía. *Diagnóstico Municipal Tlajomulco de Zúñiga*, 2018, p.1-33 <https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/TlajomulcodeZuniga.pdf>
- Jalisco, G. d. (2013). Decreto de área natural protegida. *Periódico Oficial del Estado de Jalisco*, 6-404.
- León, O. (2019) CLOC 25 años. Por la tierra y derechos campesinos: CLOC 25 años. *América Latina en movimiento*. 541, 1-3. <https://www.alainet.org/es/revistas/541>

- Lina, P. y Gallegos, P. (2018). "Paisaje Agroecológico en la Conservación del Área Natural Protegida (ANP) Tlajomulco de Zúñiga Jalisco, México". *II. Congreso Internacional Áreas Naturales Protegidas*. RENANP, CIB, UAA, CONACYT. Aguascalientes, México
- Mastache, D. L. (2018). Multifuncionalidad de la agricultura campesina en San Miguel Cuyutlán en el Área Metropolitana de Guadalajara. *COMPLEXUS, saberes entretnejidos*, 59-71.
- Mata, O. R. (2004). Agricultura, paisaje y gestión del territorio. *Polígonos. Revista de Geografía.*, 14, 97-137.
- Ortale, María Susana Antropóloga. (2003). *¿Hambre Cero? Diagnóstico, perspectivas y desafíos*. *Ciencia Tecnología y Política Año 3, N° 5* <https://doi.org/10.24215/26183188e043>
- PACMUBIS, C. (2018). *Plan de Acción Climática Municipal Basado en el Bienestar y la Sustentabilidad*. Tlajomulco de Zúñiga: CIESAS.
- Pereira de Jesus, C., Murielle S. D., Graciele S. I. & Calaça M. (2020) Harvesting the liberation of peasant women in Brazil. *Farming Matters*.
- Pérez, R. M. L (2018) La milpa como patrimonio biocultural. En Peña, S.E.Y & Henández A. L. (Coord.) *Biodiversidad, patrimonio y cocina. Procesos bioculturales sobre alimentación y nutrición*. (pp. 215-237) INAH
- PIES AGILES (2023) Programa Interinstitucional de Especialidad en Soberanías Alimentarias y Gestión de Incidencia Local Estratégica. <https://alimentacion.conahcyt.mx/piesagiles/>
- RAE, R. A. (21 de Agosto de 2019). <https://www.rae.es>. Obtenido de Real Academia de la Lengua Española: <https://www.rae.es>
- Rosset, P. M. (3 de Diciembre de 2014). *Food Sovereignty and Agroecolgy in the Convergence of Rural Social Movements*. Recuperado el 28 de abril de 2019, de <https://doi.org/10.1108/S1057-192220140000021001>: <https://doi.org/10.1108/S1057-192220140000021001>
- Sarandón, S. J. (2010). Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: análisis del convenio sobre diversidad biológica. En S. T. León, *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (págs. 105-129). Bogotá: Ideas 21. https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Rojas-W/publication/236869933_Policultivos_de_la_mente_ensenanzas_del_campesinado_y_de_la_agroecologia_para_la_educacion_en_la_sustentabilidad_En_Vertientes_del_Pensamiento_Agroecologico/links/00b7d519bc72e7e
- Seibert I. G. & Amorin J. (2019) Rumbo al VII Congreso de la CLOC/LVC. Por la tierra y derechos campesinos: CLOC 25 años. *América Latina en movimiento*. 541, 18-19

- Silva, P. R. (Junio de 2009). Agricultura, Paisaje y Patrimonio Territorial. Los Paisajes de la Agricultura vistos como Patrimonio. *Boletín de la Asociación de Geografía Española*(49), 309-334. Obtenido de <https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786/709>
- Tlajomulco, G. M. (2021). *Decreto por el que se expide el reglamento para el Derecho a la Alimentación, la Agricultura Urbana, Periurbana y Rural a Pequeña Escala del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México*. <https://tlajomulco.gob.mx/sites/default/files/transparencia/reglamentos/Decreto-expide-Reglamento-para-el-derecho-a-la-alimentacion-y-la-agricultura-periurbana-y-rural-a-pequena-escala.pdf>
- Tlajomulco, G. M. (2019). *Acuerdo de publicación del plan municipal de desarrollo y Gobernanza del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga*. <https://tlajomulco.gob.mx/sites/default/files/transparencia/reglamentos/AcuerdoPublicacion-PlanMunicipalDesarrolloyGobernanzaTlajomulco2018-2021-15Julio2019.pdf>
- Tlajomulco, G. M. (2017) *Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL)*. <https://tlajomulco.gob.mx/sites/default/files/transparencia/gacetas/GacetaVoXIPublicacionXVIII.pdf>
- Tórrez & Martínez (2019) La cuestión agraria y los desafíos actuales. Por la tierra y derechos campesinos: CLOC 25 años. *América Latina en movimiento*. 541, 12-14
- UNICEF (2019). *The State of the World's Children 2019. Children, food and nutrition: growing well in a changing world*. New York, USA. Disponible en: www.unicef.org/reports/state-of-worlds-children-2019
- Vargas, B. X. (2015). *Cómo hacer investigación cualitativa en 58 pasos. Una guía para quien se inicia en la investigación*. (Primera ed.). Zapopan, Jalisco, México: ETXETA. Recuperado el 21 de agosto de 2019.
- Villarreal, C. M. (2015). Los estudios sobre la transición hacia la sustentabilidad: rasgos generales y relevancia de su utilización en contexto mexicano. En J. M. Corona, *Desarrollo sustentable. Enfoques, políticas, gestión y desafíos* (Primera ed., págs. 63-82). México Distrito Federal, México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. doi:978-607-28-0377-0
- Zárate, M. M. (2015). Agricultura urbana, condición para el desarrollo sostenible y la mejora del paisaje. *Anales de Geografía*, 35(2), 167-194. doi: ISSN:0211-9803 2015

DESARROLLO LOCAL Y TURISMO: LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA SOCIALIZACIÓN DE LOS ODS DESDE UNA VISIÓN INTEGRAL

Guillermo Issac González Rodríguez³⁴

Resumen

Según lo plantean los objetivos y las metas de la Agenda 2030, el turismo debe consolidarse como un sector base en la generación de opciones sostenibles en las comunidades para el empleo y la preservación del medio ambiente, las identidades y las costumbres. Una de las opciones que puede utilizarse para su correcta difusión es a través del patrimonio biocultural, entendido como el eje central de los conocimientos, saberes y prácticas ecológicas realizadas en un sitio determinado mediante la preservación de sus rasgos distintivos. En este sentido, la aportación que pueda tener para el desarrollo local en cuanto al diseño, implementación y evaluación de actividades socio participativas dentro de las comunidades favorece no solo el autorreconocimiento, sino también la participación de las personas en actividades diversas. Por tanto, el presente trabajo pretende describir los elementos necesarios en el desarrollo de un modelo de turismo biocultural que impulse el desarrollo de comunidades a partir de sus principales recursos distintivos. En esta ocasión, se realizó el pilotaje en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, mediante el uso de una metodología cualitativa, un método descriptivo exploratorio y dos instrumentos para la recolección de la información de campo. Como resultados se obtienen algunas matrices que concretizan la base del modelo en su primera fase mediante la identificación de recursos naturales y culturales con los que cuenta el municipio. Se concluye con las propuestas para la aplicación del modelo integral para el fomento del turismo biocultural, la preservación de sus rituales y tradiciones, así como la oportunidad para generar opciones para la autoconservación de los recursos naturales y culturales que apoyen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a través de propuestas que complementan las actividades cotidianas de las personas locales.

Palabras clave

Patrimonio, turismo, desarrollo local, biocultural.

³⁴ Doctor en Gestión de la Educación Superior y profesor investigador asociado A en el Instituto Tecnológico de Jalisco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4584-1773>. Correo electrónico: ikian.isaac07@gmail.com

ODS abordados en el capítulo

a) Centrales



b) Complementarios



Introducción. Ejes del turismo en su aporte a los ODS: Una visión retrospectiva

Desde hace algunas décadas, se han realizado sugerencias a partir de los organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial del Turismo (OMT) referentes al desarrollo sostenible en los espacios de interacción entre seres humanos y naturaleza. El precedente respecto a los temas de medio ambiente se encuentra en los principios emanados de la Cumbre de Estocolmo (1972), de donde se adquieren bases para el sustento en el cuidado de los recursos que forman parte de los sitios, con base en el respeto y cuidado de cada una de las esferas socioambientales proclamando: “Los dos aspectos del medio humano, el natural y el artificial, son esenciales para el bienestar del hombre y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso el derecho a la vida misma” (p.9). Dentro del mismo texto se hace alusión a varios principios fundamentales que requieren de prestarse atención en aras de una mejora en la forma de convivencia entre naturaleza y ser humano:

El hombre tiene la responsabilidad especial de preservar y administrar juiciosamente el patrimonio de la flora y fauna silvestres y su hábitat, que se encuentran actualmente en grave peligro por una combinación de factores adversos. En consecuencia, al planificar el desarrollo económico debe atribuirse importancia a la conservación de la naturaleza, incluidas la flora y fauna silvestres. (Principio 4, p. 10)

Los principios que nacen de dicha conferencia dan cabida para su seguimiento 20 años después en la Cumbre de Río (1992) conocida también como Cumbre de la Tierra donde se creó una agenda trascendental para el combate del cambio climático.

Como parte de sus principios fundamentales se enuncia que: “Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza” (p. 7). Aunado a ello, se sostiene que:

Las poblaciones indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales. Los Estados deberían reconocer y apoyar debidamente su identidad, cultura e intereses y hacer posible su participación efectiva en el logro del desarrollo sostenible. (Principio 22, p. 11)

Del trabajo realizado se formula el Programa 21 (1992), documento que congrega diversas estrategias a seguir por parte de los Estados miembros para conseguir resultados en el combate al cambio climático y las desigualdades, sobresaliendo: a) políticas internacionales para acelerar el desarrollo sostenible en los países en desarrollo; b) lucha contra la pobreza; c) cambio en las modalidades de consumo; d) dinámica geográfica y sostenibilidad; e) protección y fomento a la salubridad; f) protección de la atmósfera: la transición energética; g) enfoque integrado de la utilización de los recursos de la tierra; h) lucha contra la deforestación y la desertificación; i) protección de los ecosistemas; j) atención a las necesidades agrícolas; k) la conservación de la diversidad biológica, entre otros.

Para el año 2000, a la entrada de un nuevo siglo, se lleva a cabo la Cumbre del Milenio, cuya esencia toma partida bajo una visión un tanto holística sobre el panorama a la entrada del tercer milenio. Dicho evento tiene un antecedente en el año de 1998 donde se cimientan las propuestas de los diagnósticos y sugerencias por realizar en los distintos contextos. Bajo el antecedente de un informe respecto a los principales indicadores y variables obtenidas a lo largo de la existencia de la ONU (1945-2000), se prepara el escenario para la Cumbre donde se definen los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM): 1) Erradicar la pobreza extrema y el hambre; 2) Lograr la enseñanza primaria universal; 3) Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer; 4) Reducir la mortalidad infantil; 5) Mejorar la salud materna; 6) Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades; 7) Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente; y 8) Fomentar una asociación mundial para el desarrollo (ONU, 2000).

Bajo este marco, los miembros de la ONU deciden la adopción de una ética para la conservación y cuidado del medio ambiente, mediante el acuerdo de aplicar políticas específicas en cada uno de los países que abonará a la consecución de los objetivos de manera real y expedita. Como seguimiento a lo anterior, se realizan diversas

cumbres en los años de 2002, 2005, 2008, 2010 y 2012, con el fin de monitorear las acciones ejercidas, así como los resultados alcanzados. Derivado de ello, se plantea una nueva cumbre para el año 2015 donde se planea una nueva agenda estratégica que complemente las acciones emprendidas en los ODM.

Consecuencia de la cumbre se establecen los puntos que marcan una nueva agenda por cumplir a través del establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 2030. Mediante 17 objetivos y 169 metas asociadas, se plantea el logro de estos al enfatizar en las principales problemáticas sociales y medioambientales que aquejan al planeta. Se centra la atención en las personas, los ejercicios de índole universal que respeten los derechos humanos, la preservación de los recursos, así como los medios para generar la inclusión de las personas en estado de vulnerabilidad, con el fin de disminuir las brechas existentes (ONU, 2015).

En este punto precisamente es donde el turismo tiene una puntual relevancia al convertirse en una pieza clave para el desplazamiento, movilización y democratización de los espacios públicos. Específicamente, ambas instancias plantean objetivos en busca de un turismo sostenible que coadyuve al cumplimiento de las metas, dando seguimiento a lo planteado principalmente en los objetivos 8, 12 y 14 de la Agenda 2030 para favorecer el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el consumo y la producción y el uso sostenible de los océanos y los recursos marinos (ONU, 2023). Para puntualizar lo anterior, en la tabla siguiente se aprecia la relación planteada entre los ODS y el aporte que puede tener el turismo desde un ámbito de incidencia:

Tabla 1

Aporte del turismo a los ODS: Ámbitos para su aplicación e incidencias en el contexto

Objetivo	Aporte	Ámbito e incidencia
1. Fin de la pobreza	Fomentar el crecimiento económico y el desarrollo en todos los niveles aportando ingresos y empleo.	El desarrollo del turismo sostenible, y su incidencia en las comunidades, puede vincularse con los objetivos nacionales de reducción de la pobreza, con los relacionados con la promoción del emprendimiento y los pequeños negocios, y con el empoderamiento de los grupos menos favorecidos, en particular las mujeres y los jóvenes.
2. Hambre cero	Producción, uso y venta de productos locales en destinos turísticos con una integración de la cadena de valor, un impulso de lo local y una economía circular.	Mediante el agroturismo y otras técnicas del turismo rural se pueden complementar las actividades agrícolas tradicionales para su reservación, uso y difusión. El crecimiento de los ingresos en las comunidades locales puede conducir a una agricultura más resiliente y a la vez aportar valor a la experiencia turística.

3. Salud y bienestar	Efecto colateral por el impulso de técnicas y medios para el cuidado de la salud.	La entrada de divisas y los impuestos procedentes del turismo pueden reinvertirse en atención y servicios de salud, lo cual debería contribuir, entre otras cosas, a mejorar la salud maternal, reducir la mortalidad infantil y prevenir enfermedades.
4. Educación de calidad	Incentivos para el mejoramiento de centros educativos locales, de capacitación para las personas para el autoempleo, el impulso de estudios y la erradicación del analfabetismo.	Los medios dedicados a la educación deberían beneficiar a los jóvenes, las mujeres, las personas mayores, los pueblos indígenas y las personas con necesidades especiales, ya que el turismo tiene la capacidad de promover la inclusión, los valores de una cultura de tolerancia y de paz, así como la interactividad de la ciudadanía a escala global.
5. Igualdad de género	Empoderamiento de la mujer para alcanzar altos grados de incidencia en la toma de decisiones y participación.	El turismo puede servir para liberar el potencial de las mujeres y ayudarlas a participar plenamente y a emanciparse en todos los ámbitos de la sociedad.
6. Agua limpia y saneamiento	El acceso al agua y la seguridad, así como la higiene y el saneamiento para todos.	El uso eficiente del agua en el sector turístico, unido a medidas de seguridad apropiadas, gestión de aguas residuales, control de la contaminación y eficiencia tecnológica.
7. Energía asequible y no contaminante	El turismo puede acelerar el cambio hacia las energías renovables e incrementar su cuota en la matriz energética mundial.	El turismo puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar el cambio climático e implantar soluciones energéticas nuevas e innovadoras en áreas urbanas, regionales y remotas.
9. Industria, innovación e infraestructura	Iniciativa pública y privada de calidad y con un enfoque innovador para el fomento de lo local.	El sector puede también incentivar a los gobiernos nacionales para que renueven sus infraestructuras y modernicen sus industrias, haciéndolas más sostenibles.
10. Reducción de las desigualdades	Progreso comunitario y reducción de desigualdades a través del desarrollo local e integración de agentes.	El sector puede contribuir a la renovación urbana y al desarrollo rural, y a reducir los desequilibrios regionales, brindando a las comunidades la oportunidad de prosperar en su lugar de origen.
11. Ciudades y comunidades sostenibles	Acondicionamiento de las ciudades y comunidades a las necesidades de las personas locales, así como para las y los visitantes.	El turismo sostenible tiene la capacidad de mejorar las infraestructuras urbanas y la accesibilidad universal, de promover la regeneración de áreas en decadencia y de preservar el patrimonio cultural y natural.
13. Acción por el clima	Reducción del impacto negativo del sector al medio ambiente mediante la emisión de agentes contaminantes, uso de recursos, entre otros.	Reduciendo el consumo de energía y utilizando fuentes renovables, especialmente en el sector del transporte y el alojamiento, el turismo puede ayudar a abordar uno de los retos más apremiantes de nuestra época.

15. Vida de ecosistemas terrestres	Conservación de la biodiversidad y patrimonio natural de las regiones desde la visión de lo local como medio de preservación.	Conservación y preservación de la biodiversidad, local mediante la concientización y respeto de los ecosistemas terrestres para la conservación de la flora y la fauna autóctonas, y las actividades de sensibilización.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas	Fomento de la tolerancia y respeto de las culturas, formas de pensamiento, creencias y demás elementos socioespaciales.	Beneficia e involucra a las comunidades locales, puede también constituir un medio de vida, reforzar la identidad cultural y fomentar actividades empresariales, ayudando así a evitar la violencia y el conflicto y a consolidar la paz en sociedades que han vivido un conflicto reciente.
17. Alianza para lograr los objetivos	Trabajo intersectorial que fomente la creación de planes con plena visión democrática, holística e incluyente.	El turismo tiene la capacidad de reforzar las asociaciones público-privadas y de involucrar a múltiples agentes interesados – internacionales, nacionales, regionales y locales – para trabajar juntamente con el fin de alcanzar los ODS y otros objetivos comunes.

Fuente: Elaboración propia adaptada de los ODS para el turismo (ONU, 2023).

Al ser visionado como una opción para la mejora en la calidad de vida de las personas, el turismo abre una amplia perspectiva respecto a la manera en que éste puede ser utilizado en la adopción de nuevas vertientes para el desarrollo de oportunidades económicas y socioambientales. Es por ello que el presente proyecto se plantea desde una perspectiva del turismo en el ámbito de desarrollo local, a través del patrimonio biocultural con el que cuenta la región occidente de México, en específico en el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. La base del trabajo parte del proyecto que se desarrolla dentro del laboratorio de estudios regionales, patrimonio y desarrollo sostenible del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez unidad académica Zapopan, como seguimiento a la serie de trabajos previos efectuados en otros municipios de índole rural en el estado.

En esta ocasión, la encomienda principal centra la atención en el patrimonio biocultural en una de las regiones que aún preserva una gran carga de tradiciones por la cosmovisión de sus habitantes. Desde otro punto relevante del trabajo, el turismo biocultural sirve como base en la conservación de este tipo de tradiciones al congrega dos preceptos importantes del conocimiento tácito y el explícito, como una forma de conservar todo aquel bagaje de cosmovisiones, cosmogonía y praxis interactiva entre humano y naturaleza. Las preguntas a partir de lo anterior abren el debate respecto a ¿cuáles son los elementos del patrimonio biocultural presentes en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga? ¿cuáles son las principales estrategias turísticas que sirven para el impulso del desarrollo local de la zona, atendiendo al cumplimiento de la Agenda 2030 en cuanto a un turismo inclusivo e integral?

Al detectar que la carencia de elementos teórico-metodológicos para el desarrollo de estudios de este tipo, el presente estudio plantea el objetivo de caracterizar los elementos necesarios en el desarrollo de un modelo de turismo biocultural que impulse el desarrollo local mediante la preservación de sus recursos, el fomento sostenible de sus sitios naturales, así como la preservación de sus tradiciones, especialmente en lo que concierne a la gastronomía. Conforme se describen los diversos escenarios donde los espacios bioculturales favorecen la aplicación de diversas estrategias de seguimiento en las comunidades, se detecta la necesidad de conjugar opciones para el análisis del aporte que puedan tener las mismas para un desarrollo sostenible.

1. Ámbitos del turismo desde sus espacios de acción: Un acercamiento al patrimonio como función del desarrollo local

Los estudios sobre desarrollo local en el ámbito del turismo mantienen una postura en que se posiciona como algo esencial para la mejora en la calidad de vida de las personas y sus comunidades (Bustos, 2008; Gambarota y Lorda, 2017; Willingre y Villar, 2009). De lo anterior parte la concepción del desarrollo local como todos aquellos los elementos presentes en un espacio geográfico que parte de la premisa del aprovechamiento de los recursos endógenos (de cualquier tipo y clase) y la participación de los habitantes pertenecientes a la misma bajo un fin sostenible común (Díaz y Lluerdés, 2013). En este sentido, la conjunción entre destino local, plan de acción, actores y recursos endógenos, mantiene una relación directa con el aporte generado en los contextos económicos, sociales y medioambientales para con ello concretizar las fuentes de acción necesarias para el uso sostenible de los recursos (Kiryakva et al., 2021).

Ahora bien, desde su aplicabilidad, existen varias posturas que lo implementan como la base de una propuesta basada en los recursos propios de los sitios para el fomento de una oferta turística diversificada (De Uña y Villarino, 2009; Nieto Pezzi et al., 2019). Por su parte, uno de los elementos mencionados como indispensable cuando se establecen las bases de un turismo local, es que este mantenga un apego al sentido de la apropiación de los medios y recursos de los sitios para fomentar la postura del desarrollo desde una perspectiva territorial bajo una variable constante de aporte a las comunidades, propiciando con ello la distribución adecuada de los recursos, tanto de uso común, como aquellos que serán susceptibles de aprovechar como posibles atractivos del lugar (Boisier, 1991; Bojórquez et al., 2018; García et al., 2020; Long, 2000).

Asimilando lo anterior, se toman como base de un turismo con enfoque en lo local a las comunidades rurales donde se pueda realizar algún tipo de actividad relacionada con la naturaleza, la cultura y la transmisión de conocimientos (cosmovisión-cosmogonía,

conocimientos tácitos) para conseguir un impulso en el desarrollo de propuestas para la preservación de los recursos (Gómez, 2003; Mitchell y Shannon, 2018; Yubero y Chevalier, 2018). Esta panorámica agrega al turismo la capacidad para integrar a la planta local aquellas características que parecerían ajenas a la visión de un producto turístico tradicional (destinos de sol y playa, grandes polis), mediante una visión holística que acoge los elementos presentes en el medio ambiente socio-natural, para con ello diseñar estrategias comunitarias compartidas (Courtney *et al.*, 2006; Engelmo *et al.*, 2021; García y López, 2018). Estas mismas pueden ir enfocadas hacia el énfasis del patrimonio cultural como elemento disruptivo de la función socioespacial (Destefanis *et al.*, 2020), como pieza clave para la preservación de las tradiciones, celebraciones y rituales de los sitios (Trosby, 1997), así como para la generación de actividades alternativas para la promoción de las características propias de las comunidades (Loulanski y Loulanski, 2011).

Según los trabajos referentes al desempeño del turismo en los espacios locales, la literatura establece algunos puntos de coincidencia donde el impacto generado por la introducción de productos turísticos puede reflejarse en beneficios económicos, en el impulso a la infraestructura local, en mejoras en los servicios, así como en un dinamismo socioespacial que favorezca la inversión local, regional y extranjera (Asa *et al.*, 2022; Boz, 2017; Saarinen, 2010). En la misma línea, el turismo es mencionado como un aliciente positivo en las regiones ya que cumple con la función de integrar elementos complementarios del lugar donde se realiza turismo, con los medios de interacción que en el sitio existen, surgen productos turísticos divergentes que apoyan la diferenciación y aumentan la posibilidad de diversificar la esfera sociocultural y económica (Ahmed, 2018; Kavita y Saarinen, 2016). Por su parte, al conjugar los escenarios socioculturales y bionaturales del patrimonio local, con las políticas, programas y proyectos adecuados, es posible la generación de propuestas para que este último complemente las actividades económicas de los sitios desde una perspectiva autogestora local (Borna, 2015; Švajdová, 2018).

En la búsqueda de una asimilación de los modelos de desarrollo local, el margen del turismo posibilita el apoyo a las regiones desde una postura de visión apegada a la sustentabilidad ambiental (Korstanje, 2008; Villegas *et al.*, 2019), donde los aspectos macroeconómicos permiten obtener una panorámica visible de los posibles impactos generados en la región y la manera en que estos inciden en la población local (Zulgukar e Izzet, 2014). Entre los modelos posibles para el fomento de este aspecto, se encuentran algunas visiones donde permean diversos elementos que van desde las estrategias para la atención y fomento de lo endógeno como preservación de lo natural (Bravo y Marín, 2014), hasta la atención a la falta de capacidad percibida en las comunidades

para mantener un *continuum* entre la organización, la planeación, la implementación e impacto de propuestas comunes de aprovechamiento (Merchán y Saavedra, 2022; Montero y Calderón, 2019). Otros estudios establecen que mediante el turismo se pueden pensar algunas alternativas capaces de proveer de capacidades de acción en las comunidades mediante el aprovechamiento de su patrimonio (Orgáz, 2013; Reimer y Walter, 2013) y/o la consolidación de redes de apoyo entre los actores principales para lograr acuerdos y sistemas de gobierno coparticipativo (Patterson et al., 2004).

1.1 El patrimonio biocultural como medio para la generación de opciones locales

Una contribución significativa para el enfoque del patrimonio biocultural es el que presentan Toledo y Barrera (2008), donde hace referencia a las aportaciones surgidas desde lo biocultural para el desarrollo de las comunidades, al adoptar e integrar este concepto desde una visión de la etnoecología³⁵ basado en un enfoque de cuidado y preservación de los recursos. Con base en ello, se conjugan los espacios interactivos entre la gente de la localidad desde sus cosmovisiones (religiones, lenguaje, rituales), sus prácticas (productivas, artesanales, reproductivas), hasta derivar en la comprensión y aprovechamiento de este conocimiento que priorice la comprensión de estas relaciones en miras de conservar el patrimonio y difundir las ventajas para el desarrollo integral de las poblaciones locales desde un sentido endógeno-sustentable y una plena participación comunitaria (Moreno et al., 2012; Orgáz, 2013).

Las propuestas basadas en un turismo biocultural mantienen el objetivo de exaltar y compartir el patrimonio que guardan los sitios (posibles destinos) con aquellas personas (visitantes) que busquen alternativas de turismo responsable, a partir de una visión sostenible e inclusiva (Reimer y Walter, 2013). Con base en ello, se trata de disminuir los impactos negativos que la *industria sin chimeneas* ha dejado en los sitios, a la vez que se considera a las personas (visitantes) como agentes activos que intercambian saberes con las personas locales (portadores[as] de conocimiento) para crear un aprendizaje intercultural que favorezca la reciprocidad de intercambios socioculturales (Montané et al., 2014). Bajo esta visión turística, se puede pensar en alternativas de planeación y gestión económicas que vayan acorde a las tradicionales, reforzando con ello la práctica cotidiana y fomentando en las personas locales el sentido de lo autosustentable, ya que los ingresos no dependen exclusivamente del turismo, sino que se apegan a las acciones de la vida cotidiana en los sitios, siendo aprovechados por las y los visitantes.

35 Según lo especifican Toledo y Barrera (2008), la etnoecología funciona como una disciplina para el estudio y comprensión de las funciones que llevan a cabo la ecología con las creencias, los conocimientos y actividades de un grupo humano en un contexto específico mediante la apropiación de sus recursos y atractivos haciendo uso de diversas disciplinas para su estudio.

El turismo biocultural conlleva de manera fundamental la interacción entre el patrimonio turístico y el patrimonio biocultural donde la base de las actividades sea la generación de experiencias compartidas bajo un escenario de reconocimiento del conocimiento, así como la valoración por parte del visitante de la conexión existente entre las comunidades, la naturaleza y su cultura (Maffi, 2001). Es por ello que la propuesta considera que el desarrollo comunitario basado en lo biocultural funciona como una opción donde el turismo representa alternativas de ocio-aprendizaje que genera dividendos económicos en las zonas además de impulsar las actividades socio-participativas (Merchán y Saavedra, 2022). El diseño de este tipo de estrategias pretende que, desde su planeación, se impulse la reciprocidad entre lo inclusivo, lo controlado y lo gestionado, con pleno apego al sentido y respeto ejercido en las comunidades, y con el fin de mitigar acciones de deterioro del patrimonio (Luque et al., 2016). Adicionalmente, dentro de las cualidades de esta modalidad de turismo es la prevención de la migración y la disminución de la pobreza vivida en las comunidades originarias y/o rurales, fortaleciendo con ello los lazos de identidad y conservación de tradiciones (Mamantoff, 2010).

2. Ejes para el análisis del patrimonio biocultural: Bases de una metodología aplicada para el estudio de lo local

Con el fin de lograr darle vida al estudio sobre el patrimonio biocultural y la gastronomía, el presente estudio hace uso de una metodología de corte cualitativo apoyado en un método descriptivo exploratorio. Según los estudios aplicados al turismo y el desarrollo local, suele haber variantes para la aplicación de una metodología que permita identificar el (posible) potencial con el que cuentan los sitios (Arista et al., 2020; Bravo y Marín, 2014). Algunas versiones aseguran que los estudios de corte cualitativo permiten un acercamiento a los sentires, conflictos y experiencias de las personas locales en los sitios, logrando con ello un análisis de las percepciones respecto a las repercusiones que el turismo genera en sus comunidades (Boz, 2017; Cornejo et al., 2018). Por su parte, otro tipo de estudios hacen énfasis en la necesidad de obtener datos estadísticos con los cuales establecer el impacto de las actividades relativas al turismo en las zonas de influencia y con ello generar propuestas de líneas de acción a desarrollar (Hjalager, 2010). Con base en lo anterior, se seleccionaron tres categorías principales que van acorde a la teoría del desarrollo local y el patrimonio biocultural. Estas, a su vez, cumplen la encomienda de integrarse en los ejes centrales establecidos por los ODS para el impulso de una mejor calidad de vida de las personas en las comunidades y son: 1) desarrollo local; 2) patrimonio biocultural; 3) recursos naturales y culturales. Producto de las categorías de análisis, se derivan los siguientes observables con fuente integral del pilotaje efectuado: a) recursos naturales; b) recursos culturales; c) tradiciones,

costumbres y rituales; d) principales técnicas de producción; e) principales actividades económicas; f) cosmovisión y cosmogonía; g) principales medios de interacción.

Con base tanto en las categorías y los observables, como en el modelo que surge de la postura teórico-metodológica, se diseñó un par de instrumentos de campo aplicados en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga. El primero se utilizó en la recolección de información con base en los datos existentes en el lugar. Posteriormente, mediante una guía de cotejo e información en referentes institucionales, se construyó una base descriptiva de los recursos existentes en las comunidades que cuentan con un mayor índice de patrimonio biocultural. El segundo instrumento se diseñó para obtener información a partir de la observación directa en los sitios (una bitácora y unas matrices para la categorización y selección de recursos). Los instrumentos están basados y avalados por la Secretaría de Turismo Jalisco (SETUJAL), misma que ahora forma parte del proyecto de corredor de turismo biocultural de occidente y que para el presente caso, funcionan como la base de un diagnóstico del sitio en cuanto al primer acercamiento a sus principales recursos. Para la obtención de la información, se diseñó un plan de acción donde participaron las autoridades de la comunidad, estudiantes de la licenciatura en Gastronomía, así como académicos(as). Durante los meses de agosto a diciembre de 2023, se realizó el trabajo documental y de campo, para en los meses posteriores realizar la sistematización de la información, así como su posterior análisis. Con base en ello, se logra la identificación de la primera etapa, un punto esencial para continuar con el trabajo de campo para la selección de los elementos susceptibles de ser atractivos.

3. Entorno de los proyectos sobre biodiversidad y patrimonio en Jalisco

A nivel nacional, Jalisco ocupa un lugar privilegiado entre muchos estados, pues su territorio, junto con la división entre sus municipios y localidades, cuenta con una gran variedad de especies naturales y atractivos culturales que le dotan de una diversificación socio-geoespacial. Gracias a lo anterior, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como instituciones no gubernamentales nacionales e internacionales como Reforestamos México A. C., Ecosistémica A. C., la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ por sus siglas en alemán) y la World Wildlife Fund (WWF por sus siglas en inglés), fomentan desde hace algunos años el proyecto denominado Corredor Biocultural del Occidente de México (COBIOCOM). Dicho corredor está conformado por los estados de Nayarit, Michoacán, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Colima y Jalisco, cuyo objetivo principal

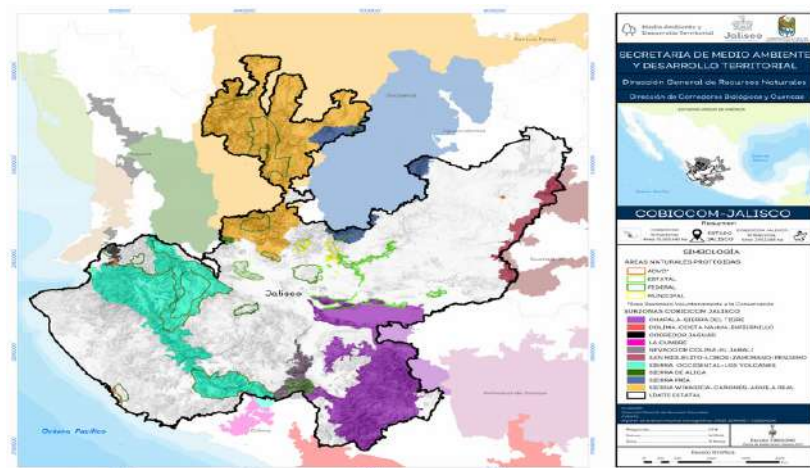
es conservar y preservar el patrimonio natural y las prácticas culturales emparejadas a los procesos desarrollados entre los ecosistemas y el uso de estos por la población.

A través de este plan que aglomera diagnósticos, estrategias y señalamientos, se plantea una metodología de abordaje de las principales problemáticas detectadas en las principales áreas que cuentan con recursos bioculturales. De igual manera, se crean prioridades estratégicas, ejes e instrumentos de gestión que mantienen la intención del desarrollo de procesos de intervención para las cerca de 15,895,262 hectáreas (ha) detectadas en los estados pertenecientes al corredor, y que se distribuyen en 16 subzonas, principalmente distribuidas en sierras o zonas con abundancia de recursos. A partir del plan, se definen los siguientes ejes con los cuales dar respuesta a las necesidades detectadas: 1) Conservar y proteger los sistemas prioritarios y su biodiversidad; 2) Generación de capacidades para el manejo sostenible del territorio; 3) Promover el manejo productivo sostenible de los recursos naturales; 4) Crear y fortalecer los mecanismos de gobernanza; 5) Preservación de la identidad y cultura regional; y 6) Alienación de políticas públicas con los planes locales (CONABIO, 2020).

Para el caso de Jalisco, que es uno de los estados del corredor que cuentan con una amplia biodiversidad de recursos naturales repartidas en 2,952,584 ha y 10 subzonas que congregan áreas naturales protegidas, reservas y otros recursos que pueden apreciarse en la siguiente figura.

Figura 1

Principales zonas que integran el COBIOCOM en Jalisco



Fuente: Imagen tomada de la página de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco para su uso descriptivo en el presente trabajo.

Los principios esenciales del plan de acción para el COBIOCOM mantienen una relación entre los principios de coparticipación de los(as) principales agentes locales, y el entorno natural. De ello se deriva una integración de elementos del patrimonio natural y cultural, así como los mecanismos de gobernanza y principios de salvaguarda de los ecosistemas prioritarios. Para el caso de Jalisco, entre las principales subzonas declaradas se encuentran: 1) Chapala-Sierra del Tigre (808,539 ha); 2) Colima-Costa Nahua-Infiernillo (62 ha); 3) Corredor Jaguar (16,969 ha); 4) La Cumbre (1,019 ha); 5) Nevado de Colima-El Jabalí (87,075 ha); 6) San Miguelito-Lobos-Zamorano-Pénjamo (106,924 ha); 7) Sierra Occidental-Los Volcanes (767,129 ha); 8) Sierra de Alicia (5,743 ha); 9) Sierra Fría (131,798 ha); y 10) Sierra Wixárika-Cañones-Águila Real (1,027,326 ha) (CONABIO, 2020).

Ahora bien, con el fin de alcanzar la integración del plan y las estrategias de acción, durante el periodo comprendido entre 2019 y 2020, se procedió con una actualización exhaustiva de la Estrategia para la Conservación del Uso Sustentable de la Biodiversidad en Jalisco (ECUSBIOJ). Esta revisión implicó ajustes significativos a los ejes y acciones originales, orientados a asegurar su coherencia con la visión y las iniciativas gubernamentales delineadas en el Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo de Jalisco 2018–2024 Visión 2030, así como con las políticas estatales correspondientes. Como resultado de este proceso, surgió la Estrategia Estatal de la Biodiversidad de Jalisco (EEBJAL). Ésta, se alinea con las Metas de Aichi del Plan Estratégico del Convenio para la Diversidad Biológica (CDB), así como con los ODS. Específicamente, se enfocó en integrar los objetivos y acciones delineados en la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y su Plan de Acción 2016-2030. El propósito fundamental de esta alineación fue evaluar la contribución y el progreso de las entidades federativas hacia el cumplimiento de estos objetivos en los plazos preestablecidos, y que para mayor detalle, se conjunta en la siguiente tabla la manera en que se alinean dichos documentos (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, 2024).

Tabla 2*Alineación de planes, metas y estrategias de los ODS con las Metas Aichi*

Objetivos estratégicos		Resumen de metas	Alineación con los ODS
Metas Aichi	1. Abordar las causas subyacentes de la pérdida de la biodiversidad mediante su incorporación en todos los ámbitos gubernamentales y de la sociedad.	1. Conciencia pública	4,5,6,12, 13,14,15
		2. Valorización	Todos
		3. Incentivos	2,6,7,9,12,14,15.
		4. Producción y consumo responsable	2,6,12,14,15
		5. Pérdida de hábitat	2,3,6,13,14,15
	2. Reducir las presiones directas sobre la biodiversidad y promover la utilización sostenible.	6. Gestión sostenible de peces e invertebrados	14
		7. Sector primario sostenible	1,2,14,15
		8. Reducción de contaminación	2,6,9,12,14,15
		9. Especies invasoras	6,14,15
		10. Ecosistemas vulnerables	7,14,15
	3. Mejorar la situación de la biodiversidad salvaguardando ecosistemas, especies y diversidad genética.	11. Áreas protegidas	9,13,14,15
		12. Especies amenazadas	13,14,15
		13. Diversidad genética	2,14,15
		14. Restauración	1,2,5,14,15
		15. Resiliencia	3,12,14,15
	4. Aumentar los beneficios de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas que provee.	16. Protocolo de Nagoya	14,15
		17. Actualización de estrategia de biodiversidad	14,15,17
		18. Conocimiento tradicional	10,14,15
		19. Conocimiento, ciencia y tecnología	4
		20. Financiamiento	17
	5. Mejorar la aplicación a través de la planificación participativa, la gestión de los conocimientos y la creación de capacidad.		

Nota. Las metas y estrategias creadas bajo este marco de acción, fueron establecidas en el plan de acción dentro del periodo 2011-2020. Para el año 2022, se realizó una medición de los avances obtenidos dentro del Marco Mundial de la Biodiversidad Kunming, Montreal, evento que sirve de pauta para el establecimiento de nuevos modelos de acción, así como de diversas estrategias para implementar. Por su parte, la alineación con los ODS mantiene una cercanía en cuanto al aporte que se pueda hacer a estos últimos, y el alcance de nuevos panoramas de sostenibilidad ambiental y social.

Fuente: Obtenido de CONABIO (2024).

Según el informe realizado en el 2022 sobre los avances en el plan, de las 100 acciones formuladas, 31 han sido realizadas, 61 se encuentran en proceso, mientras que ocho aún no se han iniciado. Destacan los avances en la contribución del conocimiento generado a partir de los diferentes estudios aplicados en las zonas, la capacitación de personas locales en el aprovechamiento de los recursos, en técnicas de agrocultivo, en el desarrollo de ganadería regenerativa y libre de deforestación, la creación del Consejo Estatal de Áreas Naturales Protegidas, así como la integración al Fondo para el Financiamiento de la Biodiversidad (BIOFIN) (Gobierno de Jalisco, 2023). La referencia anterior sirve como un elemento base de la integración de estrategias alineadas a los ODS y que pueden ser utilizadas a partir de la formulación de planes que integren al patrimonio biocultural, con el aprovechamiento sostenible del mismo. Con base en un turismo que mantenga una línea clara sobre el uso de los recursos, el aprovechamiento de los atractivos, y la divulgación del conocimiento, es permitido el establecer a esta actividad como una de las principales fuentes de impulso de un desarrollo local real, firme y con uso consciente de los recursos, a la vez que puede ser replicable en distintos contextos en que exista una sobresaturación de recursos y una abundancia de factores socioculturales.

3.1 El contexto de Tlajomulco desde una visión diagnóstica del patrimonio

Ubicado en la región Centro del estado de Jalisco, el municipio de Tlajomulco de Zúñiga forma parte de los 125 municipios de Jalisco, y uno de los nueve que conforman la Zona Metropolitana de Guadalajara. Entre sus límites se encuentran las municipalidades de Tala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Jocotepec, Juanacatlán, Acatlán de Juárez, El Salto, Zapopan y San Pedro Tlaquepaque. Con una superficie de 682.50 kilómetros cuadrados, niveles de altura que van desde los 1,480 hasta los 2,957 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.), una pendiente mayormente plana (menores a 5°), una temperatura promedio anual de 19.8°C, y una precipitación anual acumulada promedio de 687.21 milímetros, se convierte en un municipio con un amplio potencial. A su vez, se divide en 232 localidades con un total de 208,758 viviendas, siendo la localidad de Santa Fe la que cuenta con mayor densidad poblacional (139,174 habitantes, 19.1 % de la población total) y un grado de migración considerado como bajo (Instituto de Información Estadísticas y Geográfica de Jalisco [IIEG], 2023).

Por su parte, según información de DATAMéxico, para el año 2022, la población en Tlajomulco de Zúñiga alcanzó los 727,750 habitantes, distribuidos equitativamente entre hombres (49.5 %) y mujeres (50.5 %). Este número representa un incremento del 74.7 % con respecto a la población registrada en el año 2010, evidenciando un notable crecimiento demográfico que se evidencia en las problemáticas que aquejan a la zona. En cuanto a los rangos de edades de la población, el porcentaje más alto se concentra en tres grupos: 1) de entre 5 a 9 años (75,423 habitantes); 2) de entre 10

a 14 años (74,429 habitantes); y 3) de entre 15 a 19 años (68,883 habitantes), que concentran el 30.1 % total de la población. En cuanto a la población que pertenece a algunas de las comunidades indígenas de México, los datos indican que la población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena asciende a 5,050 personas (0.69 % de la población), predominando el náhuatl (2,168 habitantes), el totonaco (583 habitantes) y el mixe (406 habitantes) (DATAMéxico, 2023).

En cuanto al desempeño económico, las ventas internacionales de Tlajomulco de Zúñiga en el mismo año alcanzaron los US\$1,950 millones, mostrando un aumento del 3.08 % en comparación con el año anterior. Entre los productos con mayor nivel de exportación se destacan las ventas de Máquinas y Aparatos no Especificados (US\$451 millones), Tableros, Consolas y otras Bases para el Control o Distribución de Electricidad (US\$293 millones) y Aparatos de Radar, Radionavegación o Radio-telemando (US\$246 millones), lo que evidencia la diversificación y fortaleza del sector exportador en la región. Por otro lado, para el 2022, las compras internacionales ascendieron a \$5,906 millones de dólares, reflejando un aumento significativo del 31.5 % en comparación con el año anterior. Los productos con mayor volumen de importación fueron los Circuitos Electrónicos Integrados (US\$1,332 millones), Teléfonos, incluyendo los Teléfonos Móviles y los de otras Redes Inalámbricas (US\$1,003 millones) y Circuitos Impresos (US\$352 millones), lo que indica una alta demanda de tecnología y componentes electrónicos en la economía local (IIEG, 2023).

Lo anterior radica en que el municipio ocupa el sexto lugar en cuanto a empresas establecidas en el estado, y el quinto a nivel regional (entre municipios y en comparativa con otros estados circundantes de la zona occidente), con un total de 15,709 unidades económicas que en su mayoría se dedican al sector del comercio (48.95 %). Por su parte, el sector de los servicios se ubica en segundo lugar con un 40.73 %, seguido de la industria manufacturera con 7.77 % y tan solo un 0.14 % dedicado a la agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza. Dentro de los índices económicos del municipio, se encuentran tres subsectores que han mantenido un impulso y realce en los últimos años: la industria química, la fabricación de equipo de transporte; y la fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos, que generaron en conjunto el 37.3 % de los ingresos totales. Esto puede significar en el número de personas que laboran en el subsector de fabricación y ensamble de maquinaria, equipos, aparatos, accesorios y artículos eléctricos, electrónicos y sus partes, ya que en junio de 2023 se registró un total de 17,591 trabajadores(as) (15.21%) (IIEG, 2023).

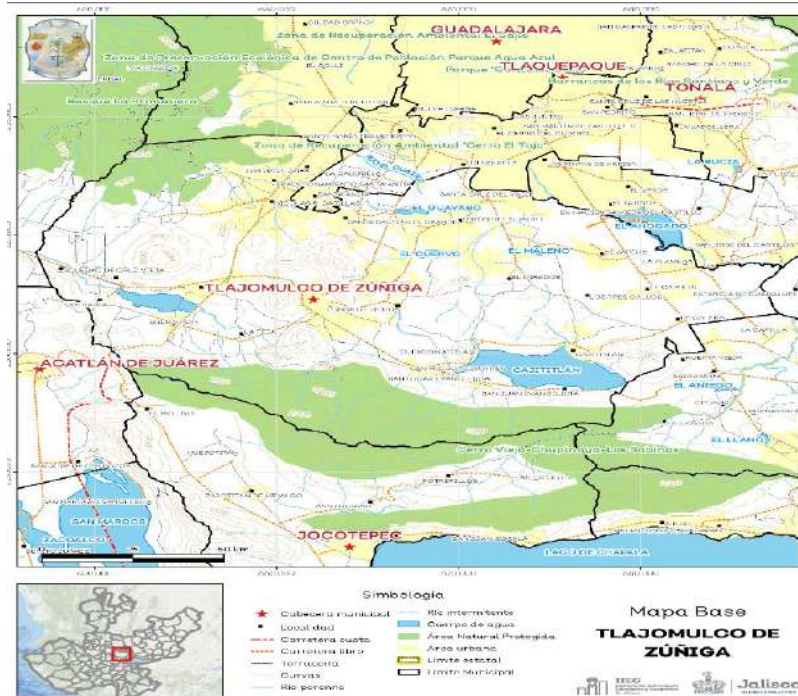
3.2 Aspectos naturales y uso de suelo en Tlajomulco: Descripción del contexto

Ahora bien, el contexto del potencial que el municipio tiene en referencia a sus recursos, su posible uso y la manera en que estos coadyuvan al alcance de los ODS forma una propuesta en que se formulen posibles modelos para el uso del patrimonio biocultural con el que cuenta la zona. Para lograrlo, se requiere de un diagnóstico donde se especifiquen los recursos con los que se cuenta, así como la descripción de cada uno de ellos para con ello clasificarlos, generar planes y establecer estrategias afines. En general, Tlajomulco se distingue por ser un municipio que ha crecido demográficamente de una manera desmedida en los últimos 15 años, provocando que serias problemáticas para la población que habita algunas de las colonias o comunidades que lo conforman. En cuestión de turismo, no es un municipio que destaque por planta turística o centros recreativos, sin embargo, cuenta con una amplia variedad de elementos susceptibles de aprovechamiento.

Un ejemplo de ello es el corredor ecológico denominado Tlaxomulli, que se conforma por el bosque de La Primavera, el Cerro Totoltepec, el Cerro Las Latillas, el Cerro del Patomo y el Cerro Viejo Chupinaya-Los Sabinos que en su conjunto abarcan 29,175 ha (45 % del total de municipio) y donde, desde el año 2021, se estableció el programa de preservación y conservación ecológica. Este hecho es algo que no tiene precedentes ya que desde años pasados se realizaban concesiones para constructoras de vivienda, situación que afectaba en demasía los recursos del municipio. En cuanto al suelo de la zona, el 34.5 % es de vertisol, pues cuenta con un amplio contenido de arcilla, que junto con el feozem (33 % del territorio) y el regosol (19.9 %), hacen que sea susceptible de aprovechamiento para el cultivo de diversas especies de semillas, granos y hortalizas por su fertilidad.

Figura 2

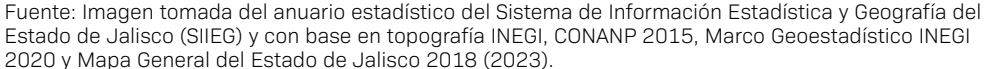
Mapa representativo del municipio de Tlajomulco de Zúñiga



Fuente: Imagen tomada del anuario estadístico del Sistema de Información Estadística y Geografía del Estado de Jalisco (SIEG) y con base en topografía INEGI, CONANP 2015, Marco Geoestadístico INEGI 2020 y Mapa General del Estado de Jalisco 2012 (2023).

En cuanto a la cobertura total del uso del suelo, el 49.2 % tiene un uso agrícola, el 16.8 % se utiliza para el asentamiento urbano, el 13.5 % es bosque, 13.8 % es selva, mientras que el porcentaje restante está dividido en pastizales (3.3 %), cuerpos de agua (3.3 %) y otros tipos de vegetación (0.1 %). La anterior clasificación de los principales usos de suelo, y el tipo de vegetación comprende las categorías: a) acuícolas; b) agropecuario; c) agua; d) asentamientos humanos; e) bosque; f) dunas costeras; g) galerías; h) manglares; i) matorrales; j) palmares; k) pastizales; l) sabana; m) selva baja; n) selva mediana; o) sin vegetación aparente; p) vegetación acuática; q) vegetación desértica; y r) vegetación secundaria. De igual forma, la superficie arbórea de Tlajomulco constituye el 8.5 % del territorio, de los cuales el 8.4 % concierne a vegetación arbórea primaria, es decir, aquella que aún no ha sido alterada respecto a su estado natural, y el 0.2 % corresponde a la vegetación arbórea secundaria, que debido a perturbaciones ha sido modificada y muestra un proceso de sucesión vegetal por alguna inconsistencia del entorno.

Uso del suelo y vegetación en Tlajomulco



Ante la predominancia del uso agropecuario (33,593.16 hectáreas), así como la poca participación del municipio en actividades dedicadas al turismo, la información sobre los principales recursos naturales con los que cuenta el municipio se concentra en la siguiente tabla.

Tabla 3*Principales recursos naturales en Tlajomulco*

Denominación del recurso	Tipo de recurso
Vegetación	Encino, pastizales, selva mediana
Agricultura	Maíz, avena, sorgo, garbanzo, hortalizas.
Fauna	Ardillas, conejo, coyote, tlacuache, venado, diversas aves y peces.
Uso agropecuario	Ganado bovino, porcino, ovino, caprino, equino, aves de carne y postura, colmenas.
Pesca	Carpa y mojarra

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en el análisis descriptivo.

Uno de los sitios que cuenta con una mayor afluencia turística y que su vez es un recurso natural muy importante del municipio es la laguna de Cajititlán, enclave crucial para las aves, ya que alberga una diversidad significativa de especies residentes. Durante los meses de octubre a abril, estas aves se congregan en el área, ya sea para anidar o simplemente de paso, formando parte de grupos numerosos de especies migratorias acuáticas. Entre ellas se encuentran aves de gran tamaño como los pelícanos blancos o borregones (*Pelecanus erythrorhynchos*) y el ganso nevado (*Chen caerulescens*), que en ciertas zonas son objeto de caza deportiva. La composición de especies en la laguna de Cajititlán es similar a la de las Áreas de Protección de Flora y Fauna, lo que sugiere una delicada relación entre ambos entornos. Aunque la laguna destaca como representante prominente de los ecosistemas acuáticos del municipio, su riqueza en grupos de anfibios y reptiles no supera la de áreas como Cerro Viejo y La Primavera, debido a la alta perturbación que enfrentan muchas de las especies presentes en la laguna.

3.3 Ámbitos socioculturales distintivos del patrimonio en Tlajomulco

Para dar un poco de contexto respecto al patrimonio cultural presente en Tlajomulco, es necesario describir parte de su historia que respalda la magia que su nombre encierra al provenir del nahuatl *tlalli* (tierra), *xomulli* (rincón) y *co* (lugar) o “Tierra del rincón” bautizada por sus antiguos moradores provenientes de la etnia nahua. En varias zonas del municipio, aún se conservan tradiciones de las éticas nativas, como lo son las bodas, mismas que llevan toda una carga ritual, desde la llamada *pedida de la novia*, el proceso de intercambio de bienes, la vestimenta y la celebración misma. Por su parte, en la localidad de la Cofradía, el sistema de organización se preserva desde

la época prehispánica, y posterior a la evangelización, utilizando las tradiciones, usos y costumbres, que utilizan en sus principales fiestas y celebraciones.

Tabla 4

Ceremonias, festividades y sus principales elementos simbólicos

Celebración	Elementos presentes
Boda tradicional nahua	Pan tradicional (tachihuales), fruta de horno, galletas de harina, vestimenta, procesos de pedimento de la mano de la novia.
Organización tradicional	Sistema jerárquico, dios ocelote, fiestas patronales, baile, gastronomía.
Baile	Danza de la chaya, música chirimía

Fuente: Elaboración propia con base en información recolectada.

Además de la cercanía con la etnia nahua, el municipio también conserva un patrimonio cultural reflejado en sus edificaciones como templos, casonas y otras edificaciones que resaltan la parte tradicional del lugar. Entre algunas de ellas se pueden mencionar la Capilla del Hospital que data del siglo XVIII o la parroquia de Santa Anita, cuyo origen se remonta al mismo siglo. Siguiendo la línea, la zona cuenta con la parroquia de Santa Cruz, el templo de la Santa Cruz, la parroquia de la Soledad, la parroquia de los Santos Reyes, el santuario de Guadalupe, la capilla de San Lucas, la de San Juan, entre otros más, que conforman la denominada ruta de los templos franciscanos. A lo anterior se unen las fiestas y festividades que el municipio y sus localidades tienen, resaltando las dedicadas a la Virgen de Guadalupe (12 de diciembre) y a la Purísima Concepción (29 de noviembre), o el día de Reyes (6 de enero).

Por su parte, uno de los lugares que destacan por ser un atractivo mixto (natural-cultural) es Cajititlán, que cuenta con la laguna homónima y con comunidades como Cuexcomatitlán, San Miguel Cuyutlán, San Lucas Evangelista y San Juan Evangelista, comunidades que han moldeado su identidad en torno a este cuerpo de agua. Si bien cada pueblo mantiene tradiciones culturales y productivas distintivas, sus actividades diarias están estrechamente relacionadas con la laguna. Por ejemplo, la pesca de especies como tilapia, carpa y charal, así como la utilización de vida silvestre y vegetación como el tule, pastos, aves, reptiles y mamíferos son prácticas comunes, así como las diversas manifestaciones sacras que caracterizan a la ruta franciscana.

La celebración de la ceremonia de los Tres Reyes Magos atrae un considerable interés para el turismo y las actividades de ocio, destacando las costumbres ancestrales profundamente arraigadas conservadas dentro del municipio. En San Juan Evangelista y San Lucas Evangelista, prevalecen las prácticas agrícolas indígenas, caracterizadas por el cultivo de múltiples cosechas como maíz, frijoles y calabaza para mantener la subsistencia familiar, junto con la cría de ganado para mejorar los ingresos del hogar. Mientras tanto, en San José de Buenavista, se practica la agricultura orgánica con certificación internacional, incorporando estrategias integrales de manejo de la biodiversidad y la vida silvestre dentro de unidades ambientales. Además de lo anterior, en las cercanías de la laguna de Cajititlán, la comunidad de Tejeda se especializa en el cultivo de hierbas aromáticas y hortalizas, contribuyendo a mercados especializados que ofrecen productos agroecológicos de alta calidad a través de prácticas comerciales justas para los consumidores urbanos.

Otro de los elementos que destacan en Tlajomulco son las artesanías, que, según datos del IIEG, conforman el 7.3 % de artesanos de la ZMG, con un total de 267, que se dedican a la alfarería (34.7 %), al arte indígena (12.4 %), a la metalistería (8.2 %), y el resto a otro tipo de artesanías (IIEG, 2023). Los principales productos de artesanía que se elaboran son huaraches, sarapes, muebles de estilo colonial y rústico, trabajos de talabartería, sillas de montar y mangos de madera. También se elaboran piezas de cerámica, metates y molcajetes. Así como las tradicionales mulitas hechas con hojas de maíz y pintadas de colores que se utilizan para las diferentes celebraciones, o simplemente como *souvenir*. También es de resaltar la gastronomía del sitio donde la birria, sobre todo de San Miguel Cuyutlán, destaca por ser el epicentro para el desplazamiento de las personas al municipio. Sin embargo, existen otros platillos como las carnitas, las gorditas de distintos maíces (morado, amarillo y blanco) y acompañadas con nopales, carne con chile, frijoles, papa y zuales o los dulces que abundan en la zona como los pulparindos, mazapanes, morelianas y pinole.

4. Desarrollo local y turismo biocultural: Ejes para su aplicación

Al tener una pequeña panorámica del potencial con el que cuenta el municipio de Tlajomulco, se pueden tomar en consideración algunos de los elementos necesarios dentro de la propuesta de aprovechamiento de los recursos en busca de lograr un aporte a los ODS desde una visión del turismo como potenciador. Desde las posturas de la teoría del desarrollo regional (Alburquerque, 2007; Precado, 2000; Vázquez Barquero, 1999), se plantea la distinción entre el fomento endógeno de las actividades locales con base en la puesta en marcha de estrategias innovadoras que cumplan con la adecuación de las capacidades del lugar (desde sus propias necesidades), y

la adecuación de estrategias para salvaguardar los recursos y bienes de uso común con los que cuentan las comunidades (CONABIO, 2024; Ruíz, 2017). Al agregar factores de innovación tecnológica (coherentes al entorno de acción) con factores de la innovación social, se dinamizan los procesos (re)productivos con los que cuenta el territorio, se podrían asociar las estrategias para el desarrollo con una panorámica flexible desde las acciones propias del sitio (Alburquerque, 2007).

Si esto se enmarca a través de una estructura pública diseñada con un modelo de gestión (re)activo, la correspondencia entre dinamismo económico, social y medioambiental favorece la puesta en marcha de actividades donde las personas locales se integren mediante redes sistémicas asociadas al aprovechamiento de los recursos (Aghón et al., 2001). Si bien es cierto que el turismo tiene aporte a cada uno de los ODS en alguna u otra manera, se espera una mayor incidencia en los objetivos antes mencionados con el logro de las siguientes metas.

Tabla 5

Metas establecidas en los ODS para el turismo

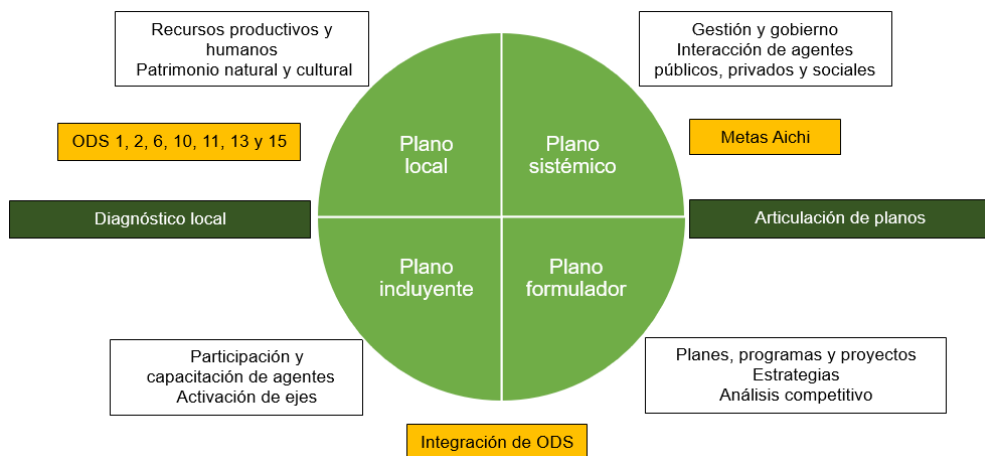
Objetivo	Meta	Indicador
8. Trabajo decente y crecimiento	8.9: «Hasta 2030, elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales».	Empleos generados bien remunerados. Nivel de ingreso de las personas. Número de empresas locales creadas. Personas capacitadas para ejercer productos y/o servicios turísticos.
12. Producción y consumo responsables	12.b «Elaborar y aplicar instrumentos para vigilar los efectos en el desarrollo sostenible, a fin de lograr un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales.	Cumplimiento con el programa de turismo sostenible del marco decenal de programas sobre modalidades de consumo y producción sostenibles (10YFP) Iniciativas de uso eficiente de los recursos. Mejoras en los ámbitos económicos, sociales y ambientales.

Fuente: Elaboración propia adoptada de los ODS para el turismo (ONU, 2023).

Ante la anterior tabla, los objetivos y las metas establecidas en la Agenda 2030

buscan que el turismo se consolide como un sector de apoyo fundamental para el logro de los ODS, ya que es una de las industrias que mayor crecimiento ha tenido en los últimos años y, en algunos casos, convirtiéndose en una fuente de ingresos económicos y empleo base de muchos países, regiones y comunidades. El enfoque dado al turismo desde lo sostenible, lo dota de una peculiaridad al estar presente en todas las economías y ser parte importante del desarrollo con el que algunas zonas o sitios específicos consolidan sus sistemas productivos mediante exportaciones y/o mediante el compartir sus patrimonios (Arista et al., 2020). Es evidente cómo el turismo conjuga múltiples elementos que favorecen el desarrollo de las regiones, pero que, con un uso desmedido e inadecuado, impactan de manera devastadora los sitios donde se realiza. En este caso, el aporte de la industria es significativo, sobre todo pasado el periodo de confinamiento social derivado de la pandemia, donde las cifras del turismo parecen mejorar, como lo constan datos de la Organización Mundial del Turismo (OMT), pues en ellos se indican aumentos de entre el 17 % y 19 % para el tercer y cuarto trimestre de 2023.

Para que ello funcione, deben de existir elementos que coincidan con los planes y programas de desarrollo que se conjuguen, tanto en los países, como en las regiones, municipalidades, localidades u otros espacios geográficos, con las necesidades de la población, los medios de participación, preservación, difusión y vinculación de los sitios, así como la capacidad de carga que tengan los atractivos (Boullón, 2006). Si esto se conjuga, se podría pensar en la generación de estrategias mediante las cuales la formulación de proyectos que partan desde un sentido de lo endógeno-local, logre una participación de los agentes comunales, en el desarrollo de actividades relacionadas con su vida cotidiana. Al ser visionado como una opción para la mejora en la calidad de vida de las personas, el turismo abre una amplia perspectiva respecto a la manera en que éste puede ser utilizado en la adopción de nuevas vertientes para el desarrollo de oportunidades económicas y socioambientales. En modelo de análisis del entorno para el desarrollo se puede resumir de la siguiente manera.

Figura 4**Modelo para el desarrollo local desde el análisis del potencial de los recursos**

Fuente: Elaboración propia basada en Albuquerque (2007).

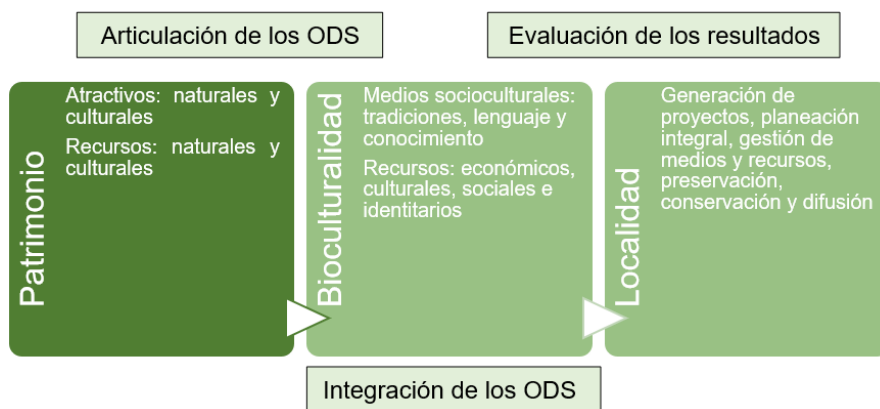
Ante la necesidad de que el desarrollo local realmente favorezca a los actores locales al brindarles oportunidades de aprovechamiento de sus capacidades productivas (tácitas y explícitas), la articulación de los planos del modelo utiliza una lógica en que todos sus elementos favorecen la coherencia entre lo que se busca alcanzar (desde las posibilidades locales), y el uso de los recursos con los que se cuenta. En este sentido, mediante el diagnóstico interno del territorio se puede obtener la información necesaria que sirva para la sistematización de los recursos y el patrimonio perteneciente a cada lugar y con lo cual generar una valoración de estos. Posterior a ello, se plantean los medios que sirven de apoyo en la logística, gestión e interacción directa de las y los actores en los procesos de planeación de programas, planes y estrategias específicas para cada área y/o recurso que favorezca el desarrollo de posibles productos. Se concluye el ciclo con la integración de todos los planos anteriores a partir del sustento en una base activa específica, desde los sectores primarios, secundarios y/o terciarios previamente diseñada desde una perspectiva sostenible, coherente al entorno de aplicación y respetuosa de la integridad sociocultural y natural del lugar.

Ahora bien, desde la postura del patrimonio biocultural, la base de la propuesta de aplicación del trabajo se cimienta en la pluriactividad local dentro de las comunidades rurales y/o indígenas con orientación de las actividades a realizarse y un enfoque integral de las tareas cotidianas de la comunidad a través de elementos que las socialicen a otros grupos de visitantes, permitiendo con ello la remuneración

económica, la preservación, la conservación y la réplica de los recursos naturales y culturales mediante la transmisión de conocimientos locales (Collin y Cano, 2016). Por su parte, para aquellas áreas y/o personas en estado de vulnerabilidad, ofrece la opción de integración a los espacios socioeconómicos y culturales que fomenten la inclusión social y la educación para, y a lo largo de la vida (Zaniratos, 2015).

Figura 5

Medio de interacción para el aprovechamiento de lo local



Fuente: Elaboración propia.

Los aspectos que conjugan al patrimonio biocultural resultan significativos, ya que fortalecen la identidad colectiva de un sitio específico. Mediante lo anterior se produce la sinergia entre la formulación de proyectos para la preservación, conservación y la correcta gestión de los destinos en aras de lograr el mayor número de beneficios económicos, sociales, ambientales e identitarios (Jiménez y Seño, 2018). En este caso, el aprovechamiento del patrimonio mediante el turismo con un enfoque biocultural favorece la interacción de lo local con el diseño de actividades de interacción, haciendo uso de una adecuada gestión, tanto de los recursos, como de los atractivos, respetando las alteridades y cosmovisiones de las localidades, y diversificando las opciones de oferta de atractivos turísticos (Matta, 2015).

Conclusiones

Ante la ausencia de una base de datos que mantenga un registro de los recursos naturales de la zona, su posible aprovechamiento y uso, queda en entredicho el registro de especies totales, su aprovechamiento y aporte para las comunidades circundantes, los sistemas agroecológicos, la aportación del etnoconocimiento de las poblaciones rurales, así como la basta amalgama de recursos susceptibles de aprovechar en un

turismo responsable. En este sentido, el patrimonio natural y cultural de la zona presentado en sus áreas protegidas y en sus comunidades rurales, debe de fungir como un elemento distintivo que incluya a las localidades a partir de actividades cotidianas y con una consciencia plena de los ejes que deben guiar las acciones de participación en los procesos bioculturales. En este sentido, el aporte que esto pueda abonar al cumplimiento de los ODS y al seguimiento de las Metas de Aichi mantendría una línea distinta en cuanto al impulso de políticas para el desarrollo local.

Al no contar con información fidedigna y actualizada en las bases de datos y diversas plataformas gubernamentales, se mantienen aún grandes desafíos por superar en la caracterización de los recursos de la zona. Como primer acercamiento al patrimonio biocultural de Tlajomulco, se obtuvo información significativa para la propuesta de los modelos anteriormente señalados, mismo que se pretende efectuar en la segunda etapa del proyecto con la intención de obtener resultados respecto a la manera en que funcionan en las comunidades. Es importante señalar que las limitaciones del presente estudio se rigen por la carencia de información y diagnósticos fidedignos realizados en las comunidades rurales e indígenas de las zonas, por lo que los datos ofrecidos por las distintas dependencias no son actuales o se carecen. Ello llevó a realizar una búsqueda de información más sustantiva que nos permitiera una descripción del entorno para con ello tomar las decisiones necesarias. La articulación de los ODS presentes en los modelos traerá consigo una segunda revisión en que se visualice el alcance que puedan tener, así como la asimilación, aceptación e inclusión de la comunidad en los mismos.

Dentro de las visitas de campo se notó la incredulidad de las personas de las comunidades ante el proyecto, dado que en muchas otras ocasiones han sido visitadas con distintas intenciones, pero sin aportación alguna. Fue por ello que se diseñaron los modelos base desde donde nacen las aportaciones sociales que puedan generarse en la zona, en aras de que se consume un apoyo por parte de las autoridades correspondientes, al igual que las personas involucradas en el mismo. La idea principal es el que no haya una intromisión en la forma de vida de las personas, sino que su forma de vida sea el parteaguas para asegurar una prevalencia de sus tradiciones, cosmovisión y cosmogonía, al igual que la relación que guardan con la naturaleza. Por ello, las siguientes etapas abarcarán una inmersión desde las propias personas, referente a sus propuestas que les beneficien.

Por su parte, el acercamiento a los ODS en su relación con el patrimonio biocultural aún mantiene muchas líneas por analizar, especialmente cuando se carecen de los datos necesarios para el desarrollo de propuestas concisas que sirvan al desarrollo

local de las comunidades. En ámbito global, el fomento del turismo sostenible que se centra en productos locales ha demostrado ser una estrategia efectiva para la creación y el apoyo de puestos de trabajo en comunidades vinculadas al sector turístico (ODS 8-9). La promoción de actividades y productos basados en la cultura local no solo ha generado empleo en sectores como la artesanía, sino que también ha contribuido al desarrollo económico y social de estas comunidades. Además, el desarrollo e implementación de planes para reducir y eliminar los impactos negativos del turismo son fundamentales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estas actividades. Al poner en valor el trabajo de los artesanos y las tradiciones culturales locales, se fortalece la identidad y el orgullo de las comunidades, al tiempo que se promueve un turismo más responsable y respetuoso con el medio ambiente y la cultura.

Referencias

- Ahmed, M. (2018). Guesthouses in the Maldives: Towards community-based tourism. *International Journal of Innovation and Economic Development*, 4(1), 44-50.
- Agnoletti, M. (2014). Rural landscape, nature conservation and culture: Some notes on research trends and management approaches from a (southern) European perspective. *Landscape and Urban Planning*, 126, 66-73.
- Aghón, G. Alburquerque, F. Cortés, P. (2001). *Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: un análisis comparativo*, Chile; CEPAL/GTZ.
- Alburquerque, F. (2007). Teoría y práctica del enfoque del desarrollo local, *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social*, 1, 39-61.
- Arista, L. Hiriart, C. y Barrera, D. (2020), Resiliencia y conservación en Pueblos Mágicos de México. Los casos de Pátzcuaro y Mexcaltitán, *Bitácora Urbano Territorial*, 31 (1), 195-210.
- Asa, A. Tjizumaue, B. Campbell, H. y Nautwima, J. (2022). The Impact of Tourism Development on the Local Communities in Namibia. *International Journal of Operations Management*, 2(2), 7-16.
- Bravo, O. y Marín, F. (2014). Modelo de desarrollo local para los municipios. *Cuadernos del CENDES*, 31(86), 1-26.
- Boisier, S. (1991). El difícil arte de hacer región. América Latina Local y Regional. II Simposio Internacional de la Universidad de Varsovia: Centro de estudios latinoamericanos (CESLA), p.149-206.
- Bojórquez, A., Zizumbo, L., Pérez, C., y Márquez, C. (2018) La gestión comunitaria del turismo. Análisis desde el enfoque de los bienes comunes y los sistemas socio-ecológicos, *Ra Ximhai*, 14(1), 149-164.
- Borma A. (2015). Tourism and Local Development, *Annals - Economy* 2, 76-82.
- Boz, M. (2017). Impact of Tourism Industry on Host Communities: Antalya and Canakkale Cases. *Researcher Social Science Studies*, 1(8), 153-170.

- Boullón, R. (2006). Espacio turístico y desarrollo sustentable, *Aportes y Transferencias*, 10(2), 17-24.
- Bravo, O. y Marín, F. (2014). Modelo de desarrollo local para los municipios. *Cuadernos del CENDES*, 31(86), 1-26.
- Bustos, R. (2008). Teoría de la acción territorial. Acción turística y desarrollo, *Aportes y transferencias*, 12(1), 87-104.
- Chávez, R., Andrade, E. y Ramos, T. (2019). Conceptos, enfoques y propuestas sobre el turismo alternativo en bases de datos multidisciplinarias. *Dimensiones Turísticas*, 3(5), 10-24. <https://doi.org/10.47557/FFOP1217>
- Cheng T. y Wu, H. (2015). How do environmental knowledge, environmental sensitivity, and place attachment affect environmentally responsible behavior? An integrated approach for sustainable Island tourism, *Journal of Sustainable Tourism*, 23, 557-76.
- Chérrez, R. C., López, C. y Logroño, S. (2021). El turismo como recurso generador de crecimiento y desarrollo económico mediante indicadores estadísticos. *Revista Científica FIPCAEC*, 6(1), 648-664. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v6i1.361>
- Chiawo D, Haggai C, Muniu V, Njuguna R, Ngila P. (2023). Tourism Recovery and Sustainability Post Pandemic: An Integrated Approach for Kenya's Tourism Hotspots. *Sustainability*, 15(9), 7291. <https://doi.org/10.3390/su15097291>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2020). Plan de acción 2024 del Corredor Biocultural Centro Occidente de México. México.
- CONABIO (2024). Convenio sobre la biodiversidad biológica. Planes estratégicos. https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/plan_estrategico
- Courtney, P., Hill, G., & Roberts, D. (2006). The role of natural heritage in rural development: An analysis of economic linkages in Scotland. *Journal of Rural Studies*, 22(4), 469-484.
- Cornejo, J. Andrade, E. Chávez, R. y Espinoza, R. (2018). Percepción de la población local sobre los impactos del turismo en el Pueblo Mágico de Tapalpa, Jalisco, México, *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 16 (3), 745-754.
- Data México (2023). Municipio de Tlajomulco. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/tlajomulco-de-zuniga#education-and-employment>
- Destefanis, A., Angelini, L., Borlizzi, D., Carlucci, A., Ciardella, G., Governale, G., & Morfini, I. (2020). Cultural tourism development and the impact on local communities: a case study from the South of Italy. *CERN IdeaSquare Journal of Experimental Innovation*, 4(2), 19-24. <https://doi.org/10.23726/cij.2020.1054>

- De Uña, E., y Villarino, M. (2009). Territorio, turismo y desarrollo en la dimensión local. En *Geografía, Territorio y Paisaje. El Estado de la Cuestión*, Actas del XXI Congreso de Geógrafos Españoles, Ciudad Real, Universidad de Castilla-La Mancha, (p. 207–221).
- Díaz, I., y Llurdés, J. (2013). Thoughts about proximity tourism as a strategy for local development. *Cuadernos de Turismo*, (32), 65–88.
- Engelmo, Á., Nieto, A., y Mora, J. (2021). Territorial Analysis of the Survival of European Aid to Rural Tourism (Leader Method in SW Spain). *Land*, 10(10), 1030.
- Gambarota, D., y Lorda, M. (2017). El turismo como estrategia de desarrollo local. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2), 346–359.
- García, F., Martínez, A., Lois, R. (2020). Heritage, Tourism and Local Development in Peripheral Rural Spaces: Mértola (Baixo Alentejo, Portugal). *Sustainability*, 12(21), 9157, <https://doi.org/10.3390/su12219157>
- García, R. y López, M. (2018). Las áreas protegidas como territorios turísticos: Análisis crítico a partir del caso de los parques naturales de la Sierra Morena andaluza. *Cuadernos de Turismo*, (41), 249–277.
- Gobierno de Jalisco (2023). Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030 (EEB-Jal). https://biodiversidad.jalisco.gob.mx/Archivos/Informes/Informe_de_avances_2022_EEB_Jal.pdf
- Gómez, S. (2003). Mértola, vila museu: Un proyecto cultural de desarrollo local. En A.M Nogués (Ed). *Cultura y turismo*. Signatura, pp. 173–189.
- González, R., Alonso, S., Medina, M. y Torrejón, M. (2023). Driving circular tourism pathways in the post-pandemic period: a research roadmap. *Service Business*, 1, 1–39. <https://doi.org/10.1007/s11628-023-00537-9>
- Gullino, P., Battisti, L., Novelli, S., Frontuto, V., Corsi, A., Devecchi, M., y Larcher, F. (2023). The landscape impact of agricultural sheds in rural UNESCO site: Public preferences and mitigation solutions, *Environmental Science & Policy*, 140, 232–241.
- Hallaj, Z., Bijani, M., Abbasi, E., Valizadeh, N., y Mohammadi, M. (2022). Tourism Development During the Pandemic of Coronavirus (COVID-19): Evidence from Iran, *Frontiers in public health*, 10, 881381. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.881381>
- Hersch, P., González, L., Solorio, M., y Sedano, C. (2014). *Patrimonio biocultural y mega minería: Un reto múltiple*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Hjalager, A. (2010). A review of innovation research in tourism. *Tourism Management*, 31(1), 1–12.
- Instituto de Información Estadística y Geografía de Jalisco (2023). Tlajomulco de Zúñiga. Diagnóstico del Municipio 2022. <https://iieg.gob.mx/wp-content/uploads/2023/08/Tlajomulco-de-Z%C3%BA%C3%B1iga.pdf>

- Kavita, E., y Saarinen, J. (2016). Tourism and rural community development in Namibia. *Policy issues review*, 194(1), 79–88.
- Kiryakova, T., Stoykova, B., y Yarkova, Y. (2021). The role of tourism for sustainable local development in the conditions of contemporary challenges, Conference name: 13th International Conference on Education and New Learning Technologies Dates: 5-6 July, 8738-8743.
- Korstanje, F. (2008). *Planeación participativa: herramientas para el desarrollo local en comunidades rurales*. Estudios agrarios. Procuraduría agraria.
- Lindholm, K., y Ekbiom, A. (2019). A framework for exploring and managing biocultural heritage. *Anthropocene*, 25, 100-195.
- Long, P. (2000). Tourism development regimes in the inner city fringe: The case of Discover Islington, London. In Bramwell, B., y Lane, B., (Eds.). *Tourism Collaboration and Partnerships. Politics, Practice and Sustainability*. Chanel View Publications: Clevedon, UK, pp. 183–199.
- Loulanski, T., y Loulanski, V. (2011). The sustainable integration of cultural heritage and tourism: A meta-study. *Journal of sustainable tourism*, 19(7), 837-862.
- Medina, J. y Mérida, G. (2014). Acerca del turismo biocultural, hacia la construcción de un modelo. *Programa Nacional Biocultura*, 1-28.
- Mérida, G., Sánchez, M., Cardona, D. y Soliz, V. (2013). *Turismo Biocultural. Tupiza: Un modelo de gestión comunitario para el Vivir Bien*. Bolivia: Programa Nacional Biocultural.
- Merchán, R. y Saavedra, J. (2022). Desarrollo local comunitario de la comuna Dos Mangas del cantón Santa Elena, *Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa*, 5(10), 1-22, <https://doi.org/10.46296/rc.v5i10edesep.0080>
- Mitchell, C. y Shannon, M. (2018). Exploring cultural heritage tourism in rural Newfoundland through the lens of the evolutionary economic geographer. *Journal of Rural Studies*, 59, 21-34.
- Montero, S. y Calderón, N. (2019). Asociatividad, liderazgo inclusivo y desarrollo económico local. Bitácora Urbano Territorial.
- Murray, I. y Martínez, M. (2020). Turismo y desigualdad: un debate pendiente. En G. Pons, A. Blanco, R. Navalón, L. Troitiño y M. Blázquez (Eds.). *Sostenibilidad Turística: overtourism vs undertourism*, (593-606), Balears; Sociedad de Historia Natural.
- Nicula, V., y Onetiu, A. N. (2016). The Impact of Attempts, Epidemics and Climatic Changes on the International Tourism. *Knowledge Horizons-Economics*, 1(8), 196-200.
- Nieto, A., y Ríos, N. (2021). Rural Tourism as a Development Strategy in Low-Density Areas: Case Study in Northern Extremadura (Spain), *Sustainability*, 13, 239-251.

- Nuevo, A., Martínez, G. y Pui, M. (2023). Consequences and resilience of tourism to the impact of the pandemic from a local management perspective for the case of Malaga. *Revista de Estudios Andaluces*, (45), 167-189. <https://dx.doi.org/10.12795/rea.2023.i45.09>
- Organización de las Naciones Unidas (1972) Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano, Nueva York.
- Organización de las Naciones Unidas (1992). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Brasil.
- Organización de las Naciones Unidas (1992) Programa 21, Nueva York. https://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/a21_summary_spanish.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (2000). Informe del Milenio. Nosotros los pueblos: la función de las Naciones Unidas en el Siglo XXI. Nueva York, <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N00/389/01/IMG/N0038901.pdf?OpenElement>
- Organización de las Naciones Unidas (2000). Declaración del Milenio, Nueva York, <https://www.iecm.mx/www/marconormativo/docs/declaracionMilenio.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/93/PDF/N1529193.pdf?OpenElement>
- Organización de las Naciones Unidas (2023). El turismo en la Agenda 2030. <https://www.unwto.org/es/turismo-agenda-2030>
- Organización Mundial de Turismo (2023). Barómetro de turismo 2023. <https://www.unwto.org/es/taxonomy/term/347#:~:text=El%20turismo%20internacional%20repunt%C3%B3%20moderadamente,inferiores%20a%20las%20de%202019.>
- Orgáz, F. (2013). El turismo comunitario como herramienta para el desarrollo sostenible de destinos subdesarrollados. *Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 38, 1-13.
- Orgaz, F. y Moral, S. (2016) El turismo como motor potencial para el desarrollo económico de zonas fronterizas en vías de desarrollo. Un estudio de caso, *El periplo sustentable*, 31, 1-19.
- Patterson, T. Guldert, T. Cousins, K. y Kraev, E. (2004). Integrating environmental, social and economic systems: a dynamic model of tourism in Dominica. *EcologicalModelling*, 175(2), 121-136.
- Pezzi, M., Faggian, A., y Reid, N. (2019). Local entrepreneurship and tourism development in peripheral areas between policies and practices, *Regional Science, Policy and Practice*, 11, 445-449.
- Precedo, A. (2000). A regionalization strategy to promote integrated local development. *European Planning Studies*, 8(1), 123-134.

- Reimer, J. y Walter, P. (2013). How do you know it when you see it? Community-based ecotourism in the Cardamom Mountains of southwestern Cambodia. *Tourism Management*, 34, 122-132.
- Ruiz, E. (2017). Comunidad, bienes comunes y turismo en Floreana (Islas Galápagos). *Revista de Antropología Social*, 26(2), 333-354.
- Saarinen, J. (2010). Local tourism awareness: Community views in Katutura and King Nehale Conservancy, Namibia. *Development Southern Africa*, 27(5), 713-724.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco (2024). Corredor Biocultural del Centro Occidente de México. <https://semadet.jalisco.gob.mx/recursos-naturales/corredores-y-cuencas/cobiocom-corredor-biocultural-del-centro-occidente-de-mexico>
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco (2024). Biodiversidad de Jalisco. <https://biodiversidad.jalisco.gob.mx/>
- Švajdová, L. (2018). Modern marketing communication in tourism. *Journal of International Business Research and Marketing*, 4(2), 20-23.
- Throsby, D. (1997). Seven questions in the economics of cultural heritage. In *Economic perspectives on cultural heritage* (pp. 13-30). London: Palgrave Macmillan UK.
- Toledo, V. y Barrera, N. (2009). *La memoria Biocultural, La importancia Ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona: Icaria.
- Vázquez Barquero, A. (1999). *Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo*. Madrid: Ariel.
- Villegas, D. Gutiérrez, J. y Juan, J. (2019). Estrategia de desarrollo local sustentable en el Área Natural Protegida Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Circuitos turísticos en el municipio de Isidro Fabela. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 17(4), 725-745.
- Wallingre, N. y Villar, A. (2009). *Desarrollo y gestión de destinos turísticos. Políticas y estrategias*. Editorial Bernal.
- Yubero, C., y Chevalier, P. (2018). The illusion of proximity in territorial construction. An approach to tourism development via social networks in Sierra de Albarracín (Spain). *European Countryside*, 10(3), 442-461.
- Zanirato, S. (2015). Patrimonio, turismo y transfiguraciones en las relaciones identitarias. *Estudios y Perspectivas en Turismo, volumen (24)*. 1-23.
- Zhang, Z., Xiong, K. & Huang, D. Natural world heritage conservation and tourism: a review. *Heritage Science*, 11(55), 1-15, <https://doi.org/10.1186/s40494-023-00896-6>
- Zulfukar, K. e Izzet, T. (2014). The key elements of local development. *Procedia Economics and Finance*, 15, 1689 – 1696.

IMPLICACIONES DE LA EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA DE CAJITITLÁN EN EL MARCO DEL ODS 6: AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

Jesús Barrera Rojas³⁶

Hasbleidy Palacios Hinestroza³⁷

Abril Adriana Angulo Sherman³⁸

Freddy Villota González³⁹

Resumen

Como parte de las estrategias para la sustentabilidad, la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas adopta la Agenda 2030 como eje rector de los programas de Estado de 193 países. En México, a seis años de cumplirse el plazo de la Agenda 2030 y, como parte del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: Agua limpia y saneamiento, se están realizando trabajos para la gestión sostenible del recurso hídrico. Para asegurar el saneamiento de agua es indispensable conocer la materia contaminante en ella. En el presente trabajo, se busca visibilizar información sobre las cianotoxinas, específicamente la microcistina-LR, la cual representa un riesgo para la salud humana y de los ecosistemas. Su presencia en cuerpos de agua como la laguna de Cajititlán requiere atención debido a la importancia social, económica y de salud para las poblaciones aledañas. Se mostrará un panorama general del fenómeno de eutrofización, donde las cianobacterias presentes en la laguna de Cajititlán pueden ser una fuente de microcistina-LR. Se discutirán las rutas de intoxicación, su efecto en los procesos celulares y su impacto en la salud, todo ello con el fin de alinear la gestión de recursos en la laguna de Cajititlán con el ODS 6.

Palabras clave

Saneamiento, microcistina-LR, cianobacterias, Cajititlán, ODS 6.

36 Doctor en Ciencias con la Especialidad en Bioquímica y profesor investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5244-9879>. Correo electrónico: jesus.barrera@academicos.udg.mx

37 Doctora en Agua y Energía y profesora investigadora del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0604-3357>. Correo electrónico: hasbleidy.palacios@academicos.udg.mx

38 Doctora en Ciencias en Ingeniería y Física Biomédicas y docente del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9529-9882>. Correo electrónico: abril.angulo@academicos.udg.mx

39 Doctor en Agua y Energía y actualmente es trabajador independiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-6623>. Correo electrónico: freddyvillota@gmail.com

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



Introducción

A partir del 2015, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) buscan mejorar la calidad de vida, considerando distintos rubros de las actividades humanas y el ambiente donde se realizan. Los ODS forman parte de la Agenda 2030, tratándose de puntos prioritarios por resolver y que forman parte de este gran proyecto global (UNSSC, 2017). Entre estos, el ODS 6 se enfoca en garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Lo anterior con el objetivo de garantizar su disponibilidad, seguridad en sus usos y accesibilidad. Para alcanzar dicho objetivo, se deben abordar de manera estructurada los problemas y retos actuales, en el caso de los cuerpos de agua dulce, como la laguna de Cajititlán, es importante conocer sus características de calidad de agua, flora, fauna y microbiota, además de las actividades humanas que se realizan en su entorno y su impacto ambiental.

La acumulación de agua sobre la corteza oceánica produce una diversidad de ecosistemas que solo recientemente se han podido identificar y entender. Comenzando en el fondo oceánico, donde las cadenas tróficas están soportadas solo de manera indirecta por la luz solar. A través de la columna de agua, donde se pueden distinguir regiones donde coexisten animales de diversos tamaños, microorganismos y virus. Cerca de la superficie, donde el cambio abrupto de la oscuridad hacia la zona fótica está empujado por el cambio de densidad entre el espejo de agua y la atmósfera. Estas condiciones de luz abundante e intercambio de gases favorecen el crecimiento de organismos fotosintéticos como las algas y cianobacterias, entre otros. Esto no es diferente, en cierto sentido, al agua presente en la corteza continental.

Lagos y ríos soportan ecosistemas complejos, sin embargo, las actividades humanas muestran un impacto significativo, donde un desbalance en la concentración de nutrientes exagera un fenómeno natural llamado “eutrofización”, el cual sucede en aguas oceánicas y terrestres. Consiste en un crecimiento desmedido de organismos fotosintéticos y la modificación de algunas condiciones en el agua como: la cantidad de luz que penetra en la columna de agua, el intercambio de gases con la atmósfera y la acumulación de materia orgánica en el fondo (Harper, 1992).

La laguna de Cajititlán (en adelante, *la laguna*) es un cuerpo de agua endorreico que se nutre de escurrimientos pluviales, localmente genera fuentes de trabajo en el sector turístico. En sus aguas se realizan actividades recreativas y de pesca, además de ser utilizadas por las poblaciones aledañas para riego de cultivos y otros rubros. Sin embargo, algunas actividades humanas están contribuyendo al aumento de fuentes de nitrógeno combinado y fosfato en la laguna, lo que favorece el crecimiento de organismos fotosintéticos, algunos de ellos de relevancia médica por su capacidad de producir toxinas, dentro de los que se encuentran las cianobacterias (Limón-Macias et al., 1983; De Anda et al., 2019).

Por lo anterior, es de crucial importancia documentar las condiciones de eutrofización de la laguna, determinar la presencia de posibles toxinas y proteger a los pobladores y visitantes. En el presente trabajo, se pretende visibilizar el fenómeno de la eutrofización en la laguna para favorecer la gestión del recurso hídrico en las localidades aledañas buscando el alineamiento con el ODS 6. Se discutirá el proceso molecular de acción de las cianotoxinas, las implicaciones en la salud, y el proceso de generación debido al florecimiento de microorganismos por el fenómeno de la eutrofización. La presente revisión se realizó utilizando el motor de búsqueda en la base de datos del National Center of Biotechnology Information (NCBI) utilizando las palabras clave descritas con anterioridad. Las búsquedas se relacionaron con la función MeSH de NCBI y se cruzaron las referencias por medio de la página web de Rabbit Research.

1. Eutrofización en cuerpos de agua continental, el caso de Cajititlán

Para alcanzar el ODS 6 debemos documentar los ecosistemas que se encuentran embebidos en los ambientes acuáticos. Dentro de la masa continental, los cuerpos de agua dulce albergan cantidades importantes de este recurso permitiendo el desarrollo humano. Para este fin, se requiere una gestión sostenible para su transporte, la modificación de su calidad, la distribución, el uso y la modificación de su calidad *post* uso para su disposición. La modificación de su calidad inicial requiere aplicaciones de ingeniería que deben incluir el procesamiento de los ecosistemas que contienen.

Los organismos fotosintéticos son muy abundantes en estos ecosistemas. En el océano existe un proceso natural relacionado con la cantidad de organismos fotosintéticos y la variación de las concentraciones de algunos elementos que se encuentran bio-disponibles. El hierro (Martin et al., 1994), fósforo (Nedelciu et al., 2020) y nitrógeno son elementos necesarios para la proliferación de estos y otros organismos (Matson et al., 2002). Estas variaciones están relacionadas de manera directa con actividades antropogénicas, las cuales afectan la biodisponibilidad de estos nutrientes a través

del aumento de su transporte hacia las aguas continentales. Lo anterior, favorece el crecimiento y proliferación desmedida de organismos fotosintéticos (floración). Además, se modifican las cadenas tróficas, la concentración de oxígeno disuelto, la penetración de la luz en la columna de agua y la presencia de metabolitos provenientes de los procesos bioquímicos de diversos organismos, entre ellos las cianobacterias. En el océano, a estas floraciones se les llama “mareas rojas”, debido a la presencia de ciertas algas con esa coloración. Sin embargo, la tonalidad puede variar debido a la diversidad de pigmentos que contienen los microorganismos, entre ellas las cianobacterias que poseen un color verde-azul (Fig. 1).

Figura 1

Laguna de Cajititlán, Jalisco



Nota. Zona del Malecón de Cajititlán el cual presenta un alto grado de eutrofización, puede inferirse por la coloración verde y la presencia de natas en la orilla debida a los microorganismos fotosintéticos. Fuente: Elaboración propia.

Los organismos involucrados en este fenómeno son productores primarios con la capacidad de realizar la fotosíntesis oxigénica, la cual requiere diversas condiciones ambientales. Este proceso requiere luz en el espectro visible y puede usar el cercano infrarrojo. Los organismos que la realizan, plantas, algas y cianobacterias, requieren, además, otros macronutrientes de los cuales el nitrógeno y fósforo favorecen el crecimiento, proliferación y deposición en el ambiente.

El nitrógeno presenta una dinámica donde su concentración y especiación en el agua oceánica depende de varios procesos. Procesos físicos como la difusión proveniente de agua profunda por medio de termoclinas y el escurrimiento de agua proveniente de las placas continentales a través de los ríos contribuyen de manera importante. Además, procesos biológicos como la fijación de nitrógeno molecular por bacterias fotoautótrofas (cianobacteria) y heterótrofas (Bergman et al., 2013; Pajares & Ramos, 2019), además de algunas especies de arqueas (Leigh, 2000), y su retorno a la atmósfera por medio de la desnitrificación proporcionan globalmente una concentración variada (Voss et al., 2013), la cual sin duda es modificada por actividades humanas (Seitzinger et al., 2005; Steffen et al., 2015).

La principal contaminación por fósforo en los cuerpos de agua proviene de escurrimientos de zonas agrícolas y aguas residuales. Para el 2050, se prevé que la cantidad de fósforo que llegue a los cuerpos de agua sea de 50 millones de toneladas por año. Lo anterior, solo si se disminuye a la mitad la descarga de agua residual no tratada en el mundo (Nedelciu et al., 2020).

Actualmente, con un valor saprobiótico bajo y receptor de descargas de agua residual tratada y escorrentías de zonas de cultivos, la laguna de Cajititlán alberga afloramientos de cianobacterias como *Microcystis* y *Planktothrix* (Fig. 2). Estas bacterias fotosintéticas (cianobacterias) son de importancia médica debido a su capacidad para producir toxinas ante ciertos estímulos ambientales. Al ser fotosintéticos primordiales, las cianobacterias heredan la capacidad de utilizar la energía contenida en la luz solar a plantas, algas y glaucófitas a través de endosimbiosis. Son los productores primarios en muchas cadenas tróficas y, de manera natural, presentan afloramientos que se ven magnificados por actividades humanas donde el agua es un acarreador de nutrientes, como el nitrógeno, el fósforo y el hierro.

Figura 2

Muestra de agua procedente de la laguna de Cajititlán



Nota. Los organismos corresponden a cianobacterias filamentosas, probablemente del género *Planktothrix*. Imagen tomada con objetivo de inmersión 100X. Fuente: Elaboración propia.

2. El contexto hidrogeológico de la laguna de Cajititlán

El agua puede fluir de partes más alta hasta el océano o acumularse y formar cuerpos de agua lénticos, como es el caso de la laguna de Cajititlán, en Jalisco. Geológicamente, la laguna formó parte de un fiordo en el Plio-Pleistoceno (Padilla & Sánchez, 1904; Frey et al., 2007). Asimismo, hace años fue parte de un gran lago prechapálico cuya amplitud alcanzó los 22,000 km² (Clements, 1959). Sus aguas fueron drenadas a través del río Grande de Santiago hasta formar un cuerpo de agua léntico. Su estratigrafía corresponde a la presencia de un fondo marino, zona de acumulación piroclástica y, por supuesto, sedimentos lacustres (Alatorre-Zamora et al., 2015).

La laguna tiene una precipitación local promedio de 1000 milímetros de agua por temporada de lluvia, captando distintos escurrimientos debidos a un sistema de montañas que la rodean. Se encuentra a 1,551 m s. n. m. (20° 25 '60" N 103° 19' 1" O) y cuenta con una superficie de 17.44 km², con longitudes axiales máximas de 10.4 x 3.2 km. Posee una profundidad máxima de 5.4 m y una capacidad de casi 71 millones de metros cúbicos de agua, que es alimentada por una superficie total de escurrimiento de 201.8 km² (De Anda et al., 2019). El Cerro Viejo es la estructura más cercana a la laguna, se trata de una montaña con una prominencia topográfica

de 1,355 m, y 2970 m s. n. m. de altitud, la cual se considera la tercera más alta de Jalisco. El mapa de la laguna, muestra extensos cultivos en todo su contorno (el cual recuerda la silueta de un pez, tal vez un tiburón), y donde se encuentran asentadas las comunidades (de sur a norte, en sentido horario) de San Juan Evangelista, San Lucas Evangelista, San Miguel Cuyutlán, Las Gaviotas, Cuexcomatlán, Tres Reyes y, por supuesto, Cajititlán (Figura 3).

Figura 3

Composición de la localización de la laguna de Cajititlán



Nota. Superior izquierda, localización geográfica del estado de Jalisco. Superior derecha, laguna de Cajititlán y localización de PTAR aledañas. Inferior, relieve del Área Metropolitana de Guadalajara y la laguna de Cajititlán. Fuente: Elaboración propia.

Con una precipitación anual promedio cercana a 1,000 mm (con una variación de hasta casi 300 mm por año), la temporada de lluvia en el estado de Jalisco (entre 1882-2021) varía de tal manera que, en marzo-abril, el estiaje alcanza su punto más alto, mientras que en julio-agosto se presenta la mayor precipitación (IIEG,

2021). Entre 2021 y 2017, la laguna ha mostrado una importante recuperación de su nivel de agua, creciendo su superficie de $\sim 6 \text{ km}^2$ en 2001 ($\sim 5 \text{ hm}^3$) a 17.44 km^2 en 2017 ($\sim 71 \text{ hm}^3$) (De Anda et al., 2019). Aunque la relación entre la precipitación anual y la superficie de alimentación debe ampliarse con más datos, y es necesario conocer las fuentes de suministro de agua de las poblaciones aledañas, es posible que esta recuperación esté relacionada, en parte, con las descargas de las plantas de tratamiento de agua residual de la región. Lo anterior requiere considerar las implicaciones socioambientales, debido a la importante representación de este cuerpo de agua para los habitantes y ecosistemas de la región. Asegurar la inocuidad del agua vertida es una parte importante de las metas del ODS 6 para la laguna de Cajititlán.

3. Infraestructura para el tratamiento post uso del agua en el municipio de Tlajomulco, Jalisco

El saneamiento es parte integral del ODS 6. Esta actividad de recuperación de la calidad del agua se nutre de diferentes áreas del conocimiento humano. A partir de ciertos fundamentos fisicoquímicos y microbiológicos, la ingeniería procesa el agua residual para separar la materia que en su mayoría se considera un contaminante y permite el retorno del agua al ambiente.

En mayo del 2023, la Comisión Estatal del Agua de Jalisco reportó la operación de nueve Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga (Tabla 1). Las PTAR de Cajititlán y San Juan Evangelista descargan en la laguna, con un caudal de diseño de 3.801 millones de litros por día. Siguiendo el ODS 6, es indispensable que exista apoyo social y gubernamental a estas instalaciones para su correcta operación, haciendo énfasis en el cumplimiento de al menos, la normatividad asociada a la descarga de agua residual tratada en cuerpos de agua nacional (NOM 001, 2022).

Tabla 1

Plantas de tratamiento de agua en operación en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco¹

Localidad	Nombre de la PTAR	Caudal de diseño (Lps)	Cuenca hidrológica	Subcuenca hidrológica
La Alameda	El Ahogado	2250	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona - R. Verde
Tlajomulco de Zúñiga	Tlajomulco de Zúñiga	180	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona - R. Verde

Santa Cruz de las Flores	Santa Cruz de las Flores	100	L. Chapala	L. de San Marcos
Cajititlán	Fraccionamiento Arvento	65	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona - R. Verde
Cajititlán	Cajititlán ²	32	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona - R. Verde
San Juan Evangelista	San Juan Evangelista ²	12	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona - R. Verde
Santa Anita	Club de Golf Santa Anita	10	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona - R. Verde
Tlajomulco de Zúñiga	Fraccionamiento los Agaves	10	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona-R. Verde
Palomar	Palomar	8	R. Santiago-Guadalajara	R. Corona-R. Verde

Fuentes: 1Generada a partir de los datos reportados por la Comisión Estatal del Agua (CEA, 2023). 2 PTAR que descargan en la laguna de Cajititlán.

Existen procesos de tratamiento en las PTAR donde se involucra el procesamiento del nitrógeno y fósforo. El más utilizado en las PTAR de Tlajomulco es un proceso que incluye un fenómeno biológico aerobio de crecimiento y adsorción de nutrientes (biorreactor) seguido de una sedimentación floculenta (clarificador), la cual denominan “lodos activados” (Tchobanoglous et al., 2003). En el agua residual municipal, es usual que el nitrógeno se encuentre en forma reducida (amoniaco), siendo parte de las estructuras orgánicas (proteínas, ácidos nucleicos, etc.) o como iones inorgánicos (nitrito y nitrato). Cuando el proceso de lodos activados se encuentra estabilizado, el nitrógeno pasa de un estado reducido ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) a su forma molecular (N_2). Lo anterior es complicado, debido a que la primera etapa requiere un ambiente aerobio (nitrificación) y la última un ambiente anóxico (desnitrificación). La solución de ingeniería consiste en tener varios biorreactores con flujos de aire independientes, además, un seguimiento exhaustivo de algunas variables, como el tiempo que se mantienen los organismos dentro del biorreactor; el índice volumétrico de lodos, es decir, cuántos mililitros ocupa un gramo de lodo activado; las relaciones de nutrientes (carbono/nitrógeno/fósforo) y la cantidad de microorganismos; el oxígeno disuelto en el agua; el tiempo de residencia del agua en el biorreactor y en el clarificador; la superficie de sedimentación y la velocidad de desbordamiento en el clarificador, entre otros (Tchobanoglous et al., 2003).

Si bien lo anterior requiere un trabajo coordinado de varios entes sociales, es relevante para la sostenibilidad de este recurso. Una infraestructura deficiente para la disposición

de agua residual permite la incorporación de grandes cantidades de nutrientes a los ambientes acuáticos, dificultando así el alcance del ODS 6. Aunque aquí solo se describió una parte de la infraestructura de tratamiento de agua residual, una gestión integral debe considerar también, la implementación, seguimiento y mantenimiento de infraestructuras relacionadas con el transporte, distribución y tratamiento de agua potable.

De manera alterna y poco evidente el ODS 7: Energía asequible y no contaminante, tiene concordancia con el ODS 6. Por un lado, la biotecnología permite vislumbrar el aprovechamiento de algunos de los microorganismos presentes en la eutrofización para la obtención de bioenergéticos, siendo candidatos para facilitar la transición hacia fuentes renovables de energía. Por otro lado, la biomasa generada durante los afloramientos puede ser separada e incluida en procesos de tratamiento de agua con retorno energético, como la biodigestión anaerobia.

4. Monitoreo de microcistina-LR en cuerpos de agua continentales en México

El fenómeno de florecimiento de algas y cianobacterias en aguas continentales mexicanas ha sido reportado ampliamente. La presencia de este fenómeno en cuerpos de agua dulce tiene implicaciones en el tratamiento de potabilización del agua, el cual debe considerar la presencia de moléculas producidas por los metabolismos de las cianobacterias (cianotoxinas) las cuales son de relevancia médica. Un ejemplo de cianotoxinas son las microcistinas (MC), moléculas de interés debido a su ubicuidad en el fenómeno de eutrofización y sus efectos adversos a la salud de animales y personas (se discutirá más adelante). Se han reportado florecimientos de cianobacterias en otros cuerpos de agua, como el lago de Chapultepec (CDMX) y su efecto sobre algunas especies de zooplankton (Nandini et al., 2020); en Valle de Bravo durante el estiaje y lluvias, probando el efecto de un extracto de cianobacterias sobre el rotífero *Brachionus calyciflorus* (Nandini et al., 2019); se ha determinado la bioacumulación de microcistinas en peces del lago de Pátzcuaro en Michoacán (Berry et al., 2011); en 2010 se realizó un primer reporte de florecimientos de cianobacterias en los cuerpos de agua del Centro de México que incluyó Zumpango, laguna de Atotonilco, Ciénega Chica, Cuemanco, Tlamelaca y Chapultepec (Vasconcelos et al., 2010).

La laguna de Cajititlán es un sitio donde se llevan a cabo actividades turísticas en los pueblos aledaños y, de igual importancia, forma parte de un ecosistema donde los florecimientos de cianobacterias llaman la atención por sus posibles efectos en la salud de las distintas especies con las que cohabitan. En México, la normatividad respectiva considera a las microcistinas como un parámetro de calidad en el agua

para consumo humano. La Norma Oficial Mexicana 127 de la Secretaría de Salud indica que la determinación de microcistina-LR (MC-LR) debe realizarse cuando el agua provenga de una fuente superficial, lo anterior, dentro del apartado de la determinación de fitotoxinas, con un límite permisible de $<1 \mu\text{g/L}$ (NOM-127, 2021).

La determinación de MC-LR se puede realizar mediante varias técnicas como: a) bioensayos que consideran la toxicidad real en animales; b) inhibición de la actividad de fosfatasa, la cual presenta una alta sensibilidad y especificidad; c) cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC, por sus siglas en inglés: High Performance Liquid Chromatography) permite la comparación en tiempos de elución con estándares de MC-LR; d) por medio de ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA, por sus siglas en inglés: Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) consiste en determinar cuantitativamente la presencia de MC-LR mediante el uso de anticuerpos, dado que MC-LR es un péptido; y e) cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS/MS, por sus siglas en inglés: Liquid Chromatography-Mass Spectrometry) la cual permite determinar cuantitativamente MC-LR (con alta confiabilidad) mediante la generación de espectros de masa/carga y de fragmentación.

5. La laguna de Cajititlán en el contexto social

La laguna de Cajititlán es una fuente de agua dulce, ubicada en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, cumple funciones paisajísticas y como sitio potenciador para realizar actividades turísticas y tradicionales para los pueblos situados cerca de ella. Las principales actividades realizadas por la población ribereña son: la recreación, esparcimiento, pesca, actividades agropecuarias y forestales (Roldán et al., 2015). Sin embargo, estas actividades se han visto afectadas en los últimos años por el desmesurado crecimiento poblacional e industrial que presenta el municipio de Tlajomulco. Los efectos antropogénicos han afectado la disponibilidad y calidad del agua de la laguna y una pérdida de la biodiversidad (Velázquez et al., 2012). Además, el cambio de uso de suelo, el uso excesivo de fertilizantes químicos y la rápida urbanización contribuyen con la acumulación de materia orgánica, desechos humanos y animales, lo cual favorece la eutrofización y causa efectos perjudiciales para la salud del ecosistema, convirtiéndose en un riesgo para las comunidades ribereñas en la laguna (Mosley, 2023).

Aunado a lo anterior, durante los 10 años previos al verano de 2017, en la laguna de Cajititlán se han registrado eventos de mortalidad de peces (Vizcaino-Rodriguez et al., 2017). Sin embargo, a la fecha, no se encuentra reportada en la literatura una explicación a este constante fenómeno. Recientemente, se ha propuesto que

la mortandad de peces en la laguna podría deberse al crecimiento de organismos fitoplanctónicos que producen toxinas (Ocampo-Álvarez et al., 2020).

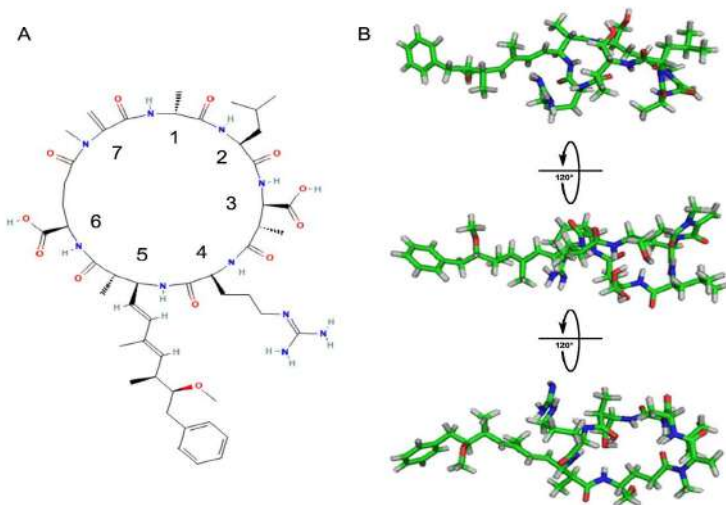
Dentro de las actividades culturales de la localidad con mayor tradición se encuentra la celebración de los Reyes Magos. Esta festividad es producto del sincretismo entre las creencias y actividades de pueblos precolombinos y la evangelización franciscana en la zona. Actualmente, se realizan procesiones, danzas y eventos eclesiásticos en el templo dedicado a los tres Reyes Magos, los cuales son llevados en lancha a través de la laguna en la celebración principal. Para los pobladores y los visitantes, esta celebración permite distinguir y disfrutar la gastronomía y artesanías características de la región (H. Ayuntamiento de Tlajomulco, 2024).

En este sentido, queda reflejado que la eutrofización vulnera los cuerpos de agua y las actividades culturales y económicas de la laguna de Cajititlán. Es de vital importancia establecer sistemas de gestión para proteger el recurso hídrico y activar la economía de la comunidad, atendiendo esta problemática debido a que la calidad de agua genera beneficios socioeconómicos y reduce riesgos a la salud de la comunidad ribereña.

Tal como lo indica el ODS 17, la gestión hídrica debe tener un enfoque que trascienda lo sustentable y se traduzca en prácticas sostenibles. En este sentido, y para alcanzar el ODS 6, no se puede dejar de lado la relevancia social que tiene la educación en temas ambientales. La enseñanza ambiental en todos los niveles educativos contribuye, además, a alcanzar el ODS 4: Educación de calidad. Las primeras aproximaciones didácticas y prácticas de la educación ambiental en el nivel básico pueden proyectar, a través de las universidades, la institución y fomento de líneas de investigación sobre temas ambientales prioritarios.

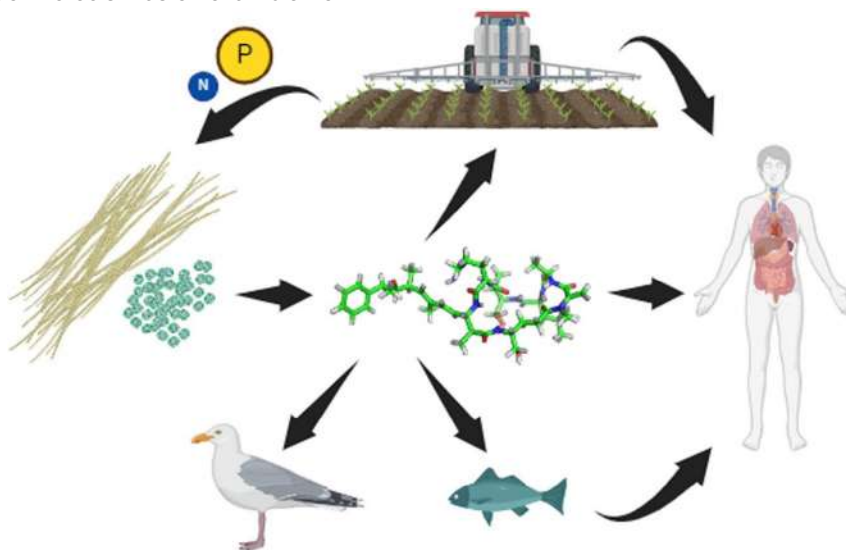
6. Contexto bioquímico de las cianotoxinas y su impacto en la salud

La microcistina pertenece a un grupo de moléculas peptídicas cíclicas no ribosomales cuya diversidad química es variada (más de 200 reportadas) y de las que el isómero LR (MC-LR) es el más abundante (Fig. 3). Es producida por varios géneros de cianobacterias, como *Microcystis*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, *Phormidium* y *Planktothrix* (Arman & Clarke, 2021). Los aminoácidos más variables entre las especies químicas de MC son la leucina (2 en la Fig. 3A) y la arginina (4 en la Fig. 3A), por ello, el isómero que los contiene se denomina LR (código de una letra de los aminoácidos). Su estructura condensada es $C_{49}H_{74}N_{10}O_{12}$ (995.19 Da.), se trata de un heptapéptido cíclico formado por residuos de aminoácidos poco comunes.

Figura 3*Representaciones estructurales de la microcistina-LR*

Nota. **A** Estructura 2D, los átomos de carbono (negro), nitrógeno (azul), oxígeno (rojo) e hidrógeno (gris) están representados con sus enlaces. Los aminoácidos están representados por los números: 1. Alanina, 2. Leucina, 3. Ácido D-eritro- β -metil aspártico (Masp), 4. Arginina, 5. Ácido (2S,3S,8S,9S)-3-amino-9-metoxi-2,6,8-trimetil-10-fenil deca-4,6-dienoico (Adda), 6. Glutamato, 7. N-metil dehidro alanina (Mdha). Figura modificada de PubChem CID 445434. **B** Estructuras 3D, las secuencias de imágenes corresponden a la misma molécula girada 120° sobre la horizontal, donde los átomos de carbono se representan en color verde. Fuente: Figura generada a partir del PDB 1LCM.

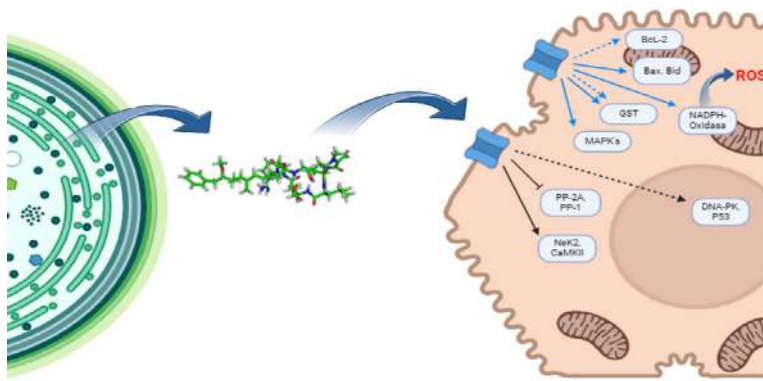
MC-LR se considera hepatotóxica y nefrotóxica en mamíferos (Arman & Clarke, 2021), sin embargo, puede dañar otros órganos, como el corazón, por medio de la producción de sustancias reactivas de oxígeno (Abderrahim *et al.*, 2019), el sistema digestivo (Duan *et al.*, 2020) y reproductivo (Zhang *et al.*, 2021), además del cerebro (Yu *et al.*, 2021). MC-LR es considerada una sustancia con potencial carcinogénico (grupo 2B, Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer). Pueden ser introducidas al organismo por la ingesta de agua contaminada, cultivos irrigados y animales criados con agua contaminada, así como por contacto con la piel y mucosas a partir de aerosoles que las contienen (Fig. 4). El valor guía recomendado por la Organización Mundial de la Salud en agua para beber es de $<1 \mu\text{g}$ de microcistina por litro o una ingesta diaria tolerable de $0.04 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal, además, $20 \mu\text{g/L}$ para actividades recreativas (WHO, 1999).

Figura 4*Flujo de microcistinas en el ambiente*

Nota. La entrada de nutrientes (N y P) a los cuerpos de agua exagera la floración de cianobacterias que producen cianotoxinas. La entrada al organismo puede ser por contacto directo con el agua contaminada o por ingestión de alimentos. Fuente: Elaboración propia.

Cuando las MC-LR son ingeridas, se absorben principalmente por el área apical de las células del intestino, pasando a la corriente sanguínea, la cual las distribuye a varios órganos, siendo el hígado y riñones los más afectados. Lo anterior, debido a que MC-LR es internalizada a las células por los transportadores de aniones orgánicos, los cuales son abundantes en hígado y riñones (Stieger & Hagenbuch, 2014). Estos transportadores son proteínas de 12 pases transmembranales que se encuentran en la membrana plasmática de los epitelios de hígado, riñón, intestino, cerebro y placenta (Dou et al., 2023). Su función está relacionada con la excreción de xenobióticos (MRP2) y el transporte de componentes endógenos, como nutrientes y metabolitos (OATPB1, OATPB3, OATPA2 y Oatp1b2).

A nivel molecular, la microcistina interactúa con distintos procesos involucradas en el transporte, ultraestructura celular, señalización, estrés oxidativo, muerte celular, regulación en la expresión y abundancia de proteínas (Fig. 5). MC inhibe la función de las fosfatasa 1, 2^a (IC₅₀ 0.1-1 nM), formando un enlace covalente con la subunidad catalítica serina/treonina.

Figura 5*Efecto de la microcistina en hepatocitos*

Nota. Se ha sugerido que la principal acumulación de MC se da en las membranas tilacoidales de las cianobacterias, para después ser liberadas. Las flechas negras indican, incremento de actividad (con punta de flecha), inhibición (sin punta de flecha), disminución de actividad (línea punteada). Las flechas azules indican, incremento de proteína o expresión génica (con punta de flecha), disminución de la proteína o expresión génica (línea punteada). Fuente: Figura basada en la información contenida en Campos y Vasconcelos (2010).

MC se ha relacionado con la producción de sustancias reactivas de oxígeno (ROS), a través de la modificación de la función de la enzima lactato deshidrogenasa, en la peroxidación de lípidos y la depleción de glutatión por conjugación (que implica una reducción de biodisponibilidad de MC, es decir, reduce su toxicidad). La producción de ROS produce daño en mitocondrias, modificación de la cadena de transporte de electrones (fosforilación oxidativa), promoción de la apoptosis, además de generar daños en material genético por la oxidación de purinas (Arman & Clarke, 2021).

Por otro lado, se ha demostrado que las cianotoxinas presentan una alta estabilidad en condiciones de bajas temperaturas (Dinh *et al.*, 2021), son resistentes a la fotodegradación (Tsuj *et al.*, 1994) y ante cambios de pH y temperatura (Harada' *et al.*, 1996), lo cual contribuye a evidenciar la necesidad de establecer acciones para su control con el fin de alcanzar el ODS 6.

De manera transversal, el ODS 6 tiene concordancia con el ODS 3: Salud y bienestar. Lo anterior puede intuirse fácilmente en función del efecto de las toxinas en la salud humana y la necesidad de su control para prevenir un impacto negativo en la calidad de vida de los pobladores de la laguna de Cajititlán.

7. Desde la fotosíntesis hasta la producción de toxinas en cianobacterias

A nivel global, las cianobacterias son relevantes al construir moléculas orgánicas, a través de la transducción de la energía luminosa en energía química. Con ello, alimentan distintas cadenas tróficas, secuestrando el dióxido de carbono disuelto en el agua y, por supuesto, el contenido en la atmósfera. Junto con las algas y las plantas, son los organismos que mantienen los niveles actuales de oxígeno en la atmósfera. Esto permite el flujo de electrones contenidos en materia reducida de los organismos fotosintéticos (biomasa), a través del metabolismo productor de energía de la mayoría de los organismos heterótrofos (respiración).

La producción de toxinas es una habilidad ampliamente distribuida a través de los filos conocidos de **Bacteria**. Si se da un vistazo a los genomas conocidos de cianobacterias, la mayoría posee genes relacionados con la producción de cianotoxinas y policétidos (Shih et al., 2013). Desde el enfoque de la biotecnología, algunas de estas moléculas podrían tener aplicaciones en distintas áreas, las mismas cianobacterias tienen un alto potencial para la producción de sustancias de origen natural, como los lípidos, biocombustibles, proteínas, entre otras (Choo & Parveen, 2020). La producción de cianotoxinas está relacionada con estrés ambiental, la disminución en la concentración de nutrientes (fosfato) y los cambios de temperatura y pH. La producción de cianotoxinas puede ser parte de un mecanismo de defensa ante otros organismos.

A nivel molecular, la síntesis de microcistina es realizada por el complejo enzimático formado por la sintetasa de péptidos no ribosómicos, las policétido sintetas (por sus siglas en inglés, NRPS y PKS, respectivamente) y enzimas de adaptación (*tailoring enzymes*), las cuales ensamblan de manera secuencial la molécula de microcistina a partir de aminoácidos y ácidos grasos. El proceso comienza con la activación de los aminoácidos específicos por las NRPS, para la formación de los enlaces peptídicos. Simultáneamente, las PKS incorporan unidades de ácido graso a la estructura en crecimiento. Un aspecto crítico de la síntesis de microcistina es la adición de un grupo metilo en la posición 3 del anillo de la ADDA (ácido 3-amino-9-metoxi-2,6,8-trimetil-10-fenil-deca-4,6-dienoico), una característica distintiva de esta cianotoxina. Como parte del proceso final, la molécula de microcistina es modificada con la adición de grupos metilo y otros radicales que le confieren su toxicidad específica (Bashir et al., 2023).

Sin duda, no se puede evitar el crecimiento de las cianobacterias debido a que son un componente biológico indispensable en los hábitats acuáticos, sin embargo, se puede disminuir la magnitud de sus floraciones cuidando la calidad del agua y promoviendo su saneamiento antes de su descarga en estos ecosistemas, contribuyendo así al alcance del ODS 6.

Conclusión

El aprovechamiento de los recursos hídricos requiere una gestión a distintos niveles. El ODS 6 consiste en garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos, por lo que, socialmente requerimos trabajar de manera multidisciplinar, con transversalidad en temas de cumplimiento ambiental, aplicación y pulimiento de la legislación, la constitución de organismos civiles y gubernamentales especializados en el diseño de la normatividad, el seguimiento, cuidado y mejora de la infraestructura hidráulica y el respeto de la estructura hidrológica regional. Dicha gestión es prioritaria para cualquier Estado, por lo tanto, las agendas político-públicas deben tener clara la necesidad de extender el conocimiento y legislación de este recurso, otros recursos y, en general, del ambiente. Es decir, esta gestión requiere del esfuerzo combinado de los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. Es importante recalcar que la atención a este objetivo puede extrapolar efectos y facilitar el logro y atención a otros ODS. Para alcanzar los ODS, el método de globalización del tema hídrico, y en general del ambiente, se inclina por la integración de todas las áreas del conocimiento humano para generar soluciones de fondo.

Referencias

- Abderrahim, L. A., Taïbi, K., Abderrahim, N. A., Alomery, A. M., Abdellah, F., Alhazmi, A. S., & Aljassabi, S. (2019). Protective effects of melatonin and N-acetyl cysteine against oxidative stress induced by microcystin-LR on cardiac muscle tissue. *Toxicon*, 169, 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.08.005>
- Alatorre-Zamora, M. A., Campos-Enríquez, J. O., Rosas-Elguera, G., Peña-García, L., Maciel-Flores, R., Fregoso-Becerra, E., & Peña, L. (2015). Chapala half-graben structure inferred. A magnetometric study (Vol. 54, Issue 4).
- Arman, T., & Clarke, J. D. (2021). Microcystin toxicokinetic, molecular toxicology, and pathophysiology in preclinical rodent models and humans. In *Toxins* (Vol. 13, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/toxins13080537>
- Bashir, F., Bashir, A., Bouaïcha, N. (2023). Cyanotoxins, biosynthetic gene clusters, and factors modulating cyanotoxin biosynthesis. *World J Microbiol Biotechnol* 39, 241. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03652-x>

- Bergman, B., Sandh, G., Lin, S., Larsson, J., & Carpenter, E. J. (2013). *Trichodesmium* - a widespread marine cyanobacterium with unusual nitrogen fixation properties. In *FEMS Microbiology Reviews*. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2012.00352.x>
- Berry, J. P., Lee, E., Walton, K., Wilson, A. E., & Bernal-Brooks, F. (2011). Bioaccumulation of microcystins by fish associated with a persistent cyanobacterial bloom in Lago de Patzcuaro (Michoacan, Mexico). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(7), 1621–1628. <https://doi.org/10.1002/etc.548>
- Campos, A., & Vasconcelos, V. (2010). Molecular mechanisms of microcystin toxicity in animal cells. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 11, Issue 1, pp. 268–287). <https://doi.org/10.3390/ijms11010268>
- CEA. Comisión Estatal del Agua de Jalisco (2023). https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/seida/plantas_tratamiento.php. Revisada en enero del 2024.
- Clements, T. (1959). Chapala Formation, Jalisco, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 70:1713.
- Choo, D. H., Lee, H., & Parveen, A. (2020). Cyanobacteria: Review of Current Potentials and Applications. *Environments*, 7(2), 13. <https://doi.org/10.3390/environments7020013>
- De Anda, J., Díaz-Torres, J. de J., Gradilla-Hernández, M. S., & De la Torre-Castro, L. M. (2019). Morphometric and water quality features of Lake Cajititlán, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7163-8>
- Dinh, Q. T., Munoz, G., Simon, D. F., Vo Duy, S., Husk, B., & Sauvé, S. (2021). Stability issues of microcystins, anabaenopeptins, anatoxins, and cylindrospermopsin during short-term and long-term storage of surface water and drinking water samples. *Harmful Algae*, 101. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101955>
- Dou, T., Lian, T., Shu, S., He, Y., & Jiang, J. (2023). The substrate and inhibitor binding mechanism of polyspecific transporter OAT1 revealed by high-resolution cryo-EM. *Nature Structural and Molecular Biology*, 30(11), 1794–1805. <https://doi.org/10.1038/s41594-023-01123-3>
- Duan, Y., Xiong, D., Wang, Y., Dong, H., Huang, J., & Zhang, J. (2020). Effects of *Microcystis aeruginosa* and microcystin-LR on intestinal histology, immune response, and microbial community in *Litopenaeus vannamei*. *Environmental Pollution*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114774>
- Frey, H. M., Lange, R. A., Hall, C. M., Delgado-Granados, H., & Carmichael, I. S. E. (2007). A pliocene ignimbrite flare-up along the Tepic-Zacoalco rift: Evidence for the initial stages of rifting between the Jalisco block (Mexico) and North America. *Bulletin of the Geological Society of America*, 119(1–2), 49–64. <https://doi.org/10.1130/B25950.1>

- H. Ayuntamiento de Tlajomulco. <https://www.tlajomulco.gob.mx/laguna-de-cajititlan>, revisada el 24 de julio de 2024.
- Harada, K.-I., Tsuji, K., Watanabe, M. F., Kondo, F., Harada, K., K.-I., Tsuji, Y., et al. (1996). Stability of microorganisms from cyanobacteria. * Effect of pH and temperature. In *Phycologia* (Vol. 35, Issue 6).
- Harper, D. (1992). *Eutrophication of Freshwaters: Principles, Problems and Restoration*. Springer Science & Business Media.
- IIEG. Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco (2021). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2021/03/Precipitacion_Media_Mensual_Historica.pdf Revisado en enero de 2024.
- Leigh, J. A. (2000). Nitrogen Fixation in Methanogens 125 Curr. In *Issues Mol. Biol* (Vol. 2, Issue 4).
- Limón-Macias, J. G., Amezcua-Cerda, J. J., & Bastidas, R. V. (1983). Rehabilitation plan for lake Cajititlán: an endangered shallow lake. In *Lake Restoration, Protection and Management. Proceedings of the second annual conference*. North American Lake Management Society. Vancouver, British Columbia, Canada. U.S. Environmental Protection Agency. pp. 69–72.
- Martin, J. H., Coale, K. H., Johnson, K. S., Fitzwater, S. E., Gordon, R. M., Tanner, S. J., Hunter, C. N., Elrod, V. A., Nowicki, J. L., Coley, T. L., Barber, R. T., Lindley, S., Watson, A. J., Van Scoy, K., Law, C. S., Liddicoat, M. I., Ling, R., Stanton, T., Stockel, J., ... Tindale, N. W. (1994). Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 371(6493), 123–129. <https://doi.org/10.1038/371123a0>
- Matson, P., Lohse, K. A., & Hall, S. J. (2002). The Globalization of Nitrogen Deposition: Consequences for Terrestrial Ecosystems. In *Source* (Vol. 31, Issue 2).
- Mosley, L. M., Priestley, S., Brookes, J., Dittmann, S., Farkaš, J., Farrell, M., & Welsh, D. T. (2023). Extreme eutrophication and salinization in the Coorong estuarine-lagoon ecosystem of Australia's largest river basin (Murray-Darling). *Marine Pollution Bulletin*, 188, 114648.
- Nandini, S., Sánchez-Zamora, C., & Sarma, S. S. S. (2019). Toxicity of cyanobacterial blooms from the reservoir Valle de Bravo (Mexico): A case study on the rotifer *Brachionus calyciflorus*. *Science of the Total Environment*, 688, 1348–1358. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.297>
- Nandini, S., Zamora-Barrios, C. A., & Sarma, S. S. S. (2020). A Long-Term Study on the Effect of Cyanobacterial Crude Extracts from Lake Chapultepec (Mexico City) on Selected Zooplankton Species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(12), 2409–2419. <https://doi.org/10.1002/etc.4875>

- Nedelciu, C. E., Ragnarsdottir, K. V., Schlyter, P., & Stjernquist, I. (2020). Global phosphorus supply chain dynamics: Assessing regional impact to 2050. *Global Food Security*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100426>
- NOM-001. Norma Oficial Mexicana 001-Semarnat-2021 (2022). Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. DOF.
- Ocampo-Álvarez, H., Lara-González, M. A., Choix-Ley, F. J., Becerril-Espinosa, A., Ayón-Parente, M., Enciso-Padilla, I., & Juárez-Carrillo, E. (2020). Ensamblaje fitoplanctónico de la laguna de Cajititlán, Jalisco durante el Año 2015. *e-CUCBA*, (13), 11-11.
- Padilla Y Sánchez, R. J. (1904). Evolución geológica del sureste mexicano, Golfo de México Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México.
- Pajares, S., & Ramos, R. (2019). Processes and Microorganisms Involved in the Marine Nitrogen Cycle: Knowledge and Gaps. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 6). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00739>
- Roldán-Roa, M. E., Almeida-Luján, C., Morales-Hernández, J., & Alvarado-Castro, E. R. (2015). La agricultura familiar de traspatio y los pasos hacia la sustentabilidad: Una experiencia en la Laguna de Cajititlán, Jalisco, México.
- Seitzinger, S. P., Harrison, J. A., Dumont, E., Beusen, A. H. W., & Bouwman, A. F. (2005). Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. In *Global Biogeochemical Cycles* (Vol. 19, Issue 4). <https://doi.org/10.1029/2005GB002606>
- Shih, P. M., Wu, D., Latifi, A., Axen, S. D., Fewer, D. P., Talla, E., Calteau, A., Cai, F., Tandeau de Marsac, N., Rippka, R., Herdman, M., Sivonen, K., Coursin, T., Laurent, T., Goodwin, L., Nolan, M., Davenport, K. W., Han, C. S., Rubin, E. M., ... Kerfeld, C. A. (2013). Improving the coverage of the cyanobacterial phylum using diversity-driven genome sequencing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(3), 1053–1058. <https://doi.org/10.1073/pnas.1217107110>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. doi: 10.1126/science.1259855
- Stieger, B., & Hagenbuch, B. (2014). Organic anion-transporting polypeptides. In *Current Topics in Membranes* (Vol. 73, pp. 205–232). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800223-0.00005-0>

- Tchobanoglous, George; Burton, Franklin L.; Stensel, D. H. (2003). *Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. McGraw Hill.
- Tsuj, K., Nalto, S., Kondo, F., Ishikawa, N., Watanabe, M. F., Suzuk, M., & Haradall, K. (1994). Stability of Microcystins from Cyanobacteria: Effect of Light on Decomposition and Isomerization. In *Environ. Sci. Technol* (Vol. 1094).
- UNSSC. (2017). The 2030 Agenda for Sustainable Development By endorsing the 2030 Agenda for Sustainable Development and its 17 Sustainable Development Goals. www.unssc.org
- Vasconcelos, V., Martins, A., Vale, M., Antunes, A., Azevedo, J., Welker, M., Lopez, O., & Montejano, G. (2010). First report on the occurrence of microcystins in planktonic cyanobacteria from Central Mexico. *Toxicon*, 56(3), 425–431. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.04.011>
- Velázquez, L. L., Ochoa, G. H., y Morales, H. J. (2012) *Agua y conflictos ambientales en Cajititlán Jalisco*. Tetreault Darcy, H Ochoa García y E Hernández González (coordinadores) *Conflictos socioambientales y alternativas de la sociedad civil*. Ediciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente Guadalajara, México.
- Vizcaíno-Rodríguez, L. A., Juárez-Carillo, E., Caro-Becerra, J. L., Baltazar-Díaz, T. A., Luján-Godínez, R., & Lara-González, M. A. (2017). Contaminación ambiental y biodiversidad de fitoplancton en el Lago Cajititlán. *Revista de Salud Ambiental*, 17(2), 130-138.
- Voss, M., Bange, H. W., Dippner, J. W., Middelburg, J. J., Montoya, J. P., & Ward, B. (2013). The marine nitrogen cycle: Recent discoveries, uncertainties and the potential relevance of climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0121>
- WHO. (1999). *Guías para la calidad del agua potable Addendum al volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud Ginebra*.
- Yu, Y., Zhang, Q., Liu, G., Deng, Y., Kang, J., Zhang, F., Lu, T., Sun, L., & Qian, H. (2021). Proteomic analysis of zebrafish brain damage induced by *Microcystis aeruginosa* bloom. *Science of the Total Environment*, 795. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148865>
- Zhang, S., Du, X., Liu, H., Losiewicz, M. D., Chen, X., Ma, Y., Wang, R., Tian, Z., Shi, L., Guo, H., & Zhang, H. (2021). The latest advances in the reproductive toxicity of microcystin-LR. In *Environmental Research* (Vol. 192). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110254>

DISEÑO HIDROLÓGICO CON KEYLINE EN TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA: UN ENFOQUE SUSTENTABLE PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Ma. del Carmen Ponce Rodríguez⁴⁰

Paloma Gallegos Tejeda⁴¹

Resumen

Tlajomulco de Zúñiga enfrenta desafíos ambientales significativos en el sector agrícola, particularmente debido a la escasez de recursos hídricos y a la poca disponibilidad de agua, lo que afecta la productividad de sus suelos deteriorados por las malas prácticas agrícolas. Esto resalta la necesidad de abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la región. Una solución innovadora para enfrentar esta problemática es el Sistema *Keyline*, que permite captar, distribuir e infiltrar el agua de lluvia en todo el terreno, restituyendo al suelo su fertilidad. Este enfoque puede contribuir a la implementación de varios ODS. Por tanto, se planteó este caso de estudio que tiene como objetivo explorar la aplicación del *Keyline* en el municipio y sus posibles contribuciones a los ODS en el contexto local, describir la metodología para su establecimiento, sus principales beneficios y, además, presentar la implementación del proyecto formalizado en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara (CUTlajo-UDG) y en el Municipio. Hasta ahora, se ha logrado la sensibilización y/o capacitación de aproximadamente 300 personas, a través de talleres, pláticas y reuniones en espacios dirigidos a la agroecología, como el CUTlajo, el Bosque Escuela de Agricultura Regenerativa (BEAR) y la Feria de la Red Ecológica de Autoabasto para la Soberanía Alimentaria (REALSA). Conjuntamente, se establecieron dos parcelas demostrativas, seis productores locales replicaron el sistema, y se consolidó un grupo de profesores investigadores y alumnos que dan seguimiento al sistema. Se propone medir el impacto del sistema en las características del suelo, incluyendo la erosión, compactación y contenido de humedad, así como en la vegetación, evaluando la cobertura vegetal y la producción. Se espera que, en un periodo de tres años, este proyecto se consolide como un plan piloto para su implementación en todo el municipio y aporte a los ODS.

40 Doctora en Ciencias Agropecuarias y Forestales y profesora en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2980-6828>. Correo electrónico: mdelcarmen.ponce@academicos.udg.mx

41 Doctora en Ciencias de la Conservación del Patrimonio Paisajístico y profesora investigadora en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2126-6716>. Correo electrónico: paloma.gallegos@cutlajomulco.udg.mx

Palabras clave

Keyline, cosecha de agua, regeneración de suelo.

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



b) Complementarios



Introducción

En el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México, la escasez y contaminación del agua son problemas críticos. La sobreexplotación de acuíferos, todos al límite de su capacidad (100 %), y las sequías extremas del 2023 han golpeado duramente la agricultura. En ese año, el 97 % de la superficie agraria sufrió sequías, de las cuales el 63.5 % fue catalogada como extrema (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.). Paralelamente, la degradación del suelo, derivada de la deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas, como la utilización excesiva de maquinaria, erosionan y afectan la fertilidad del suelo, lo cual amenaza la sostenibilidad. Aunque el gobierno ha implementado algunas medidas restauradoras, como la reforestación, se requiere con urgencia un enfoque integral y sostenible para abordar estos problemas. Por tanto, se necesita priorizar el desarrollo económico, social y ambiental para garantizar la seguridad alimentaria y el bienestar a largo plazo. Este capítulo tiene como objetivo presentar un análisis de la aplicación del Diseño hidrológico con línea clave o *Keyline* y su contribución a los ODS en el contexto local, centrándose en el buen uso y manejo del agua y suelo. Igualmente, describir la metodología para su establecimiento, sus principales beneficios y, además, plasmar los avances del proyecto de *Keyline* formalizado en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara (CUTlajo-UDG) y en el municipio.

1. Características del municipio de Tlajomulco de Zúñiga

Tlajomulco de Zúñiga está ubicado en el estado de Jalisco, México, en la región Centro del país. Limita al norte con los municipios de Zapopan y Guadalajara, al sur con Tala, al este con El Salto y al oeste con Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.). La cabecera municipal se encuentra a una altitud de 1,525 m s. n. m. y tiene una superficie aproximada de 63,693 hectáreas (INEGI, 2020). Forma parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara y tiene un clima predominantemente subtropical subhúmedo, con lluvias en verano (SIMUNJAL, s.f.).

De acuerdo con el último censo del INEGI en 2020, tenía una población de 727,750 habitantes, con una densidad de población de 581,43 habitantes por kilómetro cuadrado. La cual está distribuida en diferentes localidades, siendo la cabecera municipal la más poblada (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.).

Su economía se basa principalmente en la industria y el comercio, debido a su cercanía con Guadalajara (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.). Entre las industrias más importantes se encuentran la producción de autopartes, textiles, alimentos y bebidas, así como productos químicos (SIMUNJAL, s.f.). El Aeropuerto Internacional de Guadalajara también se encuentra en el municipio y contribuye significativamente a la economía local (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.).

En el municipio los recursos hídricos son escasos y se enfrentan problemas de distribución y contaminación. El agua se obtiene principalmente de pozos y manantiales, y la demanda se ha incrementado debido al crecimiento urbano y a las actividades industriales y agrícolas (CEAAJalisco, s.f.).

Paralelamente, el municipio sufre de manera aguda los efectos del cambio climático. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, en el año 2023, se registró una sequía extrema en el territorio, representando uno de los periodos más secos de los últimos 20 años (CONAGUA, s.f.). Estas condiciones han repercutido sobre los recursos hídricos, de tal forma que, de los cinco acuíferos donde el municipio se encuentra ubicado, el 100 % de ellos no tiene disponibilidad, están sobreexplotados (Tlajomulco de Zúñiga, 2023).

Por su parte, la agricultura juega un papel importante en la economía local. Según el Atlas del Agua en Jalisco, el municipio cuenta con una superficie agrícola de aproximadamente 35,000 hectáreas, representando aproximadamente el 55 % de la superficie total del municipio (CEAAJalisco, s.f.). Los principales cultivos en la región inclu-

yen maíz, frijol, sorgo, trigo, avena, agave y frutales (Sistema de Información Municipal de Jalisco, s.f.). Pese a la importancia de la agricultura en la zona, la región enfrenta varios problemas y desafíos relacionados en este sector:

a. Escasez de agua y problemas de irrigación:

La falta de recursos hídricos y la ineficiente gestión del agua son un problema usual en la región. Esto dificulta la irrigación de los cultivos y limita la producción agrícola, afectando la producción de alimentos en el municipio (CEAAJalisco, s.f.; Caro Becerra et al., 2024).

b. Degradación de la tierra y erosión:

Además de la deforestación, existen otros factores importantes en el tema de la degradación de los suelos, las malas prácticas agrícolas, los usos y costumbres de sus usuarios que, con el propósito de aumentar la producción, utilizan maquinaria e insumos, sin considerar los deterioros que esto conlleva. Si inicialmente traen retribuciones, a lo largo del tiempo deterioran el suelo (Gómez-Calderón, et al., 2018). Como ejemplo, terrenos que se encuentran en pendientes son cultivados en hileras en favor de esta (cultivo de agave), lo que genera mayor escurrimiento, erosión y la pérdida de nutrientes. Esto reduce la fertilidad y amenaza la productividad a largo plazo (SIMUNJAL, s.f.).

c. Cambio climático y eventos extremos:

Los cambios en las condiciones climáticas y la mayor frecuencia de eventos extremos, como sequías y lluvias torrenciales, afectan la agricultura en la región. Durante la sequía del 2023, el 97 % de la superficie agraria presentó alguna categoría de sequía, donde el 63.5 % fue extrema. Lo que lleva a la pérdida de cosechas y genera inseguridad alimentaria (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.).

d. Falta de infraestructura y tecnología:

Esta carencia, limita la modernización de la agricultura en la región. Lo que dificulta la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y eficientes (CEAAJalisco, s.f.).

Así, la gestión sostenible del agua es un desafío importante para el municipio y requiere soluciones innovadoras y eficientes (Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga, s.f.). Para enfrentar estos problemas, el gobierno municipal ha implementado algunas medidas de prevención, como es la reforestación, la regulación del uso del suelo y la creación de áreas protegidas. Sin embargo, todavía se necesitan más esfuerzos para combatir esta amenaza ambiental.

Estos desafíos requieren soluciones integrales y sostenibles, como se dijo anteriormente, una alternativa es establecer las metas de los ODS que impactan los temas de agua y suelo, con estrategias que fomenten el crecimiento económico, social y ambiental, los componentes fundamentales de la sostenibilidad.

2. Objetivos de Desarrollo Sostenible y su relevancia en Tlajomulco de Zúñiga

Como es sabido, los ODS son una agenda global para lograr un desarrollo sostenible en todo el mundo para 2030 (Naciones Unidas, s.f.), y en el contexto de Tlajomulco de Zúñiga, existe la necesidad de aplicarlos para atender temas trascendentales como son: la disponibilidad de agua, degradación de suelo, seguridad alimentaria, ecosistemas resilientes y el cambio climático, entre otros. Los más relevantes se presentan en el Tabla 1.

Tabla 1

Objetivos de Desarrollo Sostenible relevantes en Tlajomulco de Zúñiga

ODS		Relevancia
2	Lograr la seguridad alimentaria	Trabajar con la disponibilidad de agua y la reducción de la degradación del suelo, contribuye a la producción de más alimentos, a una agricultura sostenible.
3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar común	Evitar la contaminación de agua y suelo con productos químicos y residuos, favorece la producción de alimentos libres de tóxicos, que pueden tener un impacto en la salud. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables.
6	Garantizar la disponibilidad del agua de calidad	Mantener un suelo sano es importante debido al papel que desempeña en filtrar, limpiar, almacenar (pozos, bordos, aljibes, etc.) y, además, proporcionar agua de calidad para los usos domésticos y la agricultura.
8	Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos	La disponibilidad de agua y la conservación del suelo mejora la capacidad de producción de bienes, servicios ecosistémicos, la seguridad alimentaria y economía.
11	Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles	Es necesario garantizar la disponibilidad de agua que supla las necesidades básicas, y un suelo fértil para producir fibras, combustibles, medicinas y alimentos para la población y, además, almacene y filtre agua, esto sin duda, mejora la seguridad y resiliencia ante eventos adversos como incendios, inundaciones y sequías, entre otros.

12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles	Implementar acciones en favor de los recursos hídricos y del suelo, con un enfoque integral que combine educación, innovación tecnológica, políticas favorables y colaboración entre sectores. Al instituir estas estrategias, se puede reducir el impacto ambiental y promover un desarrollo sostenible a largo plazo, beneficiando tanto a la economía como al medio ambiente y la sociedad.
13	Combatir el cambio climático y sus impactos	Reconocer que el agua y el suelo son agentes clave por su papel en el ciclo del carbono. La humedad en el suelo activa la microbiología y macrobiología, estas ponen disponibles los nutrientes, favoreciendo el crecimiento de la vegetación, que por medio de la fotosíntesis inyecta CO ₂ de la atmósfera al suelo y lo secuestra, convirtiéndolo en biomasa. Así, se reducen emisiones de gases de efecto invernadero.
15	Conservar la vida de los ecosistemas terrestres	El manejo adecuado de bosques y pastizales, la disminución de la desertificación y la regeneración de las tierras, dependen mayormente de la gestión de los recursos hídricos y del suelo. Lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad y al uso sostenible de los ecosistemas.

Fuente: Naciones Unidas.

3. Diseño hidrológico con *Keyline*

La implementación del Sistema *Keyline* tiene como objetivo administrar al máximo el agua de lluvia: lograr mayor captación, conducción, distribución, almacenamiento, infiltración y absorción en el terreno. Además, controlar las escorrentías, reducir la pérdida de suelo y nutrientes, lo que contribuye a su regeneración y, además, favorece el desarrollo de la vegetación (Gras, 2012).

La técnica fue desarrollada en Australia alrededor de 1950 por el agricultor e ingeniero en minas Percival Alfred Yeomans, ante un régimen de lluvias impredecible y la poca precipitación en la región, surge por la necesidad de captar y almacenar agua (Yeomans, 1993).

3.1 Principios

Se basan en el concepto de la Escala de Permanencia, una herramienta que facilita el diseño y la planificación del uso de la tierra de manera más inteligente y sostenible. Esta escala clasifica los elementos del paisaje según su facilidad de cambio, desde los más permanentes (clima) hasta los más modificables (suelo). Considera ocho niveles que incluyen: el clima, la topografía, el agua, los accesos (carreteras), los árboles, las estructuras, las cercas y el suelo (Gras, 2012).

Al diseñar o planificar el uso de la tierra, es fundamental considerar la sensibilidad de los elementos naturales. Priorizar la conservación de los elementos más delicados y estables minimiza el impacto en el ecosistema y fomenta cambios duraderos. El clima, como factor permanente, establece las directrices del diseño, mientras que el suelo, aunque más sensible, puede regenerarse con prácticas adecuadas. Este enfoque trabaja en armonía con la naturaleza, en lugar de oponerse a ella (IMTA, 2013a).

Paralelamente, el *Keyline* se rige por los principios de permacultura, que prácticamente se basa en observar la naturaleza e imitar el funcionamiento de los ecosistemas, integrando sistemas agrícolas y sociales que funcionan en armonía. Al imitar patrones naturales, se diseñan entornos humanos que reducen al mínimo el impacto ambiental y maximizan la sostenibilidad de los recursos.

La “Flor de la Permacultura”, representa los elementos clave para una cultura sostenible, muestra cómo trabajar con la naturaleza y no en contra de ella, donde la ética y el diseño son el punto central (ver Figura 1). Esta representación visual muestra la interconexión de temas como la conservación de energía, el aprovechamiento óptimo de recursos, la agricultura y la gestión de tierras, evolucionando en una espiral de aprendizaje. Al adoptar estos principios y temas clave, se avanza hacia una sociedad más equilibrada y en armonía con el entorno natural (Gras, 2012, Nieto, 2012), empatándose con los ODS.

Figura 1

Flor de la permacultura



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Diseño e implementación

Para establecer el Diseño hidrológico con el Sistema *Keyline* en un terreno, deben considerarse los siguientes pasos:

Diagnóstico:

- a. *Realizar un recorrido y zonificación del terreno:* Identificar zonas de inundación, sequía, entradas y salidas de agua, estructuras, riesgos, oportunidades y amenazas.
- b. *Evaluación de las características físicas del suelo:* Analizar profundidad, textura y pendiente del terreno para determinar capacidad de infiltración, almacenamiento de agua y susceptibilidad a la erosión.
- c. *Análisis del clima y precipitación:* Estudiar patrones climáticos locales y precipitación anual para planificar captación y almacenamiento de agua de lluvia.
- d. *Evaluación de las necesidades de agua en el rancho:* Determinar el volumen de agua para todo uso: doméstico, pecuario, agrícola, etc., para dimensionar correctamente las estructuras de captación y almacenamiento de agua.

El diagnóstico permite identificar las oportunidades y limitaciones del terreno, proporcionando información crucial para desarrollar un diseño efectivo y sostenible (Moro, 2018).

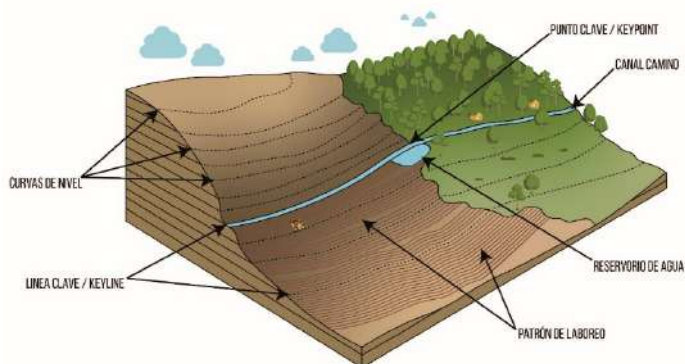
Paisaje y topografía:

Se requiere un análisis profundo del paisaje y sus componentes: valles, laderas, vertientes, líneas de agua, parteaguas y desagües (ver Figura 2). Esta comprensión del terreno permite identificar las áreas críticas para la captación y distribución eficiente del agua de lluvia (Yeomans, 1993). Es indispensable tener el plano topográfico del terreno, donde se definen las áreas de captación de lluvia, cultivos, caminos, ubicación de reservorios, etc. (Gras, 2012; Nieto, 2012).

Figura 2*Componentes del paisaje*

Fuente: Elaboración propia.

La base para desarrollar el diseño es identificar el punto clave (*Keypoint*), que generalmente se encuentra donde la pendiente del terreno cambia abruptamente, pasando de una inclinación pronunciada a una pendiente más plana. Es el sitio donde el agua de lluvia se empieza a desplazar de forma uniforme y pausada hacia los lados del valle. Identificado el punto clave, a partir de él, se traza la línea clave (*Keyline*), que es una línea a nivel que se extiende a ambos lados de este punto (Nieto, 2012; Ruíz, 2013a; IMTA, 2013a).

Figura 3*Descripción topográfica y patrón de laboreo según la línea clave*

Fuente: Elaboración propia.

Patrón de cultivo en líneas clave:

La línea clave se convierte en la curva de transición, a partir de ella, se traza el patrón de laboreo de manera progresiva en ambas direcciones de la línea clave, hacia arriba y hacia abajo (Yeomans, 1993; Gras, 2012; IMTA, 2013a).

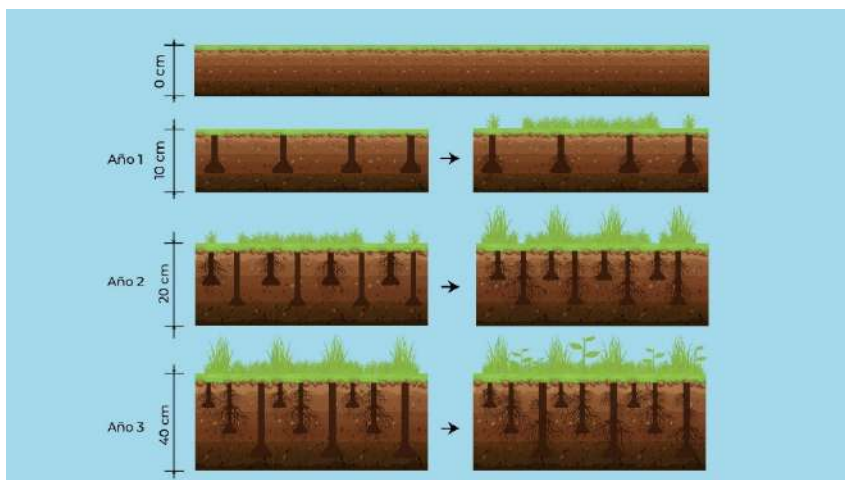
El diseño del patrón en *Keyline* sigue un trazado paralelo, se ajusta suavemente, ligeramente en forma ascendente en las vertientes y descendente en las laderas. Es importante considerar que la pendiente de los surcos no debe ser mayor al 0.3 % (Ruíz, 2012). Este diseño mueve las escorrentías de las vertientes hacia las laderas, reduciendo la concentración de agua en las zonas más bajas (donde el agua suele concentrarse) y aumentando la disponibilidad en las laderas (que tienden a ser más secas). De esta manera, se promueve un flujo de agua más lento, permitiendo una mayor infiltración y retención del agua en el terreno (Gras, 2012; Ruíz, 2013).

Con el mapa de curvas a nivel, el punto clave y la línea clave identificados (que puede haber más de uno en el terreno, o bien ninguno), se diseña el patrón de cultivos y plantaciones, así como estructuras, tales como canales, caminos, represas, reservorios, edificios, etc., todos se alinean respetando los contornos del terreno.

Cultivador subterráneo Yeomans:

El Sistema *Keyline* está ligado al cultivador subterráneo Yeomans, este es conocido por su diseño de cincales que no voltean el suelo, crea surcos subterráneos que el agua puede seguir sin alterar la estructura del terreno (ver Figura 4). Los productores deben seguir el patrón de cultivo marcado por el implemento en el suelo al establecer (sembrar, plantar, etc.) sus cultivos (ver Figura 3).

Se recomienda pasarlo a una profundidad de 10-15 cm en el primer año, incrementándola al doble cada año hasta alcanzar los 45 cm en un periodo de 2 o 3 años (ver Figura 4). Es necesario considerar el grosor del suelo arable y la profundidad de las raíces, ya que, si son delgadas, la profundidad debe ser menor. Esta práctica facilita la distribución y el transporte de excedentes de agua en el terreno (Ruiz, 2012). Además, al no perturbar el suelo y dejar las raíces intactas, favorece el secuestro de carbono orgánico y una mayor retención de agua, estimada en 144,000 L ha⁻¹ por cada 1 % de carbono (Gras, 2012).

Figura 4*Corte del cultivador subterráneo tipo Yeomans*

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Aplicación

Aunque la metodología fue diseñada para atender zonas con problemas de erosión y de escasa precipitación, en terrenos semiáridos con topografía ondulada y con pendientes menores al 8 % (Yeomans, 1993; Almaraz & Gras, 2012). Actualmente, se emplea en sitios con pendientes mayores, sin importar el volumen de precipitación, uso de suelo (frutícola, forestal, pecuario, urbano, etc.) y superficie (de media hectárea hasta miles de kilómetros cuadrados).

Desde sus primeras aplicaciones, Yeomans (1993) reportó el control de la escorrentía de lluvia y cómo el diseño permitió la implementación de riego por inundación rápida en terrenos ondulados. Aseguró que la adopción generalizada de los principios del diseño *Keyline* es probablemente el cambio más práctico y rentable que la agricultura debería adoptar para lograr superar los problemas de degradación. A continuación, se presentan resultados técnicos por la aplicación del sistema en diferentes cultivos (ver Tabla 2).

Tabla 2*Efectos del diseño Keyline en diferentes usos de suelo y cultivo*

Cultivo	Resultado	Autor
Sorgo	Incremento de producción de forraje	IMTA (2013b)
Agricultura integral	Disminución de erosión y aumento del flujo de agua a través de los canales	Buitrago (2013)
Maíz	Mayor contenido de humedad	MASHUMUS (2015)
Pastizal	Crecimiento de vegetación y disminución del escurrimiento superficial	Valdés y Aramayo (2018)
Frijol	Mayor retención de humedad, mejor salud y vigor de las plantas	Núñez (2019)
Frijol	Mayor humedad en los tratamientos y más producción	Amador (2019)
Agroecológica	Movimiento del agua de zona de inundación a reservorio para riego	Curimilma (2020)
Pastizal	Mayor producción de especies forrajeras	Velázquez (2020)
Frijol	Mayor estabilidad de agregados del suelo y mayor producción de materia seca	Prieto-Guevara (2020)
Frijol	Menor erosión, mayor humedad y producción	Ponce et al. (2022)

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura.

3.4 Diseño hidrológico con Keyline sus aportaciones a los ODS

Considerando los resultados de la Tabla 2, se realizó un análisis sobre las aportaciones del diseño Keyline sobre los ODS y a cuáles impacta. Estos se presentan en la Tabla 3.

4. Implementación del Diseño hidrológico con Keyline en Tlajomulco de Zúñiga como una alternativa a los ODS

Por lo anterior, el Diseño hidrológico con Keyline, se presenta como una herramienta con un enfoque sustentable útil para el manejo integral de los recursos del suelo y agua, y puede contribuir significativamente a la ejecución de los ODS en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga.

Tabla 3*Aportaciones del Sistema Keyline sobre los ODS*

ODS		Aporte del Sistema Keyline
2	Hambre cero	Mejora la retención del agua, la distribución de la humedad, la disminución de la erosión, la pérdida de nutrientes y mejora la productividad agrícola, lo que favorece la producción de alimentos de manera sostenible y contribuye a la seguridad alimentaria.
3	Salud y bienestar	Su impacto en la retención del agua de lluvia y la reducción de la erosión, contribuyen a la disponibilidad de agua limpia y suelos sanos. Esto, tiene un efecto directo en la salud y el bienestar de las comunidades.
6	Agua limpia y saneamiento	Al centrarse en la gestión del agua, reducir las escorrentías y la erosión, permite la infiltración del agua a través de suelos sanos, aumentando la disponibilidad y calidad.
8	Trabajo decente y crecimiento económico	Al favorecer la regeneración del suelo y el contenido de humedad, impacta la productividad agrícola, esto promueve oportunidades de trabajo, mayores ingresos para los agricultores y una mayor estabilidad económica en las zonas rurales.
11	Ciudades y comunidades sostenibles	El enfoque holístico del <i>Keyline</i> , favorece la producción de bienes (alimentos, combustibles, materiales, etc.), y contribuye a la creación de comunidades rurales resilientes y más sostenibles.
12	Producción y consumo responsable	Los principios del <i>Keyline</i> , (ver sección de permacultura) permiten crear sistemas agrícolas y sociales que sean sostenibles y trabajen en armonía con la naturaleza.
13	Acción por el clima	Al favorecer el crecimiento y conservación de la vegetación, impacta directamente sobre el calentamiento global pues reduce la emisión de CO ₂ y secuestra el carbono en el suelo.
15	Vida de ecosistemas terrestres	Al reducir la degradación del suelo, beneficiar la vegetación y aumentar el agua disponible, contribuye a la conservación de la biodiversidad y al uso sostenible de los ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gras (2012); IMTA (2013a).

Se considera viable establecer esta tecnología en la región, de acuerdo con la ONU, se requiere la cooperación y el compromiso de todos los actores, incluyendo gobiernos, empresas, sociedad civil y la ciudadanía. Por su parte, la Universidad de Guadalajara, a través del Centro Universitario de Tlajomulco, aporta en ese sentido y, actualmente, desarrolla el proyecto de investigación *Valoración de las metodologías de intervención del sistema de manejo hidrológico “Keyline” para “siembra y cosecha” de agua de lluvia, su impacto regenerativo, productivo e implicaciones socioambientales.*

El proyecto se realiza con la colaboración de:

- M.C. Humberto Moro: Permacultor y diseñador internacional del Sistema *Keyline*.
- Bosque Escuela de Agricultura Regenerativa (BEAR).
- Redes de Autoabasto Alimentario para la Soberanía Alimentaria (REALSA).
- Docentes investigadores del Centro Universitario.

5. Descripción de proyecto

5.1 Objetivo

Valorar las metodologías de intervención del sistema de manejo hidrológico “*Keyline*” para “siembra y cosecha” de agua de lluvia, su impacto regenerativo y productivo en suelo y vegetación, e implicaciones socioambientales.

5.2 Objetivos específicos

Etapas

Establecer parcelas demostrativas-experimentales para evaluar las metodologías de intervención del sistema de manejo hidrológico “*Keyline*”.

Etapas

- Valorar los cambios en suelo (compactación y humedad) y vegetación (producción), en los sitios experimentales.
- Determinar el impacto e implicaciones sociales y ambientales, por la ejecución y mantenimiento del Sistema *Keyline*.
- Crear una estrategia para contribuir al fortalecimiento de REALSA, con base en la agroecología y la implementación del Sistema *Keyline*.

5.3 Metodología

Esta sección presenta tres subsecciones. La primera explica el diseño de la investigación, la segunda describe el establecimiento de las parcelas experimentales del estudio, los tratamientos y variables a evaluar y, finalmente, detalla el procedimiento seguido para la recolección y análisis de los datos.

Características:

El municipio de Tlajomulco de Zúñiga, en Jalisco, presenta un 100 % de sobreexplotación de sus acuíferos y, por ende, problemas de abastecimiento de agua. Paralelamente, la agricultura, que es una actividad significativa para la economía local, sufre por el

estado de degradación de sus suelos y lluvias erráticas. Por tanto, se convierte en un caso relevante que permite valorar el impacto en la productividad, implicaciones sociales y ambientales, por la ejecución del Sistema *Keyline* en la zona.

Diseño:

Se contempló realizar este estudio de caso que tendrá una duración de tres años. Para el primer año (2023), se consideró capacitar y sensibilizar a actores locales, académicos, técnicos, productores y estudiantes a través de talleres y pláticas, así como establecer parcelas experimentales. En el segundo y tercer año (2024-2025), se evaluarán los cambios en el suelo y se propondrá como un plan piloto a través de REALSA.

A través de una metodología de investigación mixta se analizará el objeto de estudio, para abordar el problema de investigación desde diferentes ángulos, proporcionando una visión más completa y robusta:

- Cuantitativo: Mediciones de compactación y humedad del suelo, análisis de la producción de cultivos.
- Cualitativo: Entrevistas con técnicos y productores sobre su experiencia con el Sistema *Keyline* y sus percepciones sobre su efectividad.

Establecimiento de parcelas experimentales:

Se establecieron dos parcelas experimentales, cada una de ellas con diferente uso de suelo (Tabla 4).

Tabla 4

Sitios seleccionados para establecer las parcelas de estudio

No.	Parcela	Localización	Uso de suelo	Cultivo	Sup.	Área de impacto
1	CUTlajo - UDG	Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.	Pecuario.	Pastizal.	10 ha	Productores de Lomas del Sur, estudiantes y técnicos del CUTlajo-UDG.
2	BEAR	Cuexcomatitlán, Jalisco.	Agricultura de temporal.	Forestal Agrícola.	2.5 ha	Productores de la laguna de Cajititlán.

Fuente: Elaboración propia.

Preparación del sitio:

Para cada sitio se realizó el levantamiento topográfico, posteriormente, se generó el mapa de curvas a nivel y sobre este se realizó el diseño *Keyline* (diseño de escritorio)

de acuerdo con los principios de la permacultura y la técnica de Gras (2012) (ver sección 3). Para posteriormente, implementar el diseño en el terreno siguiendo las metodologías de intervención del sistema que se mencionan en la Tabla 4.

Tabla 4

Parcelas experimentales, tratamientos y variables a evaluar

No.	Parcela	Metodología de intervención/ Tratamiento	Variable a evaluar	Cultivo
1	CUTlajo - UDG	1. Canal camino 2. Subsuelo con <i>Ripper</i> 3. Testigo	» Humedad » Cobertura vegetal	Pastizal
2	BEAR	1. Subsolador Yeomex 2. Subsolador Tradicional 3. Testigo	» Suelo » Compactación » Humedad » Plantación » Supervivencia » Altura » Diámetro	Forestal

Fuente: Elaboración propia.

Tratamientos:

Siguiendo el diseño *Keyline* creado y según la parcela experimental (ver Tabla 4), se hicieron intervenciones en el suelo (canales y rayados) con ayuda de maquinaria, dando origen a los diferentes tratamientos:

- a. **Canal camino con maquinaria pesada:** 3 m de ancho con un corte de 20 cm.
- b. **Rayado con ripper:** 3 timones a 1 m de distancia entre ellos, a 50 cm de profundidad.
- c. **Rayado con subsolador Yeomex:** 3 timones a 1 m de distancia entre ellos, a 30 cm de profundidad.
- d. **Rayado con subsolador tradicional:** 3 timones a 1 m de distancia entre ellos, a 30 cm de profundidad
- e. **Testigo.**

Variables a evaluar:

a. Suelo:

- Humedad (%)

Se evaluará a diferente profundidad y distancia según la intervención aplicada. Se estimará por gravimetría según la NOM-021-RECNAT-2000. Se determinará capacidad de campo, punto de marchites permanente y porcentaje de agua disponible (Silva *et al.*, 1998).

- Compactación (kg cm^{-2})

Se registrará al inicio y final del periodo de lluvias, se utilizará un probador de compactación.

b. Vegetación:

- Cobertura vegetal (%)

Se medirá con Líneas de Canfield de 5 m. Se estimará: Cobertura herbácea, suelo sin cobertura y mantillo (Silva-Piña *et al.*, 2018), al final de las lluvias.

- Biomasa aérea (kg ha^{-1})

Se cortarán las plantas presentes a ras de suelo, en espacios de 0.5 m^2 . Se secarán a 55°C hasta peso constante. Se determinará el peso seco y rendimiento, y se convertirán a kg ha^{-1} (Gutiérrez-Arenas *et al.*, 2018).

Se definieron tres sitios de muestreo (repeticiones) por tratamiento para evaluar:

c. Impacto:

- Ambiental - económico

Se estimará el costo-benéfico y pérdida-recuperación de recursos naturales por implementación del Sistema *Keyline*, a través de encuestas.

- Social

Se organizarán actividades (conferencias y talleres con agricultores, actores, técnicos y estudiantes), donde se aplicarán métodos y herramientas de sensibilización y diagnóstico (ver Tabla 5).

Tabla 5*Actividades de sensibilización y diagnóstico para los diferentes sitios de estudio*

No.	Parcela	Actividad	Herramientas de capacitación sensibilización y diagnóstico
1	CUTlajo - UDG	» Presentación de proyecto de investigación a docentes, tomadores de decisiones y alumnos.	» Reuniones. » Presentaciones. » Seminario. » Alumnos y profesores involucrados en el proyecto. » Implementación de parcela de estudio. » Aplicación de encuestas.
2	BEAR	» Presentación de proyecto de investigación a socios de BEAR. » Talleres <i>Keyline</i> .	» Serie de talleres <i>Keyline</i> con colaboradores de BEAR. » Asesoría y seguimiento a productores de interés. » Taller permanente de <i>Keyline</i> en ferias agroecológicas de REALSA. » Aplicación de encuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis estadístico:

Los datos se someterán a un análisis de normalidad. Si cumplen con la normalidad, se efectuará un análisis de varianza y si existen diferencias significativas, se realizarán pruebas de comparación. Cuando no presenten normalidad, se usarán pruebas no paramétricas. Los análisis se realizarán usando el programa STATISTICA 7.

6. Resultados

La implementación de los ODS en Tlajomulco de Zúñiga es decisiva para atender los desafíos ambientales que enfrenta el municipio. Es esencial integrarlos en las políticas y estrategias locales para conseguir su ejecución.

Las evidencias citadas del efecto del Diseño hidrológico con *Keyline* en los diferentes usos de suelos, según diferentes autores, indican que su implementación tiene un impacto positivo en los diversos cultivos: da mayor vigor y salud a las plantas,

incrementa el crecimiento y la producción vegetal; conduce a un movimiento eficiente del agua desde zonas de inundación hacia reservorios para riego, contribuyendo a una gestión más efectiva del recurso hídrico y, paralelamente, disminuye el escurrimiento, aumentando la infiltración y la humedad en el suelo, promoviendo las reservas de agua; y, además, mejora la estabilidad de agregados del suelo y presentan menores tasas de erosión. En general, estos resultados destacan un aumento en la productividad y salud de los cultivos, lo que contribuye a una agricultura más sostenible y resiliente.

En el contexto actual de cambio climático, el Sistema *Keyline*, puede calificarse como un instrumento eficaz dentro de la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE), un marco que utiliza la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para ayudar a las comunidades a adaptarse a los efectos del cambio climático (CBD, 2009). La implementación del *Keyline* en proyectos de AbE puede mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas y reducir la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos en el municipio.

Por lo anterior, el Diseño hidrológico con *Keyline* se presenta como una herramienta con un enfoque sustentable, útil para el manejo integral de los recursos del suelo y agua, y puede contribuir significativamente a la ejecución de los diferentes ODS en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga. Es importante mencionar que, de acuerdo con las Naciones Unidas, distintos ODS no pueden alcanzarse sin suelos sanos y sin un uso sostenible del suelo. Por tanto, aunque este capítulo pone énfasis en el ODS 6: Agua limpia y saneamiento, las evidencias hablan de la interacción de un poco menos del 50 % de los ODS.

Así, el proyecto de investigación para la valoración del efecto de las metodologías de intervención del *Keyline*, aplicado por el CUTlajo-UDG, es de relevancia. A la fecha se ha logrado:

- Establecer dos parcelas demostrativas experimentales del Sistema *Keyline* en Tlajomulco de Zúñiga. La primera en el BEAR, y la segunda en el CUTlajo-UDG. Ambas ubicadas en áreas estratégicas, que permitirán sensibilizar, capacitar y orientar a organizaciones productivas locales, agricultores, estudiantes y técnicos en el tema, que conozcan las herramientas para aumentar la disposición de agua en el terreno y mejorar el estado de sus suelos.
- Se dio a conocer el Sistema *Keyline* y sus beneficios, a través de cinco reuniones con académicos, administrativos de CUTlajo, un seminario a sus estudiantes, una serie de talleres de capacitación, tres en BEAR y cuatro más en la Feria Agroecológica de REALSA, todos ellos dirigidos a académicos, agricultores, estudiantes y técnicos.

- Se atendió aproximadamente a 300 personas. Derivado de esto, seis productores que participaron en los talleres replicaron el *Keyline* en sus terrenos, los cuales están localizados en la zona de Tlajomulco de Zúñiga, el municipio de Ayutla, Ixtlahuacán del Río y Zapopan.
- Paralelamente, se conformó un grupo de profesores y estudiantes que, actualmente trabaja en medir el impacto de la técnica en el suelo y vegetación en los sitios experimentales.

Con el objetivo de proporcionar una evaluación estructurada del proyecto y facilitar la toma de decisiones estratégicas, se realizó un análisis de las Fortalezas, Debilidades, Amenazas y Debilidades (FODA) (ver Tabla 5). Y en el mismo sentido, en la Tabla 6, se anticipan los cambios positivos en Tlajomulco de Zúñiga con la implementación del sistema de manejo hidrológico *Keyline*.

Tabla 5

Análisis FODA de la implementación del Sistema Keyline en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Innovación y sostenibilidad: Propuesta innovadora para la gestión del agua y el suelo.	Alianzas estratégicas: Colaboración con instituciones y organizaciones comunitarias y productores.	Limitaciones de recursos: Falta de recursos y equipos de medición.	Cambio climático: Agravamiento de la situación del agua y el suelo.
Eficacia: Regeneración de suelos y cosecha de agua en sitios intervenidos.	Financiamiento: Posibilidad de obtener fondos de ONG y programas gubernamentales.	Desconocimiento: Escasa familiaridad con el sistema entre productores.	Presión urbana: Aumento de la demanda de recursos hídricos.
Enfoque integral: Aborda técnicas de manejo, capacitación y evaluaciones.	Escalabilidad: Oportunidad de replicar el modelo en otras regiones.	Variabilidad climática: Influencia del clima en la efectividad.	Falta de políticas de apoyo: Ausencia de políticas que respalden la implementación.
Compromiso local: Sensibilización y participación de la UDG, asociaciones y productores.	Adopción creciente: Aumento del interés en prácticas agrícolas sostenibles. Respaldo científico: Obtención de datos que respalden la efectividad y viabilidad de la técnica.		Abandono: Parcelas abandonadas sin seguimiento. Negligencia.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Cambios esperados en Tlajomulco de Zúñiga con la implementación del sistema de manejo hidrológico Keyline y los ODS involucrados

Cambio	ODS relacionados
Incremento en la captación y almacenamiento de agua de lluvia, mejorando la disponibilidad de agua.	ODS 6: Agua limpia y saneamiento
Mejora en la salud y fertilidad del suelo, reduciendo la erosión y aumentando la materia orgánica.	ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres ODS 2: Hambre cero
Aumento en la producción de cultivo.	ODS 2: Hambre cero ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico
Mayor capacidad para enfrentar eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones.	ODS 13: Acción por el clima ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles
Establecimiento de un enfoque integral y sostenible en la gestión de recursos naturales.	ODS 12: Producción y consumo responsables ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

Fuente: Elaboración propia.

Desafíos:

- Sensibilizar y capacitar a tomadores de decisiones, productores, técnicos y estudiantes de áreas afines de la región, sobre la importancia del agua y suelo e innovar el campo con tecnologías que aseguren la conservación de los recursos y mejore la economía como es el Sistema *Keyline*.
- La falta de políticas públicas que promuevan la implementación de este tipo de herramientas.
- La urbanización y el rápido crecimiento de la población, que puede llevar a una mayor demanda de recursos hídricos y aumentar la presión sobre los ecosistemas locales, dificultando la implementación de la técnica.
- Es indispensable continuar con las métricas que avalen su funcionalidad en la zona.

La trascendencia de esta investigación está en el establecimiento de un plan piloto en el municipio que impacte en la disponibilidad de agua y la reducción de la degradación del suelo.

Sin embargo, existen limitaciones inherentes al caso, como es el cambio de directivos y/o administrativos en las áreas experimentales, limitación de recursos, equipos de medición, la negligencia de los usuarios para dar seguimiento y mantenimiento a las obras establecidas, así como el comportamiento errático del clima. Igualmente, debido a la naturaleza de la investigación, actualmente hay pocos usuarios del Sistema *Keyline* en la región. Esto podría afectar la recolección o el análisis de datos.

Conclusiones

La implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Tlajomulco de Zúñiga es fundamental para atender los desafíos ambientales y sociales que enfrenta, como son la escasez y contaminación del agua, la sobreexplotación de acuíferos, las sequías extremas y la degradación del suelo. Estos problemas no solo ponen en riesgo la agricultura y la seguridad alimentaria, sino también el bienestar y la calidad de vida de la población.

El sondeo ejecutado nos dice que el Diseño hidrológico *Keyline* tiene un impacto positivo en la agricultura, mejorando la salud y vigor de las plantas, aumentando la producción vegetal y promoviendo una gestión más efectiva del agua. Este enfoque facilita el movimiento del agua hacia reservorios para riego, reduce el escurrimiento, incrementa la infiltración y la humedad en el suelo y, además, mejora la estabilidad del suelo, reduciendo la erosión.

En general, el enfoque holístico del *Keyline* favorece la producción de bienes y contribuye a la creación de comunidades rurales resilientes y más sostenibles; permite crear sistemas agrícolas y sociales sostenibles que trabajan en armonía con la naturaleza. Su aplicación ofrece aportes importantes a diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible: contribuye a la seguridad alimentaria (ODS 2) al mejorar la retención de agua y la productividad agrícola, a la salud y bienestar de las comunidades (ODS 3) al asegurar suelos sanos y agua limpia. Además, promueve la regeneración de los recursos naturales, impulsando el crecimiento económico en áreas rurales (ODS 8) y fomentando ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11). Al operar en armonía con la naturaleza, apoya la producción responsable (ODS 12), la acción climática (ODS 13) y la conservación de los ecosistemas terrestres (ODS 15).

En el contexto actual de cambio climático, el Sistema *Keyline* puede inclusive calificarse como un instrumento eficaz dentro de la Adaptación Basada en Ecosistemas, un marco que utiliza la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para ayudar a las comunidades a adaptarse a los efectos del cambio climático.

La implementación del Sistema *Keyline* ha avanzado en Tlajomulco de Zúñiga con la creación de parcelas demostrativas y actividades de sensibilización, capacitación y orientación dirigidas a diversos actores locales. Esto ha comenzado a generar un impacto positivo en la comunidad, con algunos productores replicando la técnica en sus terrenos.

A pesar de los avances, el proyecto enfrenta desafíos importantes, como la falta de recursos y políticas de apoyo. Igualmente, enfrenta limitaciones y consideraciones futuras, como la variabilidad climática, el cambio de directivos en áreas experimentales, la falta de seguimiento adecuado y la escasa adopción inicial del sistema. Estas limitaciones deben ser abordadas para maximizar el impacto del proyecto y asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

Así, es necesario integrar los ODS en las políticas y estrategias locales que involucren el establecimiento del *Keyline* para promover un desarrollo económico, social y ambientalmente sostenible, garantizando así un futuro más resiliente y próspero para la comunidad. De la misma manera, se considera fundamental continuar con la recolección de métricas para evaluar la efectividad de la técnica y su impacto.

Referencias

- Almaraz, R. G. y Gras, M. E. (2012). Cosechando agua y tierra con la línea clave. *Ecohabitar: bioconstrucción, consumo ético, permacultura y vida sostenible*. 35:42-44. ISSN 1697-9583. <https://ecohabitar.org/cosecha-de-agua-y-tierra-con-permacultura-y-línea-clave/>
- Amador, S. J. (2019). Implementación del diseño hidrológico con líneas clave en cultivo de frijol de temporal en Nombre de Dios, Dgo. Tesis de Maestría. IPN-CIIDIR Unidad Durango. 60 p.
- Buitrago, G. A. F. (2012). Integrated farming system for the foothill-regions of Colombia–Ariporo System (AS). *Revista de Tecnología*, 12, 24-34. doi:10.18270/rt.v12i2.697. ISSN 1692-1399.
- Caro Becerra J., Muñoz Aguiñaga M., Vega Gómez C. (2024). Vulnerabilidad hídrica en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, en el contexto del cambio climático global, CCG. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* (2024) 8(1) 2105-2119
- Comisión Estatal del Agua y la Atmósfera de Jalisco (CEAAJalisco). (s.f.). *Atlas del Agua en Jalisco*. Recuperado de <http://atlasdelagua.ceaa.jalisco.gob.mx/> (Consulta: marzo 13, 2024).

- Convention on Biological Diversity (CBD). (2009). Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Curimilma, S. I. (2020). Análisis hidrológico para recolección y almacenamiento de agua lluvia en la Finca Agroecológica de Zamorano, Honduras Disertación doctoral, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.
- Gobierno Municipal de Tlajomulco de Zúñiga. (s.f.). *Portal de información municipal*. Recuperado de <https://www.gob.mx/Municipios/Entidades/Jalisco/Municipios/Tlajomulco%20de%20Zuniga>(Consulta: marzo 12, 2024).
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., y Solórzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Rev. Technol. Marcha* 2018, 31, 167-177.
- Gras, M. E. (2012). Cosecha de agua y tierra. *Diseño con Permacultura*. Ediciones Ecohabitar, Visiones Sostenibles S.L. España. 240 p. ISBN: 9788494024641.
- Gutiérrez-Arenas, A. F., Hernández-Garay, A., Vaquera-Huerta, H., Zaragoza-Ramírez, J. L., Luna-Guerrero, M. J., Reyes-Castro, S., y Gutiérrez-Arenas D. A. (2018). Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Agroproductividad*. 11(5): 62-69. ISSN: 2594-0252
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2013a). Diseño hidrológico del terreno (sistema *Keyline*), en parcelas agrícolas con precipitación limitada. Manual Técnico. 73. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/disenio-hidrologico-del-terreno/files/assets/basic-html/index.html#1 (Consulta: marzo 03, 2024).
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2013b). Utilización eficiente del agua de lluvia mediante el diseño y trazo hidrológico de terrenos en áreas de precipitación limitada. Proyecto interno RD-1313.1 Informe final. <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/872/RD-1313.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consulta: marzo 03, 2024).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/> (Consulta: marzo 1, 2024).
- MASHUMUS. (2015). Medición de la humedad en parcelas con línea clave. Artículos. <http://www.mashumus.com/index.php/articulos> (Consulta: marzo 03, 2024).
- Comisión Nacional del Agua (s.f.). *Monitor de Sequía de México: Servicio Meteorológico Nacional 1*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico> (Consulta: marzo 13, 2024).
- Moro, D. R. F. H. (2018). Cómo realizar *Keyline*. *Revista Más Agro. Sección Ambiental*. <https://revistamasagro.com.mx/articulo.php?uid=MzY1> (Consulta: marzo 13, 2024).

- Nieto, C. (2012). *La permacultura en la gestión del agua*. Universidad Autónoma de Barcelona. Memoria del proyecto final de carrera. Barcelona, España. 87 p.
- Núñez F. G. A. (2019). Evaluación de un diseño hidrológico aplicado a la agricultura de temporal utilizando un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Tesis Maestría. FCF-UJED. 34 p.
- Naciones Unidas. (s.f.). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. (Consulta: marzo 04, 2024).
- Ponce-Rodríguez, M. C., Prieto-Ruiz, J. Á., Carrete-Carreón, F. O., Pérez-López, M. E., Muñoz-Ramos, J. J., Reyes-Estrada, O., y Ramírez-Garduño H. (2019). "Influence of Stone Bunds on Vegetation and Soil in an Area Reforested with *Pinus engelmannii* Carr. in the Forests of Durango, Mexico". *Sustainability* 11, no. 18: 5033. <https://doi.org/10.3390/su11185033> (Consulta: marzo 03, 2024).
- Prieto-Guevara, J. A. (2020). Evaluación del Impacto del Keyline Sobre las Propiedades Hidro físicas de un Suelo Oxisol en la Producción de Carnavalea (*Cannavalia ensiformis* L.), en el Municipio de Villavicencio, Meta.
- Ruiz, J. (2013). Diseñar y cultivar usando línea clave. *Revista Agroecológica de Divulgación*. 12:50-51. <http://www.lineaclave.org/web/download/disenar-y-cultivar-usando-linea-clave-jesus-ruiz/> (Consulta: marzo 03, 2024).
- Ruiz, J. (2020). Línea clave Keyline. <http://www.lineaclave.org/web/> (Consulta: marzo 03, 2024).
- Silva, A., Ponce de León, J., García, F., y Durán, A. (2016). Aspectos Metodológicos en la Determinación de la Capacidad de Retener Agua de los Suelos del Uruguay; Boletín de Investigación N° 10; Facultad de Agronomía, Universidad de la República: Montevideo, Uruguay.
- Silva-Piña, M. J., Tarango-Arámbula, L. A., Clemente-Sánchez, F., Cortez-Romero, C., Velázquez-Martínez, A., Rafael-Valdez, J., y Ugalde-Lezama S. (2018). Características del hábitat de sitios de descanso del búho manchado (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México. *Huitzil*. 19(2):141-156. Disponible en <http://dx.doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.319> (Consulta: marzo 18, 2024).
- Sistema de Información Municipal de Jalisco (SIMUNJAL). (s. f.). Perfil municipal de Tlajomulco de Zúñiga. Recuperado de <http://www.simunjal.org/Municipios/TLJ.html> (Consulta: marzo 7, 2024).
- Tlajomulco de Zúñiga. (2023) Diagnóstico Municipal Agosto. 2023. <https://ieeg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2023/08/Tlajomulco-de-Z%C3%BA%C3%B1iga.pdf> (Consulta: marzo 23, 2024).

- Valdez, S., y Aramayo, S. (2018). Manejo del agua en campos de Patagonia ¿Favorecemos la erosión o aprovechamos el agua? *Presencia*. 69:9-14. ISSN 0326-7040. https://inta.gob.ar/sites/default/files/rev_presencia_n_69_reducida.pdf. (Consulta: marzo 13, 2024).
- Velázquez, M. M. J. 2020. Evaluación de Sistema Hidrológico *Keyline*, en paisaje ganadero, de zona árida municipio, Nombre de Dios del Estado de Durango, México. CATIE, Turrialba (Costa Rica). Tesis de Maestría. 40 p.
- Yeomans P. A. (1993). Water for every farm. *Yeomans Keyline Plan*. Griffin Press Pty Limited. Netley, South Australia, 261p.

AUTOMOVILIDAD EN TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA: ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO Y DESAFÍOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Daniel Isaac Jiménez Sánchez⁴²

Resumen

Este estudio exploratorio examina la automovilidad en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, y sus implicaciones para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con datos del Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI, se analizaron las dinámicas de movilidad laboral y escolar, así como la distribución de la propiedad de vehículos y su impacto ambiental. Con 171,910 automóviles registrados, Tlajomulco enfrenta una elevada huella de carbono, estimada en 1,495 tCO₂, lo que requeriría aproximadamente 104,773 hectáreas de bosques para absorberla. Este valor supera significativamente la capacidad de secuestro del municipio (63,600 ha) y del bosque de La Primavera (30,500 ha), lo que evidencia un modelo de movilidad insostenible. Además, se destacan los retos en infraestructura vial, lo que contribuye a largos tiempos de desplazamiento para trabajadores y estudiantes. Las conclusiones subrayan la necesidad urgente de implementar políticas que promuevan un transporte más sostenible y accesible, reducir la dependencia del automóvil y mejorar la infraestructura urbana para alinearse con los ODS, en particular en lo que respecta a la acción climática, la salud, el bienestar y la sostenibilidad urbana.

Palabras clave

Objetivos de Desarrollo Sostenible, automovilidad, huella de carbono, motorización y sustentabilidad urbana.

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



42 Doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad y profesor del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7651-4312>. Correo electrónico: daniel.jimenez2924@alumnos.udg.mx

Introducción

El uso masivo del automóvil ha sido un fenómeno socio-urbano profundamente influenciado por las revoluciones industriales, que transformaron las sociedades a través de la producción en masa y la expansión de las redes de transporte (Hall, 1996). Este fenómeno, fruto de estos cambios industriales, se define de manera más precisa como automovilidad (Urry, 2004). Este término encapsula no solo la proliferación del automóvil como un medio de transporte, sino también su integración en la estructura social y urbana, y su papel en la configuración de patrones de vida y desarrollo urbano. La automovilidad, por tanto, refleja cómo el automóvil ha pasado de ser un simple medio de transporte a convertirse en un elemento central de la dinámica social y urbana en el mundo contemporáneo.

Durante la época moderna, el automóvil fue ampliamente considerado un símbolo de progreso social y prosperidad económica, representando la libertad individual y el desarrollo tecnológico (Gehl, 2014). No obstante, en el contexto contemporáneo, el debate ha evolucionado, posicionando el uso extendido del automóvil como una fuente significativa de impactos negativos, tanto a nivel social como ambiental (Cervero, 1998). Esta reevaluación crítica refleja las complejas consecuencias que la automovilidad ha generado en las ciudades modernas, incluyendo problemas como la contaminación, la congestión vial y las desigualdades en el acceso a medios de transporte más sostenibles.

Hasta el momento, el concepto de automovilidad ha evolucionado hacia una visión más holística, que examina el vehículo en su conjunto, considerando no solo los aspectos tecnológicos, sino también los sociales y urbanos. Esto contrasta con la visión lineal que predominó en los estudios de ingeniería del transporte durante casi todo el siglo XX, donde el automóvil era visto principalmente como un simple sistema de transporte privado (Gehl, 2014).

La automovilidad trasciende el mero concepto de movimiento; se trata de un término acuñado dentro de los estudios sociales de la movilidad urbana para describir un fenómeno complejo surgido con la masificación del uso del automóvil. Este concepto está vinculado a la movilidad, pero se contextualiza específicamente en el uso predominante del vehículo particular como eje central.

El término fue definido por primera vez en 1999 por el sociólogo británico John Urry (2004), quien subrayó que la automovilidad constituye un modelo de movilidad urbana integrado por un sistema social y técnico centrado en el automóvil. Urry propuso que este sistema se puede examinar a través de seis componentes clave: el objeto

fabricado (el automóvil), el consumo individual, el complejo mecánico, la movilidad casi privada, la cultura asociada y el uso de recursos ambientales. Esta perspectiva destaca cómo el automóvil no solo facilita el transporte, sino que también moldea la vida urbana, las relaciones sociales y el entorno ambiental en formas multifacéticas.

El sistema de automovilidad, tal como se ha desarrollado a nivel global, se encuentra en conflicto con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), presentando un desafío considerable tanto para las economías desarrolladas como para las economías en vías de desarrollo. Este fenómeno, que ha proliferado en todo el mundo, no solo ha transformado las dinámicas urbanas y sociales, sino que también ha generado impactos que obstaculizan el cumplimiento de los ODS.

En términos del ODS 3: Salud y bienestar, el uso masivo del automóvil ha contribuido a la contaminación del aire, aumentando la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, al tiempo que promueve un estilo de vida sedentario, lo que afecta negativamente la salud pública. Además, la dependencia de combustibles fósiles en el sistema de automovilidad es un factor clave en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contradice los esfuerzos para lograr el ODS 7: Energía asequible y no contaminante.

El enfoque en la infraestructura destinada a los automóviles ha desviado recursos de inversiones en sistemas de transporte público y otras formas de movilidad sostenible, frenando la industria, la innovación y limitando el desarrollo de una infraestructura resiliente y ecológica. Esto ha fomentado la expansión urbana descontrolada, incrementando la segregación social y dificultando el acceso equitativo a servicios esenciales, lo que va en contra del ODS 11 de crear ciudades y comunidades sostenibles. Además, la automovilidad se posiciona como una de las principales fuentes de emisiones de CO₂, contribuyendo directamente al calentamiento global y al cambio climático, dificultando la implementación de medidas eficaces para combatir estos fenómenos de acuerdo con el ODS 13: Acción por el clima.

Dado que el fenómeno de la automovilidad se ha replicado a nivel mundial, con patrones similares tanto en economías desarrolladas como en vías de desarrollo, es crucial entender cómo se manifiesta en cada sociedad para poder cambiar estas conductas y formular políticas alineadas con los ODS.

Esto requiere no solo reconocer los impactos negativos del uso masivo del automóvil, sino también redirigir los esfuerzos hacia la promoción de alternativas sostenibles que favorezcan la salud pública, la equidad social y la protección ambiental. Las políticas diseñadas deben abordar la necesidad de reducir la dependencia del automóvil,

fomentar el uso de tecnologías limpias y accesibles, y construir infraestructuras que favorezcan modos de transporte más sostenibles y equitativos.

Como parte de este análisis, se presenta una revisión del caso de estudio centrado en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga. Este enfoque permite examinar cómo el fenómeno de la automovilidad se manifiesta en un contexto específico, analizando la evolución del parque vehicular y sus implicaciones sociales y ambientales a nivel local.

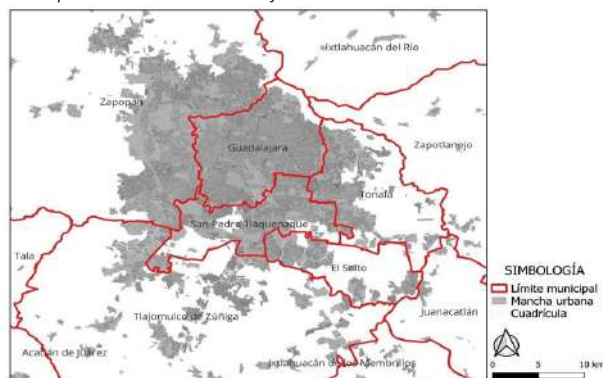
Al profundizar en este caso particular, se podrá entender de manera más precisa cómo las dinámicas de automovilidad impactan en el cumplimiento de los ODS en Tlajomulco, y cómo las políticas públicas pueden ser rediseñadas para alinearse mejor con la sostenibilidad, equidad y resiliencia. Esta revisión servirá como una base crítica para proponer estrategias que permitan mitigar los efectos negativos de la automovilidad y avanzar hacia un modelo de movilidad más sostenible.

1. Evolución urbana, demográfica y territorial del AMG de 1980 a 2020

Tlajomulco de Zúñiga es uno de los diez municipios que conforman el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), una de las zonas urbanas más importantes de México. El AMG incluye los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Juana-catlán, Tlajomulco de Zúñiga, Zapotlanejo, Ixtlahuacán de los Membrillos y Acatlán de Juárez. Según los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), esta metrópolis alberga a 5,268,642 personas, lo que representa el 63 % de la población total del estado de Jalisco, que cuenta con 8,348,151 habitantes.

Figura 1

Mapa del Área Metropolitana de Guadalajara



Fuente: Elaboración propia.

Guadalajara se destaca no solo como una de las ciudades más importantes de México en términos demográficos, sino también como un epicentro social y económico. Ubicada en el occidente del país, es reconocida por su crecimiento acelerado y su papel crucial en la economía regional y nacional. Con una amplia diversidad de sectores industriales y comerciales que abarcan tecnología, manufactura, moda y turismo, Guadalajara se ha consolidado como un motor económico a nivel internacional.

El crecimiento urbano en esta región ha sido particularmente acelerado desde la década de 1980. Como ocurre en la mayoría de los centros urbanos, el aumento de la población ha llevado a la conurbación de áreas circundantes, transformando lo que una vez fue una ciudad en una extensa metrópolis. En 1980, Guadalajara estaba constituida por cuatro municipios: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá. Sin embargo, a medida que la ciudad crecía, otros municipios fueron incorporándose al área metropolitana. En 2005, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos se sumaron al conurbado. En 2015, Zapotlanejo fue integrado, y finalmente, en 2019, Acatlán de Juárez fue reconocido como parte del AMG.

Tabla 1

Evolución demográfica del AMG de 1980- 2020

Municipio	1980	1990	2000	2010	2020
Guadalajara	1,626,152	1,650,205	1,646,319	1,494,134	1,385,629
Zapopan	389,081	712,008	1,011,021	1,243,538	1,476,491
Tlaquepaque	177,324	339,649	474,178	608,187	687,127
Tonalá	52,158	168,555	33,7149	478,981	569,913
El Salto	19,887	38,281	83,453	138,585	232,852
Juanacatlán	8,081	10,068	11,792	13,218	30,855
Tlajomulco	50,697	68,428	123,619	416,552	727,750
Ixtlahuacán	12,310	13,451	21,605	41,057	67,969
Zapotlanejo	35,588	39,902	53,461	63,636	64,806
Acatlán	13,981	14,450	20,236	23,241	25,250
Total	2,385,259	3,054,997	3,782,833	4,521,129	5,268,642

Fuente: INEGI Censo de Población y Vivienda (1980; 1990; 2000; 2010; 2020).

De acuerdo con los datos ilustrados en la siguiente tabla, la tasa de crecimiento medio anual (TCMA) en Tlajomulco de Zúñiga experimentó un notable incremento a lo largo de las décadas. Entre 1980 y 1990, la tasa fue de un 3.04 %, y durante el periodo de 1990 a 2000, esta tasa se duplicó, alcanzando un 6.09 %. Sin embargo, a partir de su incorporación oficial al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) en el año 2000, el crecimiento del municipio se aceleró significativamente, con una tasa de crecimiento del 12.92 % entre 2000 y 2010. Este aumento exponencial evidencia que, desde su integración al AMG, Tlajomulco ha superado a otros municipios metropolitanos en términos de crecimiento poblacional. De hecho, para 2020, Tlajomulco de Zúñiga se posicionó como el tercer municipio con mayor población dentro del AMG, un ascenso considerable desde el quinto lugar que ocupaba en 1980.

Tabla 2

Crecimiento demográfico en tasas de cambio medio anual del AMG 1980-2020

Municipio	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2020
Guadalajara	0.15	-0.02	-0.97	-0.75
Zapopan	6.23	3.57	2.09	1.73
Tlaquepaque	6.72	3.39	2.52	1.23
Tonalá	12.45	7.18	3.57	1.75
El Salto	6.77	8.11	5.20	5.33
Juanacatlán	2.22	1.59	1.15	8.85
Tlajomulco	3.04	6.09	12.92	5.74
Ixtlahuacán	0.89	4.85	6.63	5.17
Zapotlanejo	1.15	2.97	1.76	0.18
Acatlán	0.33	3.43	1.39	0.83
Total	2.51	2.16	1.80	1.54

Fuente: INEGI Censo de Población y Vivienda (1980; 1990; 2000; 2010; 2020).

1.1. Evolución demográfica y urbana de Tlajomulco de 1980 a 2020

El crecimiento del municipio de Tlajomulco de Zúñiga en las últimas décadas ha sido notorio, reflejo de una transformación significativa tanto en términos demográficos como económicos, impulsada principalmente por su integración al Área Metropolitana de Guadalajara y por un mercado inmobiliario en expansión (Núñez, 2023). A lo largo de este periodo, Tlajomulco ha experimentado un aumento demográfico exponencial,

pasando de 50,697 habitantes en 1980 a 727,750 en 2020, consolidándose como el tercer municipio de mayor crecimiento en Jalisco.

Este incremento poblacional ha sido impulsado no solo por la expansión de actividades industriales, sino también por el auge del mercado inmobiliario, tanto formal como informal, lo que ha dado un aumento dramático en el número de viviendas, especialmente en los nuevos desarrollos habitacionales ubicados cerca de las poblaciones principales del municipio, entre ellos destaca El Palomar, Santa Cruz del Valle y San Sebastián (Núñez, 2023).

La expansión urbana de Tlajomulco es un reflejo de la complejidad y los desafíos inherentes a la urbanización y metropolización de Guadalajara. Desde la década de 1980, la crisis económica impulsó un proceso acelerado de metropolización, resultando en una estructura territorial marcada por la desigualdad regional, la expansión urbana anárquica y una distribución desigual de infraestructuras (Colunga, 2009).

La transformación económica de Tlajomulco, de una región predominantemente agrícola a un polo industrial con la llegada de grandes empresas de sectores como la electrónica, farmacéutica y automotriz, ha sido un factor clave en este crecimiento (Núñez, 2023). Sin embargo, esta transformación también ha traído consigo una serie de desafíos que contravienen los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo que respecta a la planificación urbana sostenible y la equidad en el acceso a servicios básicos.

El crecimiento territorial de Tlajomulco se ha extendido principalmente hacia el sur, poniente y oriente del AMG, lo que ha implicado la absorción de grandes extensiones de terrenos agrícolas, transformando profundamente la morfología urbana del municipio. Esta expansión ha sido fragmentada y carente de planificación adecuada, lo que ha resultado en una urbanización dispersa, exacerbada por la especulación inmobiliaria y la falta de regulación en el uso del suelo (Colunga, 2009).

Este proceso ha generado un cambio en el uso del suelo, con vastas áreas agrícolas transformadas en terrenos industriales y habitacionales, pero sin la infraestructura adecuada para soportar este crecimiento, lo que ha derivado en problemas como la saturación de las redes de agua y drenaje, y el riesgo de inundaciones en ciertas zonas (Núñez, 2023). Estos problemas son particularmente críticos en el contexto de los ODS, especialmente en lo que respecta al ODS 11, que apuesta por ciudades y comunidades sostenibles.

Además, la falta de una planificación urbana integral ha llevado a que muchas de estas nuevas viviendas estén alejadas de los centros de empleo y servicios, convirtiendo a Tlajomulco en una ciudad dormitorio, con una alta dependencia del transporte hacia Guadalajara y otros municipios circundantes. Este fenómeno ha exacerbado problemas de movilidad, con largos tiempos de desplazamiento y una infraestructura vial insuficiente para soportar la creciente demanda (Núñez, 2023). Este escenario contraviene directamente el ODS 3, relacionado con la salud y bienestar, ya que los largos tiempos de desplazamiento afectan la calidad de vida de los habitantes.

2. Motorización en el AMG: Una visión general

Desde la década de 1980, la motorización en el AMG ha sido un reflejo de la rápida urbanización y expansión metropolitana. En 1980, el municipio de Guadalajara dominaba significativamente en términos de propiedad de automóviles, con 270,513 vehículos registrados, en comparación con apenas 8,275 en Zapopan y 1,112 en Tlajomulco. Esta concentración de vehículos en el centro de la metrópolis se debía a la mayor población y la infraestructura vial disponible en Guadalajara. En ese momento, la tasa de motorización de la metrópoli era de 122 vehículos por cada mil habitantes.

Tabla 3

Crecimiento del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980–2020

Municipio	1980	1990	2000	2010	2020
Guadalajara	270,513	436,995	475,897	834,032	1,001,932
Zapopan	8,275	192,070	227,768	555,413	803,237
Tlaquepaque	4,142	12,579	78,695	224,489	265,044
Tonalá	1,839	5,584	35,803	112,104	195,635
Tlajomulco	1,112	2,842	12,680	42,375	171,910
El Salto	5.95	3,033	12,053	18,721	61,095
Ixtlahuacán	120	1,016	3,372	6,615	15,397
Juanacatlán	173	882	2,265	5,607	9,884
Zapotlanejo	1,364	6,346	12,814	29,427	49,065
Acatlán	3,364	14,119	43,184	102,745	9,067
Total	288,653	662,918	864,403	1,833,197	2,582,266

Fuente: Vehículos registrados por entidad federativa según el INEGI (2022).

En la década de 1990, la situación comenzó a cambiar a medida que el AMG se consolidaba como una entidad metropolitana con cuatro municipios: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá. Durante este periodo, el automóvil se convirtió en el medio de transporte más eficiente para enfrentar el aumento de las distancias y la falta de cobertura del transporte público, lo que incentivó la adopción del automóvil en áreas de expansión urbana como Zapopan, cuya tasa de crecimiento medio anual alcanzó un notable 36.95 %.

Tabla 4

TCMA del parque vehicular de los municipios del AMG de 1980 - 2020

Municipio	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2020	1980-2020
Guadalajara	4.91	0.85	5.77	1.85	2.65
Zapopan	36.95	1.71	9.32	3.76	9.58
Tlaquepaque	11.74	20.12	11.05	1.67	8.67
Tonalá	11.74	20.41	12.09	5.73	9.78
Tlajomulco	9.83	16.13	12.82	15.03	10.61
El Salto	17.68	14.79	4.50	12.56	9.71
Ixtlahuacán	23.81	12.74	6.97	8.82	10.20
Juanacatlán	17.69	9.89	9.48	5.83	8.43
Zapotlanejo	16.61	7.27	8.66	5.25	7.43
Acatlán	11.69	6.88	3.74	7.46	5.88

Fuente: Vehículos registrados por entidad federativa según el INEGI (2022).

Tlajomulco, que inicialmente tenía un papel marginal en la motorización del AMG, comenzó a ver un crecimiento considerable en su parque vehicular a partir de los años noventa. Este crecimiento está estrechamente vinculado con su integración dentro del Área Metropolitana de Guadalajara y la expansión del mercado inmobiliario, que ha llevado a una urbanización rápida y, en muchos casos, desordenada.

En 1990, Tlajomulco contaba con 2,842 vehículos registrados, un número relativamente pequeño en comparación con otros municipios, pero su TCMA en la década siguiente fue del 16.13 %, una de las más altas en la metrópoli. La expansión urbana y demográfica de Tlajomulco a partir de los años 2000 reflejó un incremento aún más acelerado en la propiedad de vehículos.

En 2010, el número de vehículos en el municipio había alcanzado 42,375, y para 2020, este número había escalado a 171,910. Esta rápida motorización ha planteado desafíos significativos en términos de infraestructura vial y servicios públicos, particularmente en áreas que se han desarrollado sin la planificación adecuada.

El crecimiento del parque vehicular en Tlajomulco es un claro indicador de la urbanización rápida y la creciente dependencia del automóvil como principal medio de transporte, una tendencia que contraviene varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente en lo que respecta a la movilidad sostenible y la planificación urbana, ODS 3, 7 y 11.

En comparación con otros municipios del AMG, la motorización en Tlajomulco ha sido elocuente a su crecimiento demográfico. Aunque Guadalajara y Zapopan continúan liderando en términos absolutos, la tasa de crecimiento de Tlajomulco ha sido consistentemente alta, superando a la de municipios más tradicionales como Tlaquepaque y Tonalá. Para 2020, Tlajomulco se posicionó con una tasa de motorización de 236 vehículos por cada mil habitantes, una cifra que, aunque inferior a la de municipios como Zapopan o Guadalajara, refleja un crecimiento acelerado.

La rápida motorización de Tlajomulco, en conjunto con su crecimiento demográfico, plantea serios desafíos para el cumplimiento de los ODS, particularmente aquellos relacionados con la sostenibilidad urbana, la equidad en el acceso a servicios y la movilidad sostenible. El aumento del parque vehicular sin una infraestructura adecuada ha resultado en problemas como la saturación de las redes viales y la dificultad de acceso a servicios básicos, lo que exacerba las desigualdades sociales y contradice los objetivos de ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11).

2.1. Automovilidad cotidiana de Tlajomulco

En Tlajomulco de Zúñiga, la automovilidad es un aspecto central de la vida diaria para una gran parte de la población, como lo demuestran los datos del Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI. De las 212,212 viviendas habitadas en el municipio, 100,635 cuentan con al menos un vehículo, y 129,919 de las 294,543 personas que trabajan y se trasladan utilizan el automóvil como su principal medio de transporte (127,083 personas que trabajan dependen del transporte público). Esta dualidad en los medios de transporte subraya la importancia del automóvil en la movilidad cotidiana, pero también revela la importancia del transporte público como una opción significativa para muchos residentes, especialmente de aquellos que no son parte de la automovilidad.

El análisis de la movilidad laboral en Tlajomulco muestra que el 59.3 % de los desplazamientos laborales se realiza dentro del mismo municipio, mientras que el 40.7 % ocurre fuera de él. Esta distribución indica que una proporción significativa de la población trabajadora depende del automóvil para desplazamientos que implican salir del municipio, lo que aumenta la carga sobre la infraestructura vial y el tiempo total de desplazamiento.

Sin embargo, un aspecto preocupante es la distribución de los tiempos de traslado para los trabajadores de Tlajomulco. De los 294,543 trabajadores, el 17.6 % tarda entre 1 y 15 minutos en llegar a su destino, el 16.4 % entre 16 y 30 minutos, el 29.5 % entre 31 minutos y una hora, el 27.4 % entre 1 y 2 horas, y el 4.9 % más de 2 horas. Estos datos reflejan que gran parte de la población, un 56.9 %, enfrenta desplazamientos que superan los 30 minutos, con un 32.3 % de estos tomando más de una hora. Esta situación resalta los desafíos de movilidad en Tlajomulco, que están estrechamente relacionados con su infraestructura metropolitana insipiente en comparación con el resto del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

Figura 2

Vías de comunicación en Tlajomulco



Fuente: Elaboración propia

La movilidad escolar también refleja esta dependencia del automóvil en Tlajomulco. De los 202,736 estudiantes que se trasladan diariamente a sus centros educativos, el 31.1 % lo hace en automóvil y el 24.5 % en transporte público. En cuanto a los tiempos de traslado, el 55.7 % de los estudiantes llega a su escuela en menos de 15 minutos, el 22.8 % tarda entre 16 y 30 minutos, el 12.6 % entre 31 minutos y una hora, el 7.5 % entre 1 y 2 horas, y el 1.1 % más de 2 horas.

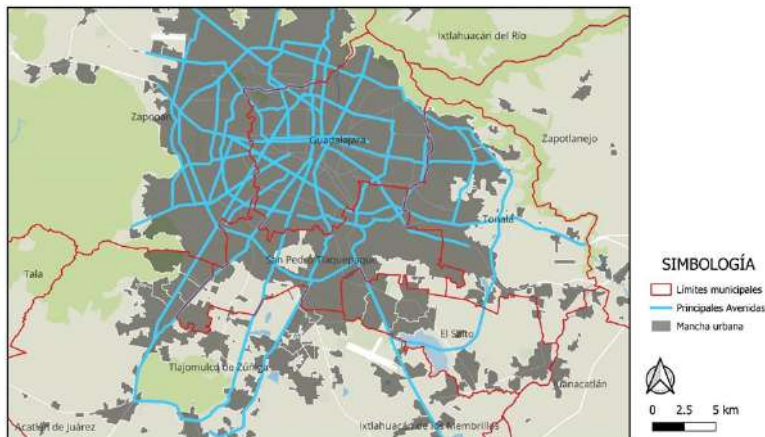
Es importante destacar que el 82 % de los traslados escolares se realiza dentro del municipio de Tlajomulco, mientras que el 17.7 % se efectúa fuera del municipio. Estos datos muestran que, aunque una parte significativa de los estudiantes tiene un tiempo de traslado relativamente corto dentro del municipio, todavía existe una porción considerable que enfrenta desplazamientos prolongados, lo cual puede impactar tanto su rendimiento académico como su bienestar general.

La distribución de los tiempos de traslado, tanto para trabajadores como para estudiantes, pone en evidencia los desafíos de movilidad en Tlajomulco, que están estrechamente relacionados con su infraestructura metropolitana insipiente en comparación con el resto del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Tlajomulco cuenta con una infraestructura vial limitada, con solo cuatro principales arterias que conectan el municipio con el AMG: Avenida López Mateos, Avenida Jesús Michel González, Avenida Adolf Horn y la Carretera Libre a Chapala.

Esta limitación en las vías de acceso contribuye a la congestión y a los largos tiempos de traslado, tanto para los usuarios de vehículos privados como para aquellos que dependen del transporte público. La elevada dependencia del automóvil, combinada con estos largos tiempos de desplazamiento, tiene implicaciones significativas para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Figura 3

Vías de comunicación en el AMG



Fuente: Elaboración propia.

El ODS 3 (Salud y bienestar) se ve afectado por el estrés y la menor calidad de vida asociados con los largos tiempos de desplazamiento, que dejan menos tiempo para el descanso y el ocio. El ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) también enfrenta desafíos, ya que los largos desplazamientos en automóvil aumentan el consumo de combustibles fósiles, incrementando las emisiones de gases contaminantes. Finalmente, el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) se ve comprometido por la dispersión urbana y la ineficiencia en el transporte, que impiden el desarrollo de un entorno urbano más sostenible y equitativo.

Para mejorar la calidad de vida de los residentes y avanzar en la dirección de un desarrollo urbano más equilibrado, es crucial que Tlajomulco fortalezca su infraestructura vial y transporte público, facilitando conexiones más eficientes con el AMG. Promover alternativas de transporte más sostenibles y mejorar la accesibilidad de las áreas urbanas podrían reducir los tiempos de traslado y contribuir al cumplimiento de los ODS. En el siguiente apartado, se abordarán las consecuencias ambientales de estos patrones de automovilidad, con un enfoque en la contaminación generada por el uso intensivo del automóvil en Tlajomulco.

3. Huella de carbono de la automovilidad en Tlajomulco

Para comprender el impacto ambiental de la automovilidad en Tlajomulco de Zúñiga, es esencial realizar un análisis de la huella de carbono generada por los automóviles registrados en el municipio. Según datos del Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI, en Tlajomulco había 171,910 automóviles registrados. Aunque es difícil determinar con precisión el número exacto de automóviles que circulan diariamente, así como las distancias y tiempos de recorrido, es posible hacer cálculos aproximados utilizando extrapolaciones basadas en estudios previos.

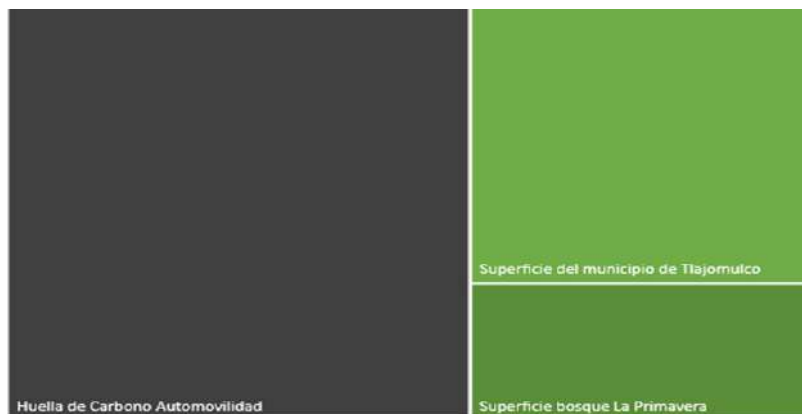
De acuerdo con estudios similares realizados en el Área Metropolitana de Guadalajara (Jiménez, 2024), se ha encontrado que un automóvil que circula en la región consume, en promedio, entre 4 y 5 litros de combustible al día. Considerando que cada litro de combustible consumido genera aproximadamente 2.3 kg de dióxido de carbono (CO_2), un automóvil promedio en el AMG emite alrededor de 8.7 kg de CO_2 diariamente.

Utilizando estos datos, podemos aproximar la huella de carbono total generada por los automóviles en Tlajomulco. Si consideramos que los 171,910 automóviles registrados emiten, en promedio, 8.7 kg de CO_2 al día, la emisión diaria total de CO_2 en el municipio sería de aproximadamente 1,495,617 kg, o bien 1,495.6 toneladas de dióxido de carbono al día (tCO_2).

Para dimensionar el impacto de esta huella de carbono, es útil expresarla en términos de la cantidad de superficie teórica de bosques necesaria para absorber el CO_2 liberado a la atmósfera a causa del metabolismo de la automovilidad. Según el Grupo Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001), los bosques pueden absorber aproximadamente 5.21 toneladas de CO_2 por hectárea al año ($\text{tCO}_2/\text{ha/año}$).

Figura 3

Comparación de la huella de carbono de la automovilidad con otras superficies



Fuente: Elaboración propia.

Dado que la emisión diaria es de 1,495.6 tCO_2 , la huella de carbono sería de 104,773 hectáreas de bosque al año para absorber el CO_2 emitido por la automovilidad de Tlajomulco. Comparando esta cifra con la superficie total del municipio, que es de 63,600 hectáreas, queda claro que la huella de carbono generada por la automovilidad supera significativamente la capacidad de absorción teórica del municipio, por consiguiente, este modelo de movilidad es insostenible.

Para poner este dato en perspectiva, incluso el bosque La Primavera, el secuestrador de carbono más grande del Área Metropolitana de Guadalajara y considerado el pulmón de la ciudad con una superficie de 30,500 hectáreas (CONANP, 2024), no sería suficiente para absorber la huella de carbono de la automovilidad en Tlajomulco. La cantidad total de hectáreas de bosque necesarias para absorber estas emisiones es más de 1.6 veces la superficie total del municipio de Tlajomulco y más de tres veces la superficie del bosque de La Primavera.

Cuando la huella de carbono de un área supera la capacidad de secuestro de carbono de sus recursos naturales, como es el caso de Tlajomulco, el modelo de movilidad se vuelve insostenible. Esta situación va en contra de los Objetivos de Desarrollo

Sostenible, en particular el ODS 13 (Acción por el clima), que busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

La huella de carbono de la automovilidad en Tlajomulco subraya la necesidad urgente de implementar políticas que promuevan el uso de tecnologías más limpias, especialmente en el transporte público, porque promueve una movilidad eficiente y sostenible. Además, es crucial desarrollar una infraestructura urbana que permita reducir la dependencia del automóvil, promoviendo modos de transporte no motorizados, como la bicicleta, especialmente en las áreas más urbanizadas del municipio.

Reducir la huella de carbono de la automovilidad no solo es una cuestión de mitigación ambiental, sino también de mejorar la calidad de vida de los residentes al reducir la contaminación del aire y fomentar una movilidad más saludable y equitativa. En línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Tlajomulco debe priorizar la transición hacia un modelo de movilidad más sostenible que minimice su impacto ambiental y contribuya a la lucha global contra el cambio climático.

Conclusiones

El fenómeno de la automovilidad se ha replicado globalmente, presentando patrones similares en la mayoría de los países. Entender cómo se manifiesta en cada sociedad es crucial para formular políticas alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este entendimiento requiere no solo reconocer los impactos negativos del uso masivo del automóvil, sino también redirigir los esfuerzos hacia la promoción de alternativas sostenibles que favorezcan la salud pública, la equidad social y la protección ambiental. En este contexto, las políticas deben enfocarse en reducir el uso del automóvil, y construir infraestructuras que favorezcan modos de transporte más sostenibles y equitativos.

El caso de Tlajomulco de Zúñiga ilustra cómo el rápido crecimiento urbano y metropolitano, cuando no está adecuadamente planificado, puede generar desafíos significativos que frenan los principios fundamentales de los ODS, especialmente los ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 13 (Acción por el clima). La expansión no controlada ha llevado a problemas urbanos, demográficos y de movilidad que requieren una atención urgente a través de políticas públicas que promuevan un desarrollo más equilibrado y sostenible.

A pesar de la considerable cantidad de personas que utilizan el transporte público en Tlajomulco, la infraestructura actual es insuficiente para ofrecer una alternativa viable al uso del automóvil. Mejorar y ampliar estos servicios es esencial para reducir la

congestión y las emisiones de gases contaminantes, contribuyendo al ODS 3 (Salud y bienestar) y ODS 7 (Energía asequible y no contaminante). Promover la eficiencia y accesibilidad del transporte público es crucial para reducir los tiempos de traslado y avanzar hacia un desarrollo urbano sostenible.

Estas acciones y políticas reducirían la huella de carbono de la automovilidad, vital no solo para el medio ambiente, sino también para mejorar la calidad de vida de los residentes al reducir la contaminación del aire y fomentar una movilidad más saludable y equitativa. Esto es particularmente relevante en relación con el ODS 13 (Acción por el clima), donde Tlajomulco debe priorizar la transición hacia un modelo de movilidad más sostenible que minimice su impacto ambiental.

La futura construcción de la Línea 4 del Tren Ligero de Tlajomulco Centro a Periférico y una nueva línea del sistema Mi Macrobús (BRT) sobre la carretera a Chapala representan pasos significativos hacia la resolución de algunos de los problemas de movilidad descritos en este análisis, y están alineados con los ODS. No obstante, es preocupante que la avenida López Mateos, el corredor más importante y saturado del municipio y del AMG, no cuente con planes para un sistema de transporte masivo que podría transformar el modelo de automovilidad actual y contribuir significativamente al cumplimiento de los ODS.

Referencias

- Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*. Washington, D.C: Island Press.
- Colunga Flores, L. A. (2009). LA EXPANSION URBANA DEL MUNICIPIO DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA. SCTV, 77-88. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11345/01_PROCEEDINGS_M1_06_0003.pdf
- CONANP. (20 de agosto de 2024). *Reserva de la Biósfera*. Obtenido de Bosque La Primavera: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=35®=6>
- Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires: Infinito.
- INEGI. (1980). *X Censo General de Población y Vivienda 1980*.
- INEGI. (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda 1990*.
- INEGI. (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*.
- INEGI. (2010). *XIII Censo de Población y Vivienda 2010*.
- INEGI. (2020). *XIV Censo de Población y Vivienda 2020*.
- INEGI. (2022). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158

- IPCC. (2001). *Working Group I: The scientific basis*. New York: Cambridge University Press.
- Núñez Miranda, B. (2023). *Tlajomulco de Zúñiga. Historia breve*. Tlajomulco: El Colegio de Jalisco, A.C.
- ONU. (30 de abril de 2015). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Urry, J. (2004). The 'System' of Automobility. *Theory, Culture & Society*, 25-39. doi:DOI: 10.1177/0263276404046059

DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

*Jesús Barrera Rojas*⁴³

*Luis Abraham Díaz Alcalá*⁴⁴

*Joel Kelly Gurubel Tun*⁴⁵

Resumen

Las energías renovables han tenido un rápido crecimiento a nivel mundial para disminuir el uso de fuentes convencionales, reducir la huella de carbono y prevenir el cambio climático, sin embargo, actualmente solo representa alrededor de 20 % de la energía global utilizada. Los biocombustibles obtenidos a partir de residuos agroindustriales pueden ofrecer una alternativa sostenible que se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, a través de la digestión anaerobia. Una de las principales actividades económicas del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, es la agricultura, destacando los cultivos de agave y la generación de bagazo como residuo. Uno de los retos actuales de la digestión anaerobia es contar con un sistema de monitoreo eficiente y confiable para la medición de variables clave que contribuyan en un mejor rendimiento de la producción de biogás y la toma de decisiones. En el presente trabajo se diseñó una configuración P&ID utilizando diversos sensores y actuadores para el monitoreo y control de un reactor de fermentación a escala. La adquisición de datos fue resuelta utilizando una topología basada en programación de LabVIEW. Bajo estas condiciones, la tasa volumétrica de producción de biogás utilizando hemicelulosas de agave en codigestión con glucosa alcanzaron los 375.5 NmL de biogás* g SSV-1*L-1 resultando en una producción total de biogás de 6, 008 NmL en 21.5 horas. El resultado anterior muestra que existe la posibilidad del uso de diferentes residuos como fuentes de carbono en procesos de codigestión. El monitoreo del flujo volumétrico de biogás, la temperatura, la conductividad eléctrica y el pH son variables importantes para determinar los tiempos de retención del proceso que garanticen una producción estable de biogás y evitar la inhibición.

43 Doctor en Ciencias con la especialidad en Bioquímica por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN y profesor investigador en el Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5244-9879>. Correo electrónico: jesus.barrera@academicos.udg.mx

44 Ingeniero en Energía por la Universidad Autónoma Metropolitana. Correo electrónico: ldiazalcala@gmail.com

45 Doctor en Ciencias por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN y profesor investigador en el Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-9018>. Correo electrónico: gurubel02@gmail.com

Palabras clave

Biogás, monitoreo, control, residuos agrícolas, Tlajomulco de Zúñiga, energía sostenible

Objetivos de Desarrollo Sostenible abordados en el capítulo

a) De manera central



b) Complementarios



Abreviaturas

CE: Conductividad eléctrica

NmL: Mililitros normales

A: Amperio

AGV: Ácidos Grasos Volátiles;

DA: Digestión Anáerobica

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ST: Sólidos Totales

SSV: Sólidos Suspendidos Volátiles

μS: Micro Siemens

T_a: Temperatura del ambiente

T_w: Temperatura final

V: Voltio

η: Eficiencia

ζ: Eficacia

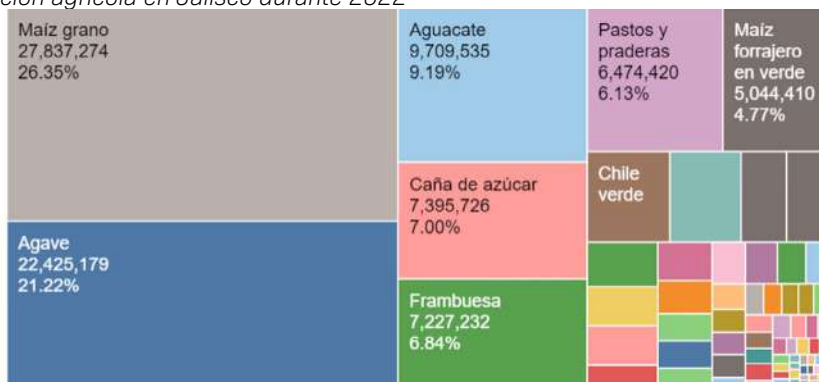
Introducción

Las sociedades requieren de identidad, sentido de pertenencia, utilizar un régimen político y económico, además de tener lazos culturales, de valores y poseer un territorio. Poseer infraestructura y una gestión sostenible de recursos permite generar riqueza y prosperidad. Particularmente, la infraestructura sostenible debe considerar mecanismos de observación y control. Dado que el concepto de sostenibilidad surge

del impacto negativo de las actividades humanas en el ambiente y los ecosistemas, el estudio de estos impactos busca caracterizar los fenómenos y tomar decisiones para su control (principalmente buscando la reducción). El aseguramiento económico y desarrollo social no puede perder de vista el abastecimiento y calidad de vida de las generaciones futuras. Asimismo, el abastecimiento energético y mantenimiento social son temas selectos en el beneficio de las actividades humanas y la calidad de vida.

En este contexto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, especialmente el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), resultan relevantes. Estos objetivos destacan la necesidad de acceso a fuentes de energía sostenibles y la importancia de desarrollar comunidades resilientes. La presente propuesta, considera que la producción de biogás a partir de residuos agrícolas se alinea con estos objetivos, ofreciendo energía limpia, reduciendo emisiones y promoviendo la gestión integral de residuos. Optimizar y facilitar tecnologías de biogás puede fortalecer la infraestructura de economías rurales y promover prácticas agrícolas responsables, nuevamente para contribuir al desarrollo sostenible y al aumento de la calidad de vida en las comunidades y los ecosistemas.

En la actualidad, las sociedades humanas han alcanzado niveles de desarrollo heterogéneos, en su mayoría, con fuentes de energía no sostenibles. Sin embargo, los ODS promueven la búsqueda, investigación y uso extendido de otras fuentes energéticas renovables, como la energía nuclear y otras de bajo contenido de carbono (Richie & Rosado, 2020). El municipio de Tlajomulco de Zúñiga, en el estado de Jalisco, presenta condiciones potenciales para el alcance de los ODS en temas de energías renovables, debido a sus actividades económicas y nichos de oportunidad en el contexto educativo y de planeación urbana. Tlajomulco cuenta con una extensión territorial de 682 km², de las cuales el 62.6 % corresponde a terrenos planos (inclinaciones menores a 5°), condición que favorece la producción agrícola. Cuenta con una media anual de precipitación de 928 mm y el 34.2 % de su suelo es vertisol, aunque predominan las rocas ígneas las cuales dificultan la agricultura, el tipo de suelo es muy fértil y puede ser muy productivo (IIEG, 2023). Por lo anterior, las actividades agropecuarias cubren un total de 33, 593.16 hectáreas (49.21 % de todo el territorio), cuyos principales cultivos sorgo, avena, garbanzo y hortalizas, y al igual que en el resto del estado (Fig. 1), el principal cultivo corresponde al maíz (Jalisco, 2023).

Figura 1*Producción agrícola en Jalisco durante 2022*

Nota. Valor de producción en miles de pesos y porcentaje del total.

Fuente: Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (2022).

Tlajomulco presenta características óptimas para el cultivo del agave (Ruiz Corral et al., 2002) y como la mayoría de los cultivos, el procesamiento para obtener productos de valor agregado genera residuos que pueden ser aprovechados para promover la sostenibilidad de dicho procesamiento. El bagazo de agave es el residuo sólido más abundante en la producción de tequila. Se trata de un polímero orgánico formado por distintas proporciones de celulosa, hemicelulosa y hemicelulosas (Li et al., 2012). Usualmente, estos residuos son dispuestos en rellenos sanitarios donde se producen gases de efecto invernadero de manera descontrolada, proliferación de vectores y generación de lixiviados (Rees, 1980).

Una alternativa sostenible para la gestión de estos residuos es la digestión anaerobia (DA), la cual permite reducir el volumen de residuos que llegan a los rellenos sanitarios con un retorno energético debido a la producción de biogás (Ibarra-Esparza et al., 2023). Las estadísticas de consumo energético en México sitúan a Tlajomulco como el cuarto municipio del estado de Jalisco con mayor consumo de energía eléctrica. Su gasto asciende a 826.71 GWh, lo que representa el 6.13 % del consumo total del estado de Jalisco. Lo anterior contrasta con la única fuente de producción eléctrica del municipio, la cual corresponde al uso de biogás para producir 6.31 GWh por año, el cual se genera en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Ahogado (Secretaría de Energía, 2018).

Por otro lado, se ha documentado que en el Área Metropolitana de Guadalajara existe una problemática en la gestión de residuos y tratamientos de efluentes de agua residual, los cuales pueden ser aprovechados para la producción de biogás (Gran

Castro & Bernache Pérez, 2016). Se ha reportado que la generación de biogás en el estado de Jalisco tiene una capacidad estimada en 14.44 PJ al año (Pallagst et al., 2019), lo cual presenta una ventana de mejora importante a través del aumento de sitios de generación a partir de residuos abundantes en la zona.

Lo anterior, abre una ventana de oportunidad para promover los ODS antes mencionados (ODS 7: Energía asequible y no contaminante; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles) dado que las comunidades sostenibles buscarán reducir las brechas en el aprovechamiento de energéticos (convencionales), generación de alternativas sostenibles, como los biocombustibles y gestión de residuos (sólidos y agua). Los impactos van desde, disminuir el estatus de desigualdad social en Tlajomulco, aunque se considere que El Salto (0.355), Juanacatlán (0.371) y Tlajomulco de Zúñiga (0.395) presentan niveles moderados de desigualdad (Pallagst et al., 2019).

La producción de biogás consiste en una digestión anaerobia (DA) de materia orgánica, por supuesto, en un ambiente libre de oxígeno o sus precursores (por ejemplo, el peróxido de hidrógeno, H_2O_2). Se pueden distinguir metabolismos particulares que participan en la DA. A partir de fuentes de carbono definidas, donadores y aceptores de electrones, este proceso puede descomponer biomasa y producir dióxido de carbono (CO_2), biohidrógeno ($bioH_2$, para diferenciar del hidrógeno molecular de origen geológico), ácido sulfúrico (H_2S), y CH_4 principalmente.

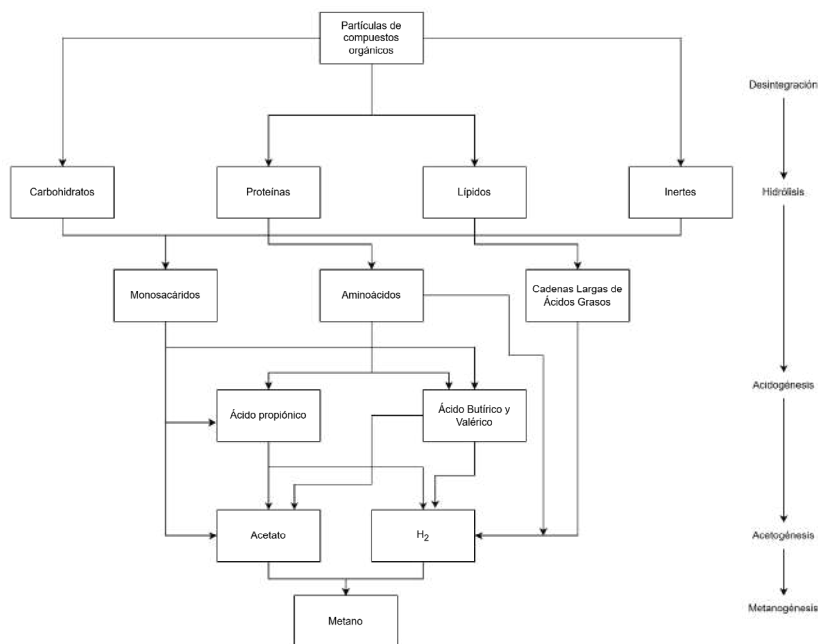
De manera general, se trata de un proceso oxido-reductivo donde alguna molécula reducida (i.e. bagazo, $bioH_2$) es despojada de sus electrones los cuales se usan para reducir fuentes de carbono (i.e. CO_2 , acetato) para producir, principalmente, CH_4 . Dado que el principal componente del biogás debe ser metano, la producción de un biogás con alta capacidad calorífica depende de los sustratos (residuos) e inóculos (consorcios microbianos), y no menos importante, las condiciones de control de parámetros como el flujo de residuos, el pH, la conductividad eléctrica (CE), la agitación, la temperatura, etc.

En este sentido, es importante contar con una estrategia de monitoreo y control de las variables de interés. La DA no es realizada por un solo grupo de microorganismos, puede ser descrita en varias etapas donde participan distintos dominios de la vida, principalmente bacterias y arqueas. La Fig. 2 esquematiza las etapas clave de la DA. En la primera etapa, conocida como hidrólisis, los compuestos orgánicos de la biomasa se descomponen en sus componentes esenciales: carbohidratos, proteínas y lípidos. Es decir, los carbohidratos se descomponen en monosacáridos, las proteínas en aminoácidos y los lípidos en cadenas largas de ácidos grasos. La siguiente etapa es la fermentación o acidogénesis, donde los monosacáridos, aminoácidos y ácidos

grasos se convierten en ácidos grasos volátiles (AGV), como el ácido butírico y el ácido propiónico. En esta fase también se produce bioH_2 como subproducto y ocurre la acidificación del medio, un fenómeno clásico que requiere control. En la tercera etapa, conocida como acetogénesis, los AGV son convertidos en acetato, bioH_2 y CO_2 . Finalmente, en la etapa de metanogénesis, los subproductos de las fases anteriores son convertidos en CH_4 por consorcios de arqueas (Khanal, 2008).

Figura 2

Adaptación de las rutas biológicas principales de la conversión de materia orgánica

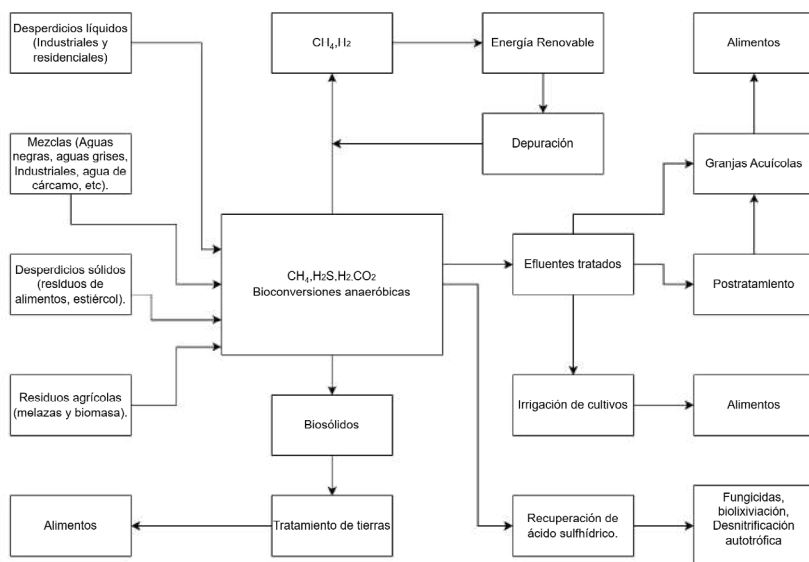


Fuente: Khanal (2008).

La DA no solo permite la recuperación de energía a través de la producción de moléculas de valor agregado contenidas en el biogás (Fig. 3), además, los elementos como carbono, nitrógeno, hidrógeno y azufre, provenientes de mezclas de aguas, residuos industriales, municipales y agrícolas, se pueden agregar en biosólidos los cuales pueden ser procesados para la fabricación de fertilizantes, mejoradores de suelo y recuperación de otros materiales (ácido sulfhídrico para fungicidas, biolixiviación y desnitrificación autótrofa, entre otros). A diferencia del petróleo, cuya formación lleva millones de años y su cantidad es finita, el biogás se genera continuamente a partir de la descomposición de materia orgánica, un recurso que puede ser gestionado y reabastecido continuamente bajo los criterios de los ODS 7 y ODS 11 (Khanal, 2008).

Figura 3

Adaptación del diagrama esquemático del ciclo de vida del aprovechamiento de diferentes fuentes de desperdicios



Fuente: Khanal (2008).

El objetivo de este trabajo es diseñar una estrategia sostenible para obtener energía renovable mediante el control de un tratamiento biológico de residuos agroindustriales provenientes del municipio de Tlajomulco, como parte de los alcances de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El primer enfoque que presentamos aquí consideró el proceso de producción de biogás promoviendo la fase acidogénica. a) La caracterización de la hemicelulosa de agave como fuente de carbono para el proceso de codigestión anaerobia; b) Se diseñó un sistema de monitoreo en tiempo real para los parámetros: flujo volumétrico de biogás, CE y pH, lo cual permitió un control preciso del proceso en un biorreactor instrumentado; y c) La estabilización de la producción de biogás para obtener un mejor rendimiento.

1. Materiales y métodos

1.1 Origen y pretratamiento del inóculo

El consorcio microbiano fue obtenido de un biodigestor industrial en una planta de tratamiento de aguas residuales del estado de Jalisco. Se realizó un pretratamiento colocando el inóculo a un pH de 4 durante 24 h, lo anterior, se realizó para favorecer la eliminación de arqueas y el enriquecimiento de bacterias formadoras de esporas las

cuales, en su mayoría, tienen la capacidad de producir bioH₂ (Ntaikou, 2021). La inoculación en los experimentos se realizó en términos de los sólidos suspendidos volátiles los cuales fueron determinados por técnicas gravimétricas (Clesceri et al., 1999).

1.2 Sustrato y suplementación del medio de cultivo

En nuestra experimentación se utilizaron hemicelulosas de agave como fuente de carbono, las cuales fueron obtenidas como subproducto de un proceso para obtener celulosa de agave. Las hemicelulosas fueron neutralizadas hasta obtener un pH de 7. Se utilizó un medio de cultivo completo basado en las necesidades nutrimentales de los consorcios, el cual consideró concentraciones modificadas de las trazas de metales y bicarbonato de sodio reportado por Khelaifia et al. (2013). El medio se formuló y esterilizó utilizando 1.5 g/L NaCl, 18.69 mM NH₄Cl, 0.8 g/L MgSO₄·7H₂O, 0.6 g/L MnSO₄·H₂O, 0.5 g/L FeSO₄·H₂O, 0.5 g/L KH₂PO₄, 0.5 g/L K₂HPO₄, 50 mg/L KCl, 50 mg/L CaCl₂, 20 mg/L CuSO₄·5H₂O, 0.5 mg/L Na₂MoO₄·2H₂O, 1.5 mg/L NiCl₂·6H₂O, 0.1 mg/L ZnSO₄·7H₂O, 7 µg/L H₃BO₃, 4 µg/L CoSO₄·7H₂O, 4 µg/L Na₂WO₄·2H₂O, 3 µg/L Na₂SeO₃·5H₂O, y 0.2 µg/L KAl(SO₄)₂·12H₂O. Se agregaron 2 g/L de NaHCO₃ filtrado para evitar pérdidas en la autoclave. Se realizaron determinaciones de demanda química de oxígeno de las hemicelulosas utilizando las pruebas rápidas de la marca Hach de rango alto (150 a 1,500 mg O₂/L).

1.3 Digestión anaerobia acidogénica

Los experimentos se realizaron en un biorreactor de fermentación de 4 L Minifors instrumentado con sensores de pH, CE, oxígeno disuelto, temperatura y volumen de biogás. El proceso fue realizado por lotes y controlado a una temperatura de 35 °C, pH de 6 y una agitación de 100 rpm. Se utilizaron soluciones 1 M de HCl y 4 M de NaOH para el ajuste de pH. Los componentes del biorreactor se describen en la Tabla 1 y los instrumentos de medición y control en la Tabla 2.

Tabla 1

Características y dimensiones del biorreactor de referencia

Componente	Capacidad
Recipientes	6 L (head space 2 L)
Volúmenes de trabajo	0,3–1,0 l / 0,6–2,0 l / 1,1–4,0 l
Dimensiones (anch. x prof. x alt.)	455 mm x 375 mm x 740 mm
Impulsores	Agitación para microorganismos: 150 min ⁻¹ hasta 1600 min ⁻¹ ; cultivos celulares: 24 min ⁻¹ hasta 600 min ⁻¹
Temperatura	+ 15 °C (Temperatura del refrigerante + 5 °C) hasta 60 °C

Gasificación por recipiente	Hasta 5 MFCs 2 min ⁻¹ (vvm)
Velocidad de la bomba por recipiente	4x configurable (velocidad fija o variable) de fábrica: 3x fijo (ácido, base y antiespumante), 1 x variable (alimentación)
Prestación de la bomba	0,0034 bis 3,52 ml*min ⁻¹ (estándar), 0,017 hasta 16,13 ml*min ⁻¹ , 0,0012 hasta 1,12 ml*min ⁻¹
Puertos por recipiente	7,5 mm 4x
	10 mm 4x
	12 mm (Pg13,5) max. 7x
Conectividad	OPC UA vía Ethernet
Operación paralela (con controlador en la pantalla táctil)	1 unidad
Esterilización	Autoclave

Fuente: INFORS HT (2023).

Tabla 2

Características y capacidades de los sensores y del reactor

Componente	Capacidad y/o rango de operación
Sensor de pH	0 – 14 unidades de potencial hidrógeno
Bombas peristálticas	Operación máxima 12 V a 7.5 W
Agitador	2750 RPM a 42 V a 102 W
Sensor conductividad	Hamilton Conducell 4UxF de 4 - 20mA a 12V
Sensor temperatura	100Ω a 0 °C – 100 °C
Minifors 2	120/230 VAC 50/60 Hz a 800 W
Control de temperatura	Placa térmica de 630 W

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Adquisición y procesamiento de señales

La adquisición y procesamiento de señales obtenidas del proceso se realizan con equipo National Instruments (NI) PXIe-1078 y CompactRIO NI CRIO-9068, con controlador multifunción de la Serie R con FPGA Virtex-5 LX50NI PXI-7842R. La topología de adquisición de datos se realizó en el software LabVIEW. La medición de biogás se realizó con un dispositivo μ Flow cuyas características se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3*Características y capacidades del medidor de flujo μ Flow*

Componente	Capacidad y/o rango de operación
Resolución de medición	10 ml
Rango de medición	20 a 4000 ml/h
Señal de salida para flujo	4-20 mA
Principio de funcionamiento	Desplazamiento de líquidos y flotabilidad
Pantalla LCD	Flujo de gas normalizado (NmL/h), volumen (Nml) y tiempo (min)
Dimensiones	19 x 14 x 6 cm
Peso	0.180 kg
Alimentación	Entrada 100-240 V ~ 50/60 Hz, salida 12 V DC / 0.5 A

Fuente: Elaboración propia.

2. Resultados

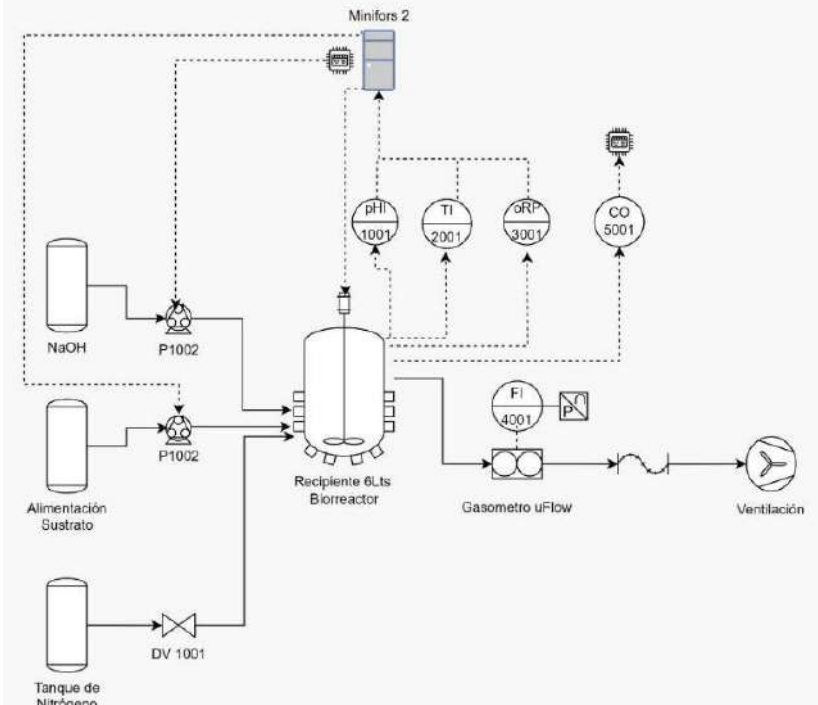
2.1 Sistema y sensores de monitoreo y control

El monitoreo y control de un biorreactor en una DA es esencial para mantener las condiciones óptimas de desempeño en los metabolismos de interés. Con la estandarización de crecimiento y desarrollo de los consorcios de microorganismos se busca producir metabolitos de valor agregado y derivados como los biocombustibles de manera constante y con condiciones aceptables para su uso. El acompañamiento de recursos informáticos como LabVIEW permite una sinergia entre la instrumentación electrónica y el control de procesos (Rojo et al., 2017).

Tomando en consideración las variables que intervienen en la producción de biogás: temperatura, pH y presión, los sensores utilizados permitieron documentar el fenómeno. El diagrama de control P&ID diseñado para estos experimentos se muestra en la Fig. 4. El biorreactor instrumentado contó con un sistema de actuadores para la dosificación de ácido/base para mantener el pH en 6, como es de esperar, el fenómeno de acidificación promovió el gasto de la base sobre el ácido. En este punto cobró relevancia el uso de una concentración elevada de hidróxido para no aumentar de manera considerable el volumen del medio.

Figura 4

Diagrama P&ID del sistema de monitoreo y control del biorreactor Minifors 2



Fuente: Elaboración propia.

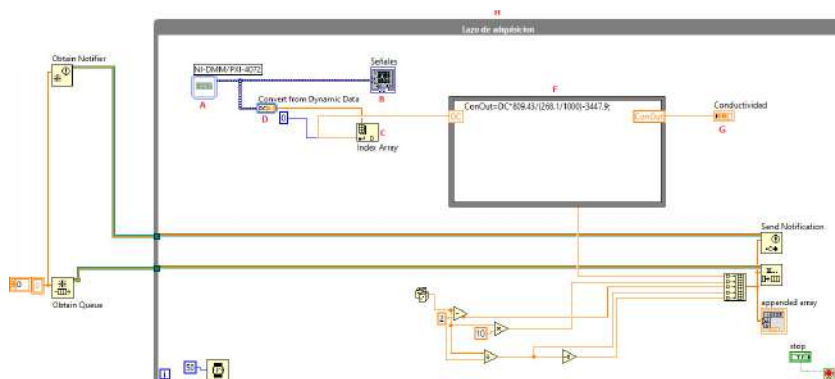
Se muestran dos actuadores para la adición del ácido y la base en el control de pH. La alimentación y toma de muestra se realizó utilizando un tanque de nitrógeno para evitar la apertura del biorreactor al medio. El biogás se conservó en bolsas de Tedlar y el excedente se transfirió a una campana de extracción de gases. La adquisición de la CE se realizó en el controlador de NI. La estrategia de monitoreo y control consistió en mantener el pH, temperatura y agitación en valores de operación fijos, mientras que los parámetros de CE y flujo volumétrico de biogás se monitorean con el equipo NI y se envían a un lazo de control por retroalimentación de estados. La CE es una variable importante ya que está relacionada con la etapa de acidogénesis, la cual está caracterizada por la producción de AGV y que son sustrato para la producción de biogás. Ambos parámetros se pueden relacionar, debido a la cinética enzimática de la producción de AGV por parte de las bacterias acidogénicas y acetogénicas y la contribución a la CE de los AGV (Alavi-Borazjani et al., 2020).

El volumen de biogás producido fue un indicador de la activación de las rutas metabólicas de los consorcios microbianos de interés. Estas variables fueron consideradas primordiales para el control y optimización del rendimiento en la producción de biogás. Dado que el sensor de CE arrojó señales eléctricas entre los 4 y 20 mA se utilizó una calibración específica para realizar la conversión de los valores de corriente a medidas físicas. Las curvas temporales de CE generadas proporcionaron una interfaz visual para el seguimiento y ajuste de los parámetros del biorreactor, las cuales coincidieron con la cinética de producción de biogás (discutido más adelante).

El total de las señales monitoreadas se utilizaron para diseñar una ley de control que regule la acidogénesis para la producción de biogás vía los actuadores. Se diseñaron e implementaron estructuras para la adquisición de datos para monitoreo y control en tiempo real (Fig. 5). Se determinó que, los requerimientos de los componentes para sincronización, validación y procesamiento requieren calibraciones pertinentes y pruebas de validación para su correcto funcionamiento. El software y hardware utilizado permitió la construcción de esquemas de control en lazo cerrado para la regulación de los actuadores del biorreactor para la producción eficiente del biocombustible. La Fig. 5 muestra el diagrama a bloques construido en LabVIEW para la adquisición y gestión de datos provenientes de los sensores de monitoreo del biorreactor.

Figura 5

Topología de adquisición de datos en software LabVIEW



Fuente: Elaboración propia.

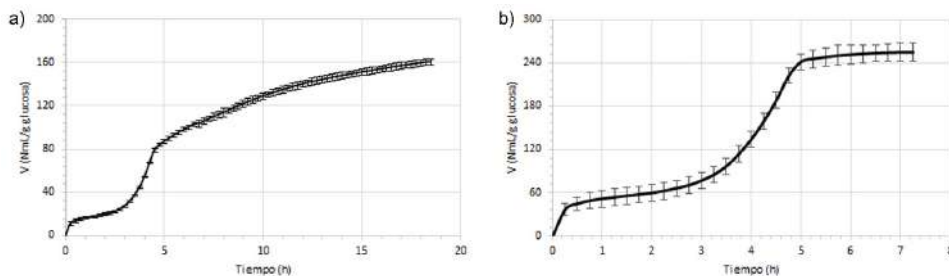
En la Figura 5 se puede observar: A. Módulo NI-DMM/PXI-4072, el cual es un digitalizador aislado de 6 1/2 dígitos, ± 300 V, 1,8 MS/s integrado, con Soporte de Medición, Multímetro Digital PXI. B. Bloque de monitoreo digital. C. Elemento de LabVIEW para una matriz de índice de datos de entrada. D. Elemento gestor de entrada

dinámica de datos. E. Búfer de almacenamiento. F. Estructura de conversión de datos mediante fórmula, donde la variable “ConOut=DC*809.43 / (268.1/1000)-3447.9” se convierte en unidades de $\mu\text{S/cm}$. G. Estructura de while loop para la operación en bucles infinitos. H. Indicador de salida de datos en unidades de $\mu\text{S/cm}$.

2.2 Digestión anaerobia de hemicelulosas de agave

Es usual que, para calcular el potencial de producción de biogás de una molécula, esta se compare con una fuente de carbono probada y fácil de digerir como los monosacáridos. En etapas diferentes de experimentación se obtuvieron resultados que brindaron un panorama para la generación de una estrategia de monitoreo y control. Para conocer la viabilidad del uso de residuos del procesamiento de materiales lignocelulósicos en la DA, se realizaron experimentos paralelos de producción de biogás utilizando glucosa, hemicelulosas y una combinación de ambos (codigestión). Se consideró el uso de 5 g/L de sólidos suspendidos volátiles (SSV) provenientes del inóculo y se agregaron respectivamente 100 partes de glucosa por 25 partes de nitrógeno y una parte de fósforo. El uso de glucosa como fuente de carbono permitió obtener un potencial de producción de biogás de 160.3 mililitros normales (NmL) por cada gramo de glucosa agregado. Sin embargo, al utilizar hemicelulosas de agave se alcanzó una producción de 254.61 NmL en codigestión con glucosa (Fig. 6).

El resultado anterior muestra que, a una escala mayor, existe la posibilidad del uso de diferentes residuos como fuentes de carbono en procesos de codigestion, por ejemplo, el uso de bagazo de agave (hemicelulosas) y bagazo de caña (sacarosa). No obstante, para escalar estas soluciones a niveles prácticos y efectivos, es necesario superar desafíos técnicos, como la monitorización de la demanda química de oxígeno (DQO) y la implementación de técnicas gravimétricas para determinar las cantidades de inóculo. Estos métodos, aunque efectivos en laboratorios, pueden ser limitantes en aplicaciones a gran escala debido a su complejidad. Es crucial desarrollar estrategias de monitoreo y control más prácticas y robustas para facilitar la implementación de tecnologías de biogás en una mayor variedad de contextos, promoviendo así una adopción más amplia y efectiva de prácticas sostenibles.

Figura 6*Producción de biogás en el biorreactor instrumentado Minifors 2*

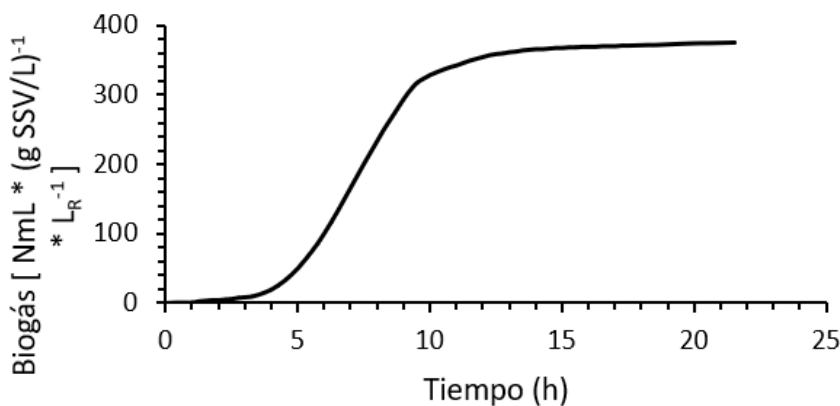
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.a la fuente de carbono utilizada corresponde a glucosa, además de una fuente de nitrógeno y formato en una relación 100:15:1. En la Figura 6.b la fuente de carbono utilizada corresponde a un tercio de la concentración de glucosa de la Figura 6.a y 5.4 mg de DQO de hemicelulosas correspondiente a un volumen de 9 mL. La concentración del inóculo utilizada fue de 5 g SSV/L.

2.3 Señales de monitoreo y control en la digestión anaerobia

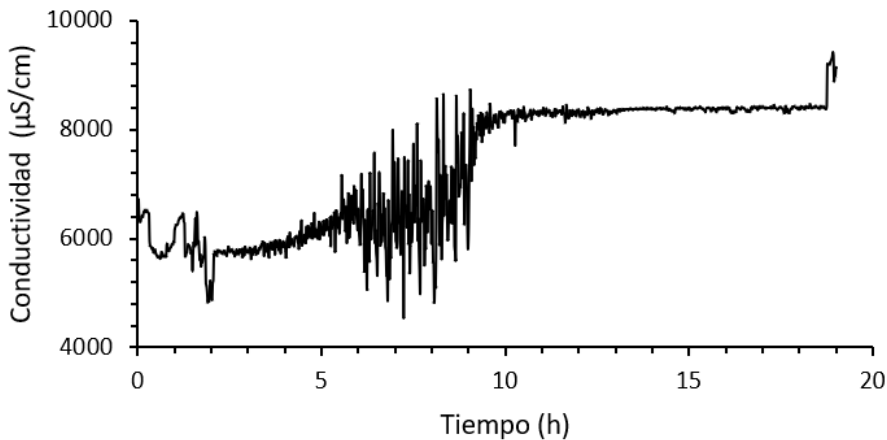
La generación de biogás a través de la DA puede valerse de una amplia diversidad de sensores. En el caso del biorreactor instrumentado Minifors 2 es relevante contar con un sensor de producción de biogás. Dado que la concentración de los gases (en realidad sus presiones parciales) depende de la temperatura y presión atmosférica, es necesario que el sensor realice los ajustes necesarios a las mediciones. Para el monitoreo de la producción volumétrica de biogás se utilizó un sensor μ Flow, el cual permitió relacionar los valores de producción de biogás con la cantidad relativa de microorganismos (SSV) en el volumen definido por el biorreactor (Fig. 7).

Este experimento permitió la obtención de 375.5 NmL de biogás por cada gramo de SSV y por cada litro de trabajo del biorreactor. Dado que en este experimento se redujo la concentración de SSV a 4 g/L, la producción total de biogás fue de 6,008 NmL en 21.5 horas. Al igual que en la digestión de hemicelulosas, la mayor velocidad de producción de biogás se encuentra entre las 5 y 10 horas, por lo que, para un proceso continuo, los tiempos de retención estarían en esta ventana de tiempo.

Figura 7*Producción volumétrica de biogás*

Fuente: Elaboración propia.

Se muestran los valores normalizados de volumen de biogás relativos a la cantidad relativa de inóculo (g SSV/L) en el volumen definido por el biorreactor LR. Por otro lado, se pueden relacionar algunos parámetros con los procesos biológicos que acontecen dentro del biorreactor, tal es el caso del bioproceso de acidogénesis con el aumento de la CE. Para medir este fenómeno, es necesario contar con un sensor adecuado debido a los altos valores de sólidos disueltos e iones característicos de los procesos de DA. El aumento de AGV dentro del biorreactor al final del proceso de acidogénesis hace necesario un control de pH, dado que, si este bioproceso prosigue, la producción de biogás es inhibida. Para esta serie de experimentos se utilizó un sensor de CE Hamilton Conducell 4Ux F, el cual emite una señal analógica de corriente que se puede correlacionar linealmente con la CE. Al igual que la producción de biogás, el aumento de la CE se encuentra entre las 5 y 10 horas del experimento (Fig. 8). Se ha mencionado que el aumento en la concentración de AGV puede inhibir la producción de biogás debido a la modificación del pH, por lo que el monitoreo de la CE podría ayudar a definir los tiempos de retención (Marín-Peña et al., 2020).

Figura 8*Monitoreo de la CE en la digestión anaerobia de glucosa*

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la operación del biorreactor y sus componentes requiere de un consumo eléctrico en los periodos de operación. En el anexo se presenta un caso de estudio de balance neto energético para un bioproceso con un sustrato base de glucosa para la producción de biohidrógeno. El estudio considera la energía obtenida del biohidrógeno, los consumos energéticos de los equipos e instrumentos en un periodo de experimentación. Con este balance energético será posible conocer el rendimiento del bioproceso y tomar acciones para su operación óptima y sostenible.

Conclusiones

El uso de materiales lignocelulósicos clasificados comúnmente como residuos pueden ser incorporados a procesos con retorno energético como la digestión anaerobia. Este bioproceso es versátil debido a la posibilidad de combinar residuos, e incluso aguas residuales para favorecer la producción de biogás. Sin embargo, es necesario contar con una estrategia de monitoreo y control para optimizar este proceso.

El monitoreo de la digestión anaerobia por medio de sensores permitió correlacionar variables e identificar los parámetros limitantes o inhibidores. Se aseguró que la concentración de oxígeno disuelto se mantuviera por debajo de 0.9 %, evitando la inactivación de consorcios anaerobios acidogénicos productores de bioH_2 . Además, se identificó que las condiciones de temperatura mantenida, no impactó en la tasa

de producción de biogás, la cual tuvo que ser realizada por organismos mesófilos. Se obtuvo un gasto de hidróxido de sodio congruente con la generación de AGV y el control de pH. Lo anterior se correlaciona con el aumento de la CE y el inicio de la producción exponencial de biogás.

La adquisición de datos en tiempo real de los parámetros mencionados permitió definir la carga orgánica de entrada y el tiempo de retención hidráulica óptimos para mantener la estabilidad del proceso. Además, evidenció la necesidad de incorporar la producción de metano para enriquecer energéticamente el biogás (ver anexo).

La presente propuesta técnica busca dar una primera vista a los requerimientos de monitoreo y control de la digestión anaerobia como alternativa energética sostenible para el aprovechamiento de residuos agrícolas del municipio de Tlajomulco de Zúñiga. De manera directa, pretende contribuir con alternativas energéticas limpias y asequibles (ODS 7) a través del reciclaje de residuos orgánicos agroindustriales (ODS 11). Además, de manera indirecta, se propone contribuir con el alcance de la producción y consumo responsables (ODS 12) y el saneamiento y dotación de agua limpia para todos (ODS 6).

Los retos por atender en materia de gestión de residuos, producción responsable y obtención eficiente de energías no contaminantes para el fortalecimiento de la economía circular son aún muchos, por lo que la búsqueda de alternativas que aporten una solución integral en la gestión de la energía y residuos abre la oportunidad para la intervención de colaboradores multidisciplinarios, para una mejor comprensión del problema y aportar nuevas soluciones para el desarrollo sostenible de nuestras comunidades.

Referencias

- Alavi-Borazjani, S. A., Capela, I., & Tarelho, L. A. C. (2020). Valorization of biomass ash in biogas technology: Opportunities and challenges. *Energy Reports*, 6, 472–476. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.09.010>
- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., & Eaton, A. D. (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. In *Public Health* (Issue 1).
- De, R., & Exactas, C. (2017). Efecto de la temperatura y del origen del inóculo en la producción de biohidrógeno. In *FÍSICAS Y NATURALES* (Vol. 4, Issue 2).
- Gran Castro, J. A., & Bernache Pérez, G. (2016). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente*, 1, 73–101. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455745080004>

- Ibarra-Esparza, F. E., González-López, M. E., Ibarra-Esparza, J., Lara-Topete, G. O., Senés-Guerrero, C., Cansdale, A., Forrester, S., Chong, J. P. J., & Gradilla-Hernández, M. S. (2023). Implementation of anaerobic digestion for valorizing the organic fraction of municipal solid waste in developing countries: Technical insights from a systematic review. *Journal of Environmental Management*, 347. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118993>
- IIEG. (2023). *Tlajomulco de Zúñiga Diagnóstico municipal agosto 2023*.
- INFORS HT. (2023). *minifors2*. <https://www.infors-ht.com/es/biorreactores/biorreactor-de-sobremesa/minifors2/>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (2022). *Producción agrícola en Jalisco durante 2022. Sector Primario*. https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=19669
- Jalisco, G. del E. (2023). *TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA*. GOB (2024). <https://www.jalisco.gob.mx/es/noticias-referencias/tlajomulco-de-zuniga>
- Khanal, S. Kumar. (2008). *Anaerobic biotechnology for bioenergy production: principles and applications*. Wiley-Blackwell.
- Khelaifia, S., Raoult, D., & Drancourt, M. (2013). A Versatile Medium for Cultivating Methanogenic Archaea. *PLoS ONE*, 8(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061563>
- Li, H., Foston, M. B., Kumar, R., Samuel, R., Gao, X., Hu, F., Ragauskas, A. J., & Wyman, C. E. (2012). Chemical composition and characterization of cellulose for Agave as a fast-growing, drought-tolerant biofuels feedstock. *RSC Advances*, 2(11), 4951–4958. <https://doi.org/10.1039/c2ra20557b>
- Marín-Peña, O., Alvarado-Lassman, A., Vallejo-Cantú, N. A., Juárez-Barojas, I., Rodríguez-Jarquín, J. P., & Martínez-Sibaja, A. (2020). Electrical conductivity for monitoring the expansion of the support material in an anaerobic biofilm reactor. *Processes*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/pr8010077>
- Ntaikou, I. (2021). Microbial production of hydrogen. In *Sustainable Fuel Technologies Handbook*. INC. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822989-7.00011-1>
- Pallagst, K., Vargas-Hernández, J. G., Hammer Editors, P., Blaser, B., Albert, L., Graul, D., Tristan, G., & Gómez, N. (2019). *The role of green innovation areas in revitalizing german and mexican cities*. Fondo Editorial Universitario. www.uni-kl.de/giagem
- Rees, J. F. (1980). The Fate of Carbon Compounds in the Landfill Disposal of Organic Matter". In *J. Chem Tech. Biofechnol* (Vol. 30).
- Richie, H., & Rosado, P. (2020). *Energy Mix*. Explore Global Data on Where Our Energy Comes from, and How This Is Changing. <https://ourworldindata.org/energy-mix>
- Rojo, L. E., Lemus-Pérez, A., García-Baeza, O., Uriel, Ó., & Zavala, L. (2017). INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE BIO-

- GÁS. In *Tecnológico Nacional de México en Celaya Pistas Educativas* (Vol. 39, Issue 125). <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- Ruiz Corral, M., Barrios, P., & Hernández, Z. (2002). Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de Agave tequilana en el estado de Jalisco. *Agrociencia*, 36(1), 41–53. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236105>
- Secretaría de Energía. (2018). *Plan Estatal de Energía de Jalisco*. https://consulmex.sre.gob.mx/guangzhou/images/PDFpromocion/JAL_Energia.pdf

Anexo

Balance energético

La determinación de la energía neta producida en un biorreactor de digestión anaerobia (AD) que genera biohidrógeno (bioH₂) implica un análisis global del balance energético. Este balance se establece como la diferencia entre la energía contenida en el gas producido por unidad de volumen del biorreactor y la energía utilizada para mantener las condiciones de reacción. Es importante destacar que este análisis puede realizarse tanto en ejecuciones por lotes como en operaciones continuas, cada una con sus propias consideraciones. En primer lugar, todas las cantidades de energía involucradas se evalúan en unidades de energía por unidad de volumen del biorreactor, utilizando unidades estándar como MJ/m³ o MJ/(m³ día). Para lograr una comparación significativa, se establece un volumen de referencia y un periodo de tiempo de referencia para calcular cada término del balance energético:

$$E_{neta} = E_{H_2} - (E_C + E_p + E_A + E_B)$$

Donde:

- E_{neta} = Energía neta del sistema.
- $E_{Biohidrógeno}$ = Densidad energética del hidrógeno molecular producido durante el proceso de digestión.
- E_C = Energía requerida para el proceso de tratamiento térmico.
- E_p = Energía perdida en el proceso; se puede asumir como entropía global del sistema (reacción bioquímica, pérdidas mecánicas y pérdidas térmicas).
- E_A = Energía requerida por el agitador.
- E_B = Energía requerida por el sistema de bombeo.

Dado que muchos datos disponibles se obtienen a escala de laboratorio y la producción de biohidrógeno requiere de continuos estudios, se utiliza un criterio de escalado geométrico del biorreactor por lotes. En este contexto, el diámetro (D) del biorreactor se selecciona como el parámetro de escalado. La geometría del digestor cilíndrico se

elige con una relación constante de entre la altura (L) y el diámetro (D), y una relación constante de 2 entre el diámetro del reactor y el del mezclador (d), replicando así la configuración del biorreactor Minifors.

La transferencia de calor se produce desde el medio exterior al interior del biorreactor. Consideraremos principalmente la conducción de calor a través de la capa de cristal, usando el modelo de Conducción de Calor fundamentado en la Ley de Fourier para la conducción de calor:

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Donde:

- Q: Tasa de transferencia de calor (W).
- k: Conductividad térmica del cristal (W/m·K).
- A: Área de transferencia de calor (m²).
- dT/dx: Gradiente de temperatura a través de la capa de cristal (K/m).

Donde, el área de transferencia de calor es la superficie lateral del cilindro y se puede expresar como sigue:

$$A = 2\pi rH$$

Donde el gradiente de temperatura se puede expresar en términos de las condiciones en la frontera exterior e interior del tanque reactor. Para esto, es importante considerar que la temperatura exterior corresponde a T_a y la T_w como temperatura del medio de cultivo:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_a - T_w}{\delta}$$

Donde se puede considerar que, para un análisis más completo, también podríamos tener en cuenta la convección y la radiación, pero en este modelo simplificado nos enfocamos en la conducción a través del cristal. En resumen, este modelo describe la transferencia de calor desde el medio exterior al biorreactor cilíndrico a través de la capa de cristal. La conductividad térmica del cristal y las diferencias de temperatura son factores clave en esta transferencia de calor. Esto contribuye de manera significativa a la reposición de energía al sistema mediante el calentamiento térmico del lazo de control térmico. En este sentido, si se realiza un cálculo aproximado para la estimación de pérdidas de calor, es necesario establecer condiciones teóricas de la temperatura. El laboratorio puede asumir una temperatura promedio anual de 25 °C, dado que se encuentra en un medio sombreado y con solo un ventanal, el tipo constructivo favorece un clima templado y seco. Para que un proceso de generación de biogás pueda

mantener la conversión metabólica, los microorganismos deben estar en un ambiente con una temperatura de entre 35 °C y 37 °C. Por tanto, retomando las características del reactor, según el proveedor, el material del reactor corresponde a un cristal de borosilicato, cuyas propiedades físicas y químicas se enuncian a continuación.

Tabla 1

Propiedades físicas del cristal de borosilicato

Propiedad	Valor
Densidad	2.23 g/cm ³
Coefficiente de expansión térmica	3.3 x 10 ⁻⁶ °C a 20 °C – 300 °C
Conductividad térmica	1.14 W/m°C a 20 °C
Temperatura máxima de operación	550 °C

Fuente: Elaboración propia.

Para mantener el inóculo dentro del cilindro a 35 °C, necesitamos saber cuánto calor se pierde a través de las paredes del cilindro. En primer lugar, calculamos el área de la superficie del cilindro que está en contacto con el inóculo, que sería el área de las paredes laterales. Luego, consideramos la diferencia de temperatura entre el agua a 35 °C y el ambiente exterior a 25 °C. La diferencia de temperatura es de 10 °C.

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_a - T_w}{\delta} = \frac{25^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}}{0.01\text{m}} = \frac{-10^\circ\text{C}}{0.01\text{m}} = -1000^\circ\text{C}/\text{m}$$

Por tanto, la transferencia de calor se reduce a:

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} = -kA \left(-1000^\circ \frac{\text{C}}{\text{m}} \right) = -1.14 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} * .1219\text{m}^2 * \left(-1000^\circ \frac{\text{C}}{\text{m}} \right)$$

Considerando que el calentamiento del inóculo de operación sea a 35 °C, el reactor deberá compensar una pérdida de calor en ese punto de al menos de 138.96 watts térmicos.

En el caso de los consumos eléctricos del sistema, esta operación está en función de la cantidad de tiempo y de tensión requerida para operar cada uno de los componentes relacionados en la tabla de componentes.

Para el caso de la capacidad energética contenida en el biogás producido, es importante enunciar que la concentración teórica para la digestión anaeróbica de un sustrato a base de glucosa ha sido documentada. La concentración máxima de biohidrógeno (% v/v) en el biogás aumentó cuando la temperatura se incrementó, siendo de 11,1; 22,2 y 25,6 para 20°C, 35 °C y 45 °C, respectivamente. Aunque la diferencia de composición para las condiciones de 35 °C y 45 °C no fue estadísticamente significativa (De & Exactas, 2017). Por tanto, una aproximación para el balance de energía, considerando todos los factores anteriores, se puede reducir a la siguiente expresión y tomando en cuenta la producción de biogás en las 21.5 horas de experimentación de la fermentación de la hemicelulosa de 6,009 NmL y el % v/v aproximado de 22,2. La cantidad de biohidrógeno corresponde a 1, 333 NmL de hidrógeno, lo que equivale a un aproximado de 12.9kJ de densidad energética del biohidrógeno producido:

Esto significa que, para este proceso, el sistema requiere energía para poder operar y mantener una producción estable de biogás, esto solo considera que la evaluación de kJ por gas producido corresponde al hidrógeno molecular. Es esperable que este valor aumente cuando se desarrollen más experimentos a fin de conocer la concentración de gases, como el metano.

CONCLUSIONES, REFLEXIONES Y PROSPECTIVA DEL TOMO II. CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE

Marco Antonio Berger García⁴⁶

Coincidimos en el abordaje conceptual del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el sentido de que dentro de la Agenda 2030, los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el medio ambiente y vistos como una aproximación del patrimonio natural, constituyen la base para que las otras dos esferas (económica y social) sean viables y tengan un propósito enmarcado en el propio espíritu de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como, por ejemplo, a través del principio de “no dejar a nadie atrás”.

Si bien no hay reglas definidas para la conjunción de los objetivos de desarrollo sostenible, nos parecen pertinentes propuestas como las del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente en el sentido de poner como base los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la biosfera como punto de partida para enfrentar tres grandes crisis que vivimos actualmente como humanidad en el marco de la Agenda 2030: La pérdida de capital natural (servicios ambientales, ecosistemas y biodiversidad); el cambio climático, entendido como el imperativo más importante de este siglo y la pobreza y la inequidad; una parte de la cual se deriva de la dotación, distribución y uso desigual de los propios recursos naturales. De acuerdo con esta perspectiva, la noción de ciudad o metrópoli asociada a dichas crisis o problemáticas complejas y simultáneas cobra vida a través del ODS 11, el cual se ubica en principio en la dimensión social, pero no muy lejos de la dimensión ambiental, la cual es la base para la sustentabilidad de las ciudades.

Lo más importante es cómo cada agencia o conjunto de actores internaliza y adapta los ODS 6,7, 12,13, 14 y 15 en su propio contexto de vulnerabilidad hídrica, transición energética, patrones de consumo, acción por el clima y degradación de sus ecosistemas terrestres y submarinos. Es por ello que, en espacios locales -municipales, intermunicipales y/o regionales- se deben confeccionar métricas alineadas a las problemáticas y por ende objetivos locales, especialmente si el contexto presenta problemáticas socioambientales complejas. Tal es el caso de Tlajomulco de Zúñiga,

⁴⁶ Doctor en Políticas Públicas y profesor investigador y jefe del Departamento de Sistemas, Datos y Sociedad del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6118-8698>. Correo electrónico: marco.berger@academicos.udg.mx

visto como territorio ilustrativo de las dinámicas y confluencias socioambientales y económico-ambientales de la segunda metrópoli más importante del país.

El presente tomo sobre el cuidado del medio ambiente nos ofrece un conjunto de vertientes de los objetivos de desarrollo sostenible insuficientemente exploradas para examinar la política ambiental a nivel local. Es así que las temáticas vinculadas directamente con el agua y saneamiento (ODS 6), energía asequible y no contaminante (ODS 7), Acción por el Clima (ODS 13) y protección de ecosistemas terrestres y marinos (ODS 14 y 15), adquieren una relevancia directa con respecto a sus propias metas e indicadores respectivos, pero también en función de la interseccionalidad que existe entre ellos. La interseccionalidad entre objetivos de desarrollo sostenible no es trivial ni emerge de manera “natural”. Al igual que en los métodos de investigación formales, es frecuente que la interseccionalidad entre los objetivos deba construirse identificando causas subyacentes y planteando hipótesis de trabajo por lo cual también existe cabida para la innovación a nivel metodológico.

Figura 1

ODS abordados en el Tomo II. Cuidado del medio ambiente



Fuente: Tomado del apartado El propósito general de la obra.

Es así que observamos a lo largo del presente tomo como es que el ODS 13 de acción por el clima se activa en un par de capítulos no en claves tradicionales de mitigación/adaptación y/o global/local, sino en perspectivas más interseccionales que tienen que ver con vulnerabilidad social ante inundaciones en contextos de cambio climático y el nuevo urbanismo climático a través de los instrumentos locales de acción por el

clima. Este tipo de análisis es pertinente, dado que se ataca así directamente desde el diagnóstico hacia las vertientes más relevantes de acción por el clima en el ámbito local en municipios como Tlajomulco de Zúñiga a partir del más reciente Informe del IPCC que invoca a la inclusión de la vulnerabilidad y justicia climática incorporando variables sociodemográficas y, por otro lado, el reciente reporte de vulnerabilidad climática en México publicado por el INECC en el cual Tlajomulco de Zúñiga se ubica ya entre el 5% de los municipios más vulnerables del País.

Desde la política de acción climática local, en el capítulo 3 se ponen de relieve dos conjuntos de instrumentos que deberían fungir como “gemelos” en términos de planeación y coordinación estratégica, pero que en la implementación suelen fragmentarse: El Plan de Acción Climática Metropolitana y el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial POET-Metro, en ambos casos con un componente relevante de participación ciudadano que debe ser continuamente vinculatorio para ofrecer cadenas de retroalimentación en los próximos años. Los instrumentos de política pública ambiental son fundamentales tanto en su propia lógica de construcción como también deben serlo en su lógica de transversalidad -señalada por Aguilar Villanueva en el prefacio general de la presente obra-, razón por la cual es justificable y recomendable poner en acción ejercicios paralelos de transversalidad en la gestión pública con sus respectivas intersecciones en términos de objetivos de desarrollo sostenible.

El ODS 14 tiene un sesgo natural hacia territorios ubicados en áreas con altos coeficientes de cobertura de bosques y selvas en aras de su protección y disminución de riesgo de deforestación y degradación. No es casualidad que en el presente siglo la mayoría de las estrategias de política pública a escala nacional e internacional se hayan focalizado en polígonos con alta densidad y riesgo forestal; entre dichas iniciativas destacan la reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+) o distintos esquemas de compensación y pago por servicios ambientales. En contraste, para espacios más urbanizados o en transición que presentan dinámicas complejas hacia el urbanismo o periurbanismo; con cambios significativos en términos de uso de suelo por dinámicas económicas emergentes y fragmentadas -como es el caso del área metropolitana de Guadalajara-, las métricas relacionadas con los servicios ecosistémicos son siempre un tópico retador desde el punto de vista metodológico⁴⁷. Tal es el caso que, a partir de la batería de 6 indicadores establecidos en el ODS 15, predominante vinculados a la estimación de superficies forestales, áreas naturales protegidas y nichos o lugares importantes para la biodiversidad *biodiversity hotspots*,

47 Una notable excepción en ese sentido es el índice de biodiversidad de las ciudades (o índice de biodiversidad de Singapur) el cual propone medir la biodiversidad de las ciudades en términos de biodiversidad nativa, servicios ecosistémicos y gobernanza de la biodiversidad. Parte de sus indicadores nos conduce inevitablemente al número y proporción de superficies arbóreas, áreas naturales protegidas o bosques urbanos y corredores biológicos.

lo cual si bien representa una base fundamental para diagnosticar el capital natural a nivel de ciudad, también requiere un proceso de *adaptación metodológica* que aspire a desarrollar métricas similares a las de un territorio menos urbanístico que dé cuenta de indicadores más manejables y realistas desde el punto de vista de contextos urbanísticos con altas tendencias hacia fenómenos como la fragmentación, segregación y policentricidad. Alejandro Pulgarín lleva a cabo una propuesta de adaptación de los indicadores del ODS 15 al contexto de espacios de ciudad compleja, con la dosis de realismo que ofrecen los datos y sistemas de información disponibles a nivel local. Este esfuerzo de innovación metodológica es muy apreciado y el objetivo intermedio es que se detone la discusión en torno a los indicadores de capital natural y biodiversidad en las ciudades, concretamente en los municipios conurbados del área metropolitana de Guadalajara y específicamente en los espacios de deliberación relacionados con la planeación del desarrollo en el ámbito municipal y estatal a realizarse en 2025⁴⁸.

Respecto al ODS 15, mucho se ha hablado en la literatura especializada en los últimos 20 años de los alcances y limitaciones de las áreas naturales protegidas como instrumentos de gestión ambiental. Una vertiente de la discusión al respecto sugiere cada vez con mayor fuerza aunque desde mi punto de vista aún sin el impacto debido, la incorporación de componentes de innovación desde los procesos de co-creación y diseño de instrumentos no tradicionales de áreas naturales protegidas u otras modalidades de conservación que implican procesos de gobernanza ambiental y territorial más profundos que doten de elementos múltiples de *abajo hacia arriba* e identifiquen y articulen lógicas y narrativas integradoras y sistémicas alrededor de los nuevos instrumentos de conservación⁴⁹. La propuesta de Gabriel Vázquez nos lleva a reactivar dos instrumentos complementarios a los tradicionales: El PACMubis y el corredor Ecológico *Tlaxomulli*. Ambos casos nos ofrecen un ejemplo de sinergia de instrumentos que van más allá de los tradicionales que deben desarrollarse por mandato normativo. Se trata de incrementar la ambición en términos de instrumentación en aras de aspirar a una mayor gobernanza ambiental local.

Dadas las características sociodemográficas y las confluencias socio territoriales de Tlajomulco de Zúñiga, son notables las aportaciones de los capítulos de este tomo, alrededor de los cuales se establece un planteamiento interseccional ya que, es desde la lógica del paisaje agroecológico donde se presentan los dilemas entre el desarrollo urbano y el mantenimiento del espacio agrícola tradicional, tanto como reivindicación

48 No entraremos en este momento al debate conceptual del capital natural, los servicios ecosistémicos y la sustentabilidad fuerte y débil. Mucho menos al de la valoración ambiental. Para ello véase: Constanza et al(2016). La valoración de los servicios ecosistémicos 20 años después.

49 Resaltamos su novedad al menos con respecto a su implementación como herramienta de política pública, aunque en la literatura y en diversos contextos puedan tener una existencia muy añeja.

de vocación histórica del municipio pero también como alerta de los límites de expansión urbana (sprawl) acelerada, los efectos de fragmentación territorial y los impactos ecológicos negativos que comprometen los servicios ecosistémicos locales, específicamente en la interfase del Cerro Viejo-Chupinaya Los Sabinos y la Laguna de Cajititlán. Dentro de esta problemática, surgen alternativas como el ecoturismo con perspectiva basada en bioculturalidad con elementos de pensamiento basado en diseño e innovación comunitaria desde la política ambiental local.

También resulta inminente la replicabilidad y escalabilidad de la adaptación basada en ecosistemas como la estrategia de captación de lluvia Keyline para encarar de manera efectiva la problemática de adaptación ante el cambio climático. Este tipo de adaptación basada en ecosistemas que intersecciona el ODS 6 con el ODS 13 van más allá del diseño e implementación de ecotecnias basadas en tecnología, pues requieren de la construcción de una gobernanza territorial local y de la articulación de procesos de co-creación y liderazgos locales. Las escalas locales no terminan, sino que comienzan en el municipio: las aldeas, barrios, ejidos y campus universitarios representan un gran laboratorio para medidas de adaptación basada en ecosistemas. Tlajomulco de Zúñiga cuenta con aproximadamente 30 ejidos, algunos de ellos ubicados en las zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas que ofrecen condiciones para replicar medidas de adaptación basadas en ecosistemas. Simultáneamente, dichos espacios territoriales -tanto ejidales como privados y de propiedad comunal-, los cuales representan la mitad del territorio con fuerte vocación de historia agrícola, también representan oportunidades para la mitigación del cambio climático a través de esquemas que aborden la gestión integral de residuos agrícolas como la viabilidad en la producción de biogás que presentan Barrera *et al.* Ya que hablamos del ODS 13, debemos hablar de mitigación ante el cambio climático.

En realidad, dados los inventarios de calidad del aire y de GyCEI de Tlajomulco, las mayores fuentes de emisiones provienen del transporte, al ser una jurisdicción con una de las mayores tasas de traslado laboral intra e interurbano tanto por congestión como por distancia, además de ser un eslabón importante del corredor económico hacia el Pacífico vía macrolibramiento y la conexión con el Centro Logístico del vecino municipio de Acatlán de Juárez (véase Tomo I de la presente obra) y el corredor comercial hacia el puerto de Manzanillo. No obstante, esta compleja problemática de movilidad, no existen aproximaciones robustas a la huella de carbono a nivel local, o actualizaciones al inventario de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) recientes. Por ello resulta de gran valía la aproximación de medición de la huella de carbono basada en la automovilidad propuesta en el capítulo de Jiménez Sánchez del presente tomo con la información secundaria disponible. Dado el perfil y

tendencias económicas y demográficas del sur de la metrópoli, es necesario actualizar los inventarios de GyCEI a nivel local, combinados con información más precisa de fuentes fijas y móviles que inciden en la calidad del aire y la salud pública de la población y que no únicamente se encuentran asociadas al transporte, como son las ladrilleras y las quemas agrícolas.

Mención especial merece la laguna de Cajititlán, el regulador de servicios ecosistémicos más importante del Sur del AMG, junto con el Cerro Viejo y el Bosque La Primavera. A lo largo de los años, la calidad del agua de la laguna de Cajititlán se ha degradado por diversas causas, algunas de ellas emparejadas al crecimiento poblacional, cambios de uso de suelo, descargas de aguas residuales y crecimiento de la vivienda. Alrededor de la Laguna de Cajititlán persisten una serie de problemas socio ambientales que amenazan su entorno natural y la preservación del paisaje, la seguridad alimentaria y el patrimonio cultural de sus poblaciones aledañas: San Lucas y San Juan Evangelista, Cuezcomatitlán, y San Miguel Cuyutlan. Su escala, localización e importancia ecosistémica regional requieren de una estrategia de gestión integral del agua que vaya más allá del ámbito municipal y del tratamiento de descargas -condición necesaria pero insuficiente- para la gestión integral del agua. La intervención de incluir los nexos causales agua-alimentos-salud; las soluciones basadas en la naturaleza en el contexto de cambio climático; el rescate de las narrativas locales de las comunidades originarias en su relación histórica con la laguna, la transversalidad de las acciones que vaya más allá de la multisectorialidad, el establecimiento de las condiciones de co-creación que motiven la participación multiactoral con valores e intereses en conflicto ante un problema complejo y retorcido (wicked problem) y, sobre todo, utilizar el marco de referencia recientemente propuesto para su adopción a nivel internacional por Rockström & Mazzucato que consiste en la valuación del ciclo hidrológico como un bien común local y regional.⁵⁰

50 Comisión Global sobre la Economía del Agua (2024). La Economía del Agua: Valorar el Ciclo Hidrológico como un Bien Común Global

CONCLUSIONES, REFLEXIONES Y PROSPECTIVA DE LA OBRA

Marco Antonio Berger García⁵¹

Iván Alejandro Salas Durazo⁵²

A lo largo de los 10 años de la implementación de la Agenda 2030, el sector público en México y América Latina, en su rol de facilitador de la Agenda 2030, ha articulado los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en sus propios instrumentos de planeación y política pública. Esta articulación se ha dado principalmente a escala nacional a través de leyes, estrategias y reportes de avances a nivel macro. A nivel subnacional y a escala regional, la incorporación de los ODS es menos clara y los esfuerzos para sistematizar iniciativas locales para la aceleración de la Agenda 2030 son escasos por múltiples razones. Una dificultad metodológica subyace en la noción misma de “región” como unidad de análisis definicional, lo cual es un reto permanente en la discusión académica sobre la articulación de iniciativas globales como la Agenda 2030 al contexto local como señala Graizbord en el prefacio del Tomo II de esta obra. Por ejemplo, la interpretación local del ODS 11. *Ciudades y comunidades sostenibles* puede ser multifacética aún en contextos institucionales homogéneos dados los alcances y capacidades para abarcar problemáticas que, por definición, son transterritoriales. Lo anterior, no resta a la intención de gobiernos subnacionales de incorporar -al menos enunciativamente- a los ODS como parte de los diagnósticos y alineaciones con las políticas supranacionales en sus planes de desarrollo.

Adicionalmente, existe el reto empírico-metodológico permanente para llegar a sistemas de monitoreo y evaluación locales, los cuales deben de ir acompañados, desde el diseño, bajo una lógica denominada como de umbral o nivel III (Tier III) dentro de la propia Agenda 2030⁵³. También es cierto que la existencia de plataformas y bases de datos a escalas más amplias (estatal y nacional) pueden conducir a los actores gubernamentales locales a nivel municipal o metropolitano a reportar datos e indica-

51 Doctor en Políticas Públicas y profesor investigador y jefe del Departamento de Sistemas, Datos y Sociedad del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6118-8698>. Correo electrónico: marco.berger@academicos.udg.mx

52 Doctor en Ciencias Económico - Administrativas y profesor del Departamento de Políticas Públicas del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0188-7462>. Correo electrónico: ivan.salas@academicos.udg.mx

53 El Tier III de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se refiere a aquellos indicadores que no se acoplan de manera directa o completa con la estandarización de 169 Metas y 231 indicadores de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, debido a que son basados en el contexto y que no requieren reportarse a los organismos de seguimiento y evaluación nacionales que llevan a cabo la agregación de datos.

dores estandarizados hacia estructuras centralizadas que inhiben la creatividad en la construcción de análisis y métricas basados en el contexto. En ese sentido, el esfuerzo metodológico de varios de los autores de esta obra es significativo en la construcción de indicadores, índices de referencia y métricas alineadas de los ODS desde la escala municipal, a pesar de que las fuentes de información y bases de datos en ocasiones no ofrecen de manera directa esa escala para su tratamiento metodológico. Lo anterior, implica el diseño de métricas compuestas que den cuenta de fenómenos y problemas públicos complejos tales como “trabajo decente”, “educación de calidad”, “eficiencia energética”, “resiliencia climática”, “participación plena y efectiva de las mujeres”, entre otros. De otra manera, en ausencia de estas propuestas alternativas sobre lo local, seguirá perpetrándose la aproximación indirecta y estandarizada o *mainstream* como una regularidad o como la “única vía”.

A nivel metodológico y de líneas de acción con frecuencia se encuentra a nivel de análisis el problema de fragmentación en bases de datos para nutrir los 17 objetivos de desarrollo sostenible a nivel de metas e indicadores. También encontramos el problema de bajos niveles de transversalidad y redes de retroalimentación inconexas entre academia, sector privado, sociedad civil y gobiernos. En México, por ejemplo, se han institucionalizado los Órganos de Seguimiento a la Implementación (OSI) a nivel de gobierno estatal en el marco del cumplimiento de la Agenda 2030. Dichos órganos tienen la encomienda de establecer un sistema de monitoreo y evaluación que provea de datos e información de fuentes institucionales estatales que abonen al cumplimiento de los 231 indicadores de la Agenda 2030.

A nivel municipal o metropolitano, la situación resulta más compleja y son escasos los organismos institucionalizados formales que den seguimiento y monitoreo, pero que además propongan variantes y alineación entre las escalas de gobierno multinivel para la consecución de los objetivos. Algunos de los problemas socioambientales más agudos de Tlajomulco y el sur del AMG no encuentran una correspondencia directa y explícita en términos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel de las metas e indicadores generales. Por tanto, como ya se anticipaba desde los inicios de la Agenda 2030, alrededor de una tercera parte de las metas e indicadores de los ODS debe tratarse desde el diseño en la interfase local-regional, pues su lógica parte del contexto local y no necesariamente coinciden con las métricas estandarizadas a escalas más amplias.

Con relación a lo anterior, se identificó como un área de oportunidad la generación de información homologada que posibilite su análisis a diferentes escalas, desde el nivel micro -como puede ser una escuela, hospital o empresa- hasta el nivel macro que

refiere, para este propósito, al nivel nacional; adicionalmente esta información debería contar con elementos para su georeferenciación con el propósito de complementar el entendimiento de los fenómenos desde una perspectiva espacial. De esta manera se romperían dos barreras que derivadas de la presente obra se identificaron en cuanto la valoración del grado de apropiación y desempeño de cada objetivo: (1) a nivel estructural, se presentan contribuciones agregadas a cada ODS en la que resulta muy complejo estimar las contribuciones de cada agente en lo individual, quedando la incertidumbre sobre cuáles actores son centrales y complementarios en la atención de los problemas públicos detrás de los ODS. Esto no sólo refiere al sector gubernamental, sino también como se mencionó con anterioridad a la academia, sector privado y sociedad civil, y; (2) a nivel micro, la falta de líneas base y metas alineadas a sus capacidades institucionales trae como consecuencia la tentación de la adecuación de las métricas *ad hoc* para mostrar avances sin que ello refleje su pertinencia y contribución a la atención de las temáticas de los ODS.

Este desfase implica un reto para los gobiernos locales: La incorporación a nivel de sus instrumentos de política pública nuevos indicadores alternativos y complementarios basados en objetivos estratégicos en consonancia o alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Es decir, utilizar los objetivos de desarrollo sostenible como instrumentos para acompañar mejor la política ambiental local de acuerdo con sus propias problemáticas que idealmente se integre en los procesos de gestión, política y presupuestación públicas para una buena implementación y ulterior evaluación de acuerdo con el ciclo de políticas públicas. Si entendemos mejor las raíces y nexos causales de los problemas públicos y de gobernanza que aquejan a complejos entramados metropolitanos como el de Tlajomulco de Zúñiga en el contexto de la segunda metrópoli del País y además hacemos uso de las ideas, conceptos y marcos de referencia que se presentan en este volumen, se estará en mejor posición de implementar las herramientas que ofrecen los ODS para una mejor ciudad.

Los *hábitos decisionales* de la administración pública tienen la posibilidad de modificarse a partir de los hallazgos de investigación obtenidos en los cuatro volúmenes de la presente obra a partir de los cuatro atributos que señala Aguilar Villanueva en el prólogo general de esta obra sobre el cambio conceptual que representa la adecuada implementación de la Agenda 2030 en comparación con la agenda tradicional de gobernanza del desarrollo humano y social que le precedió en tiempo, pero aún puede predominar. Nos referimos entonces a la multidimensionalidad, multicausalidad, interdependencia y transterritorialidad para la definición de los problemas sociales abordados y enmarcados en los ODS. A nivel de la investigación aplicada reflejada en la presente obra, cada autor llevó a cabo un esfuerzo metodológico para encontrar

las intersecciones del problema público abordado y sus respectivos objetivos de desarrollo sostenible involucrados. Ello implicó no únicamente el cotejo general a nivel de objetivo, sino un análisis más fino a nivel de metas e indicadores que condujo al tratamiento combinado de información para la construcción de nuevas métricas locales alineadas con los ODS y a partir de la realidad limitada de datos disponibles.

La aportación de la obra para la denominada *gobernanza del desarrollo sostenible de la Agenda* que consiste en *enfoque integrador que cuestiona y supera la fragmentación* particularista, radica en una propuesta en alcanzar el enfoque holístico a partir de literaturas y metodologías compatibles con la multidimensionalidad. Destacan entre ellas: modelos de inferencia difusa, econométricos, espaciales, basados en agentes (ABM), estadísticos inferenciales, así como análisis de prospectiva y de costo - beneficio y construcción de índices. Complementa la diversidad de herramientas analíticas perspectivas cualitativas entre las que se destacan: análisis cualitativo comparado, estudios de caso, análisis de clústeres, de políticas y programas públicos, de grupos poblacionales y normativos. En todos los casos, los ODS resultaron centrales en la argumentación, ya sea a través de sus supuestos, metas, conceptos y/o métricas.

Como resultado de lo anterior, la presente obra muestra un ejemplo de complementariedad entre áreas del conocimiento a diferentes niveles: teórico, metodológico, instrumental y argumentativo. Esto hace evidente que la intersectorialidad de los ODS también puede ser abordada de la investigación, como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Relación de los ODS abordados en la obra



Fuente: Tomado del apartado El propósito general de la obra.

De manera concatenada, el conocimiento generado a lo largo de los cuatro tomos puede visualizarse en tres grandes escalas para el análisis. El nivel micro, que refiere a cada capítulo que a través de los conceptos, teorías y aproximaciones metodológicas elegidas por las personas autoras en las que se abordan ODS y proporcionan elementos que abonan al entendimiento de una temática, que en muchos casos no refieren a un único ODS sino a la interconexión directa entre algunos objetivos, haciendo válida la apreciación de que los problemas públicos lejos de ser unidimensionales se caracterizan por sus intrincadas relaciones y efectos con otros fenómenos.

Como un nivel intermedio, fue la decisión de agrupar las temáticas en los cuatro tomos de la obra: sistemas económicos y productivos, cuidado del medio ambiente, aspectos sociales y de gobierno y gobernanza de la ciudad. Esta escala posibilita argumentar sobre las sinergias, contradicciones, barreras y áreas de oportunidad entre problemáticas más amplias. Cabe señalar que cada tomo lejos de constreñirse a sus propios temas, la agrupación sirvió para tener una perspectiva de referencia, pero en todos los casos abordando transversalmente a los aspectos abordados en los otros tomos. Este nivel meso, proporciona información útil para el entendimiento de las relaciones economía-medioambiente-sociedad-gobierno-ciudad, las cuales son complejas y no pueden ser entendidas de manera individual sino como un engranaje articulado e interdependiente.

El último nivel, lo representa la obra en su conjunto como un ejercicio integrativo de los ODS en un territorio, por ello recibió el nombre de “Objetivos de Desarrollo Sostenible: Experiencias desde lo local. Tlajomulco en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara”. El propósito de esto consistió en ir más allá del abordaje individual y desarticulado de temas de interés, sino que buscó establecer un ejemplo de éxito de la colaboración multidisciplinaria para la generación de conocimiento sobre una región. Esto trajo consigo diferentes posibilidades para aprovechar los resultados aquí presentados: (1) el desarrollo de investigación articulada con alto potencial para la creación de grupos de trabajo que trasciendan a esta obra; (2) el desarrollo de conocimiento útil para que los tomadores de decisiones incorporen con mayor énfasis en su planeación y operación a los ODS como una ruta consistente para identificación y atención de problemas públicos; (3) la concentración de resultados que para aspectos didácticos podrá servir al estudiantado de educación superior -pregrado y posgrado- para el análisis a través de un abordaje multidimensional y problematizador de territorios; (4) hacia aquellas personas interesadas en informarse sobre los ODS, con énfasis a las dos preguntas orientadoras que se plantean en el apartado “El propósito general de la obra”: en qué elementos, planes, inversiones y/o acciones se traducen los planteamientos generales provenientes de los ODS en el municipio de Tlajomulco

de Zúñiga en el marco de la dinámica del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)?, y ¿cómo contribuyen los elementos, planes, inversiones y/o acciones identificadas al cumplimiento de los ODS considerando su alcance y restricciones?

Finalmente, esta obra aspira a ser una referencia sobre la pertinencia del trabajo multidisciplinario, ya que los alcances obtenidos van más allá de una única línea de investigación, ya que abren la posibilidad de nuevas investigaciones que por su riqueza y posibilidades resultaría ocioso tratar de condensar. Asimismo, identificamos como un acierto haber establecido un territorio con las características del municipio de Tlajomulco de Zúñiga como objeto de estudio dada la presencia simultánea de diferentes problemáticas, pero a su vez de áreas de oportunidad.

LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA RED UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Ricardo Villanueva Lomelí⁵⁴

Martha Alejandra Gutiérrez Gómez⁵⁵

Dentro del contexto de educación superior en América Latina, el modelo de Red Universitaria de la Universidad de Guadalajara ofrece un “abanico institucional” diverso compuesto por 20 campus universitarios que ofrecen un alto potencial de diseño, implementación y replicabilidad de los objetivos de desarrollo sostenible en cada campus. Si bien la Red Universitaria promueve la totalidad de los ODS a través de la transversalidad de sus instrumentos de planeación universitaria, concretamente el Plan de Desarrollo Institucional, resulta interesante visualizar en perspectiva a cada Centro Universitario como una confluencia socio territorial donde cobra vida un ODS líder. Las razones pueden ser geográficas, de vocacionamiento histórico, perfiles y trayectorias académicas, influencias epistémicas, internacionalización y construcción de alianzas estratégicas. Cada campus es un espacio para un conjunto de objetivos de desarrollo sostenible específicos que de manera simultánea conforman un abanico de objetivos de desarrollo sostenible se concatenan entre sí, tal como se ilustra en el caso del AMG y Tlajomulco a lo largo de la obra. Dado el modelo regional, disciplinar y multitemático de la Red Universidad de Guadalajara, es posible visualizar a cada centro universitario como un espacio de interacción con prevalencia de ciertos objetivos de desarrollo sostenible predominantes en función de su vocacionamiento, su geografía y la cultura local donde confluye.

Los objetivos de desarrollo Sostenible 1 y 2, fin de la pobreza y hambre cero, son de naturaleza transversal a todos los centros universitarios y tienen cabida en la propia misión universitaria a través de múltiples estrategias institucionales integrales como las brigadas universitarias. Las micro regiones con mayores niveles de marginación y pobreza del estado se ubican en la zona norte del estado, cuyo espacio de educación superior más cercano es el Centro Universitario del Norte en Colotlán. El tema de seguridad alimentaria asociado al ODS 2 Hambre Cero repercute tanto en los contextos locales como en las dinámicas a mayor escala (regional, nacional e internacional) asociada a los mercados nacionales e internacionales. A lo largo de una de las cuencas lecheras, avícolas y porcícolas más importantes del país, se ubican el Centro Universitario de los Altos y el Centro Universitario de Lagos

54 Subsecretario de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública.

55 Secretaria Técnica de la Rectoría General de la Universidad de Guadalajara.

(CuLagos), espacios por excelencia donde se catalizan las acciones sustantivas para la investigación, desarrollo y acción en temas de producción, distribución y seguridad alimentaria, asociado a problemáticas complejas como el cambio climático y One Health (salud animal, ambiental y humana).

El objetivo de desarrollo sostenible 3 Salud y Bienestar tiene su epicentro en el Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS) y los Hospitales Civiles de Guadalajara y Tonalá. De manera complementaria y orgánica, los programas de pregrado y posgrado han crecido a nivel Red Universitaria, donde actualmente se cuenta, por ejemplo, con 6 centros universitarios que ofertan la licenciatura en medicina, ofreciendo espacios para los futuros médicos en las diversas regiones del estado. Mención especial merece el contexto de la pandemia de la COVID 19 y las subsecuentes dinámicas epidemiológicas y de salud pública, donde la Red Universitaria ha jugado un papel preponderante en la atención de uno de los retos globales más importantes del Siglo XXI. A propósito de retos globales del Siglo XXI, un ejemplo de acción sustantiva que abona de manera directa y a gran escala al ODS 4, Educación de Calidad, es justamente la unidad de aprendizaje denominada Problemas Globales del Siglo XXI y diseñada por nuestro sistema de campus virtuales denominado UdG Plus. Si se trata del Objetivo de Desarrollo Sostenible 5 Igualdad de Género, la Universidad de Guadalajara ha construido una política institucional transversal robusta a lo largo de toda la Red Universitaria y el Sistema de Educación Media Superior (SEMS) a través de la Unidad para la Igualdad. Los estudios de género permean a lo largo de múltiples programas a lo largo de toda la Red Universitaria, por ejemplo, el Centro de Estudios de Género del CUCSH y la Cátedra UNESCO de Género.

En Jalisco, las problemáticas asociadas al ODS 6 son tan complejas y diversas como lo son los cuerpos de agua adyacentes a diversos centros universitarios. Por ejemplo, si hablamos del Área Metropolitana de Guadalajara, confluyamos en la cuenca de El Ahogado y el Río Santiago, uno de los ríos más contaminados del País alrededor del cual diversos centros universitarios llevan a cabo múltiples intervenciones de investigación para enfrentar un problema complejo a través de diversos abordajes disciplinarios. La Laguna de Cajititlán, como proveedor significativo de servicios ecosistémicos para toda el Área Metropolitana de Guadalajara es intervenida a través de proyectos de calidad del agua, conservación y propuestas de paisaje biocultural y seguridad alimentaria. El proyecto de la Laguna de Zapotlán en el Centro Universitario del Sur también es un ejemplo de vinculación y acompañamiento en el manejo sustentable del agua a nivel regional

Por su parte, el Lago de Chapala es objeto de estudio desde diversas áreas del conocimiento tanto por ser el cuerpo de agua más grande de México como por las complejas interrelaciones de los ecosistemas a su alrededor como su conexión con el Río Santiago y los servicios ecosistémicos de sierras aledañas como la de Chupinaya-Los Sabinos. Esta misión es liderada por laboratorios y académicos del Centro Universitario de la Ciénega (CUCIÉNEGA) y, más recientemente y a futuro por el Centro Universitario de Chapala, en coordinación con cuerpos académicos de toda la Red Universitaria y a nivel nacional e internacional con otras redes de investigación enfocadas en calidad del agua, limnología, turismo sustentable e hidrología, entre otras.

El ODS 7 Energía Asequible cobra vida en todos los campus universitarios, así como en los planteles del Sistema de Educación Media Superior (SEMS) a través del Programa Universitario de Transición Energética. A nivel disciplinar, el Centro Universitario de Tonalá cuenta con la licenciatura en energías renovables y el posgrado en Agua y Energía, además de contar con el huerto solar pionero y de mayor escala en la Red Universitario.

Los ODS 8 y 9 Trabajo Decente e Innovación, Infraestructura y Emprendimiento van más allá de los enfoques tradicionales de producción, distribución y retribución salarial que dominaron en la configuración de las economías del Siglo XX. El cambio tecnológico que se desprende de la Ciencia, la Tecnología, las Ingenierías y las Matemáticas y, más recientemente, las Artes (STEMA) es el motor de la innovación en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial al que aluden los ODS 8 y 9. En la Red Universitaria, el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) representa esa transición a lo largo de sus programas, iniciativas y vinculaciones con el sector empresarial. Complementariamente, los trabajos del futuro asociados a cuestiones como la inteligencia artificial, la ciberseguridad, son desarrollados en el Centro Universitario de Guadalajara (CuGuadalajara); mientras que el modelo dual inspirado en la tradición de educación superior alemana se implementa y adapta ya gracias a la sinergia del Centro Universitario de Tlajomulco con la Red de Universidades de Educación Superior Dual (DHILA) y el Consejo de Cámaras Industriales de Jalisco.

Los ecosistemas de innovación son los propulsores del ODS 9 donde el conocimiento científico y tecnológico se conjuga con el espacio y el vocacionamiento económico de las ciudades. En ese sentido, los programas de pregrado y posgrado del Centro Universitario de los Lagos (CULagos), especialmente los relativos a Ciencia y Tecnología, cumplen cabalmente con las metas del ODS 9 con alta influencia en uno de los corredores de desarrollo económico más importantes que vinculan a la cuenca de los Altos de Jalisco con El Bajío. El Emprendimiento -con sus distintas vertientes-

también es una estrategia transversal que se ejerce cotidianamente en el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) y que se desprende a lo largo de toda la Red Universitaria a través de la Red de Centros de Innovación con al menos un espacio para tal encomienda a nivel campus.

El ODS 10 asociado a la Desigualdad es uno de los ejes troncales que se maneja desde el Centro Universitario del Norte. A nivel rural, destaca el enclave del CuNorte no únicamente por su ubicación geográfica, sino por sus políticas afirmativas de educación superior con programas adaptados para el uso de la lengua wirárika y la adopción del paisaje biocultural. Las métricas de desigualdad tradicionales utilizadas en las ciencias sociales tales como los índices de Gini, las Curvas de Lorenz e índices Palma se reflejan en el entorno urbano, periurbano y rural en el territorio de Jalisco con presencia de Centros Universitarios. Alrededor de este ODS destacan nuestros tres centros multitemáticos urbanos y periurbanos: CuTlaquepaque, Cutonalá y Cutlajomulco, ubicados en convergencias altas de desigualdad y vulnerabilidad socioambiental donde los jóvenes buscan cerrar las brechas de desigualdades través de la educación para romper el círculo vicioso de la pobreza intergeneracional.

Es en esos mismos contextos periurbanos y en esos mismos centros universitarios multitemáticos, es donde mayor fuerza cobra el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 cuyo objetivo es lograr que las ciudades y los asentamientos humanos formales e informales sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. A nivel Red, la Universidad de Guadalajara es sede anualmente de la Cumbre Internacional del Hábitat en América Latina CIHLAC, un espacio de diálogo hemisférico para la co-creación donde participan hacedores de política pública, académicos, alcaldes y emprendedores de política urbana sostenible que buscan soluciones ante los complejos retos que presentan las aldeas urbanas en América latina en línea con la Nueva Agenda Urbana y más allá. Los estudios de ciencias de la ciudad y del hábitat son coordinados bajo el liderazgo disciplinar del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD).

El imperativo de la producción y consumo responsable al que apela el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12, nos obliga a una permanente reflexión como universitarios con respecto a la internalización justa del valor de los servicios ecosistémicos por parte de la economía y el mercado. También nos invita a pasar de la reflexión a la acción y es así que en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) y en el Centro Universitario de los Altos (CuAltos) trabajan en sistemas de producción agropecuarios sostenibles que incorporen el ciclo de vida y la huella de carbono de los productos y minimicen el desperdicio de alimentos a la largo de la

cadena de valor. El paradigma de la economía circular también resulta imperativo y se desarrolla y anida cada vez más en los programas de pregrado y posgrado del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas así como los programas de negocios sustentables y energías renovables del naciente Centro Universitario de Chapala (CuChapala).

El ODS 13 de (Acción por el Clima) pasa por medidas de mitigación ambiciosas en los campus universitarios en materia de eficiencia energética, uso de energías renovables y electromovilidad impulsadas en todos los campus y planteles de la Universidad de Guadalajara, comenzando por la Plaza de París en CuTonalá en memoria del Acuerdo de París por el Cambio Climático de 2015. Pero también pasa por medidas de adaptación basada en ecosistemas y comunidades y en la interseccionalidad entre la vulnerabilidad hídrica y la crisis climática actual. Por ejemplo, desde el Centro Universitario de la Costa se cuenta con programas de posgrado en Ciudad, Cambio Climático y Resiliencia, mientras que en CuTlajomulco se anida el Museo de Ciencias Ambientales que tiene por misión concientizar para la acción climática en la ciudadanía. Adicionalmente, las nuevas edificaciones y construcciones en la Red Universitaria obedecen ya a criterios bioclimáticos alineados a parámetros de adaptación, vulnerabilidad y resiliencia ante el cambio climático.

El ODS 14 representa se alinea con la preservación de ecosistemas terrestres que a lo largo de la historia ha tenido la Universidad de Guadalajara a través de proyectos de conservación de ecosistemas. Destacan los proyectos comunitarios en la Reserva de la Biósfera de Manantlán a cargo del Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR), las áreas de conservación de la montaña de Puerto Vallarta y el Estero del Salado a cargo del Centro Universitario de la Costa y las prácticas sustentables asociadas con el Paisaje Agavero, la Sierra de Ameca y el proyecto de Guachimontones y la Región Sierra Occidental en el Centro Universitario de los Valles.

La protección de los ecosistemas marinos del Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 es absolutamente imperativa a lo largo de los cientos de kilómetros de la Costa Alegre de Jalisco a través de múltiples proyectos de monitoreo, conservación, adaptación y resiliencia de múltiples especies y ecosistemas como la tortuga marina y los arrecifes de coral a lo largo de extensos municipios costeros como La Huerta, Tomatlán, Cabo Corrientes, Cihuatlán y Puerto Vallarta, donde el CuCsur, el CuCosta representan los dos enclaves que, en conjunto con las Preparatorias del Sistema de Educación Media Superior y las sedes CuCsur- Melaque y CuCosta-Tomatlán contribuyen a salvaguardar nuestros ecosistemas marinos de la mano de la construcción de alianzas con las Juntas Intermunicipales del Medio Ambiente, la Universidad Nacional Autónoma de

México en la estación biológica de Chamela en la Reserva de la Biósfera Chame-la- Cuixmala y la estación Científica de Chamela del Centro universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA).

Poco se puede lograr en términos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en ausencia de instituciones sólidas, tal como lo pregonan el ODS 16. Los temas de transparencia, rendición de cuentas y combate a la corrupción, entre otros, se articulan bajo enfoques de derechos humanos para significar una esperanza ante la desigualdad y la exclusión a nivel global. En espacios como el Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH), el Centro Universitario de Tonalá y el Centro Universitario del Sur (CUSur); se tiene liderazgo en estos temas a través de redes de colaboración nacionales e internacionales en la materia.

Finalmente, el ODS 17 Alianzas para alcanzar los objetivos representa la colaboración institucional en múltiples escalas: A nivel macro con consensos y marcos de referencia y colaboración nacional como la Declaración de Guadalajara por el Medio Ambiente firmada por las Instituciones de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior y por CUPIA. A nivel intermedio, las sociedades y redes que nuestros investigadores construyen desde lo local y que permean escalas regionales y globales. Finalmente, a nivel micro, las alianzas y acuerdos -formales e informales- que se construyen cotidianamente con múltiples actores dentro y fuera del mundo académico para alcanzar los objetivos universitarios a nivel de gestión, investigación y vinculación a través de cuerpos académicos, institutos, academias, departamentos y divisiones.

SOBRE LOS AUTORES

Abril Adriana Angulo Sherman

Cuenta con un doctorado en Ciencias en Ingeniería y Física Biomédicas por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN - Unidad Monterrey y es licenciada en Física por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es docente asociado C en el Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. Sus principales líneas de investigación son relativas a la ciencia del agua.

Correo electrónico: abril.angulo@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9529-9882>

Daniel Isaac Jiménez Sánchez

Cuenta con un doctorado en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad por la Universidad de Guadalajara y es ingeniero en Energía por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. Sus principales líneas de investigación son relativas a temas de movilidad urbana, desarrollo urbano sustentable y metabolismo urbano.

Correo electrónico: daniel.jimenez2924@alumnos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7651-4312>

Freddy Villota González

Cuenta con un doctorado en Agua y Energía por la Universidad de Guadalajara y es licenciado en Ingeniería Agroforestal por la Universidad Tecnológica del Chocó, Colombia. Actualmente es trabajador independiente. Sus principales líneas de investigación son relativas a la teledetección e inteligencia artificial para el manejo de recursos naturales.

Correo electrónico: freddyvillota@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-6623>

Gabriel Vázquez Sánchez

Cuenta con una maestría en Gestión Integrada de Cuencas por la Universidad Autónoma de Querétaro y es licenciado en Relaciones Internacionales por Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es director general del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera, responsable de la conservación de los ecosistemas y biodiversidad del Área de Protección de Flora y Fauna y Reserva de la Biósfera La Primavera. Sus principales líneas de investigación son relativas a la conservación de ecosistemas y la gestión integrada de cuencas. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido como director del OPD Bosque La Primavera como

responsable de las políticas públicas para el manejo, restauración y protección de los ecosistemas de bosques templados del bosque La Primavera, cuyas directrices institucionales están asociadas a los ODS desde la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Asimismo, es miembro de la Red Iberoamericana MaB UNESCO, participando en representación de la Reserva de la Biosfera Bosque La Primavera en las iniciativas colectivas de las Reservas de los países hispanoparlantes, para difundir los valores de la membresía MaB UNESCO. También es miembro de la Comisión Mundial de Áreas Naturales Protegidas (ANP), desde donde se promueven acciones a favor de la conservación y protección de las ANP.

Correo electrónico: gabriel.vazquez@jalisco.gob.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2433-8191>

Guillermo Issac González Rodríguez

Cuenta con un doctorado en Gestión de la Educación Superior por Universidad de Guadalajara y es licenciado en Turismo por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor investigador asociado A en el Instituto Tecnológico de Jalisco. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Candidato. Sus principales líneas de investigación son relativas al cambio institucional y el desarrollo local. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en la colaboración con distintas organizaciones, grupos de investigación y trabajos colectivos con referencia al tema.

Correo electrónico: ikian.isaac07@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4584-1773>

Hasbleidy Palacios Hinestroza

Cuenta con un doctorado en Agua y Energía por la Universidad de Guadalajara y es ingeniera agroforestal por la Universidad Tecnológica del Chocó, Colombia. Actualmente es profesora investigadora asociada A. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Candidata. Sus principales líneas de investigación son relativas a las ciencias del agua y la energía. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en el proyecto COECYTJAL para atender problemas estatales en Jalisco- Bioenergía ODS 7.

Correo electrónico: hasbleidy.palacios@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0604-3357>

Iván Alejandro Salas Durazo

Cuenta con un doctorado en Ciencias Económico-Administrativas por la Universidad de Guadalajara y es licenciado en Ingeniería Industrial en Instrumentación y Control de Procesos por el Centro de Enseñanza Técnica Industrial. Actualmente es profesor e investigador de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 2. Sus principales líneas de investigación son relativas a las trayectorias laborales y la educación superior.

Correo electrónico: ivan.salas@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0188-7462>

Jesús Barrera Rojas

Cuenta con un doctorado en Ciencias con la especialidad en Bioquímica por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN y es ingeniero ambiental por el Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Actualmente es profesor investigador asociado A. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 1. Sus principales líneas de investigación son relativas a la fotosíntesis en cianobacterias. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en la gestión de los recursos hídricos del Centro Universitario de Tonalá en la planta de tratamiento de agua, el sistema de captación de agua de lluvia y la ósmosis inversa.

Correo electrónico: jesus.barrera@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5244-9879>

Joel Kelly Gurubel Tun

Cuenta con un doctorado en Ciencias por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN y es ingeniero químico por el Instituto Tecnológico de Mérida. Actualmente es profesor investigador en el Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 1. Sus principales líneas de investigación son relativas a la optimización y control de sistemas dinámicos.

Correo electrónico: gurubel02@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-9018>

John Alejandro Pulgarín Franco

Cuenta con un doctorado en Políticas Públicas y Desarrollo por la Universidad de Guadalajara y es licenciado en Administración Pública por la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP). Actualmente labora prestando servicios profesionales en la Secretaría Ejecutiva del Sistema Estatal Anticorrupción de Jalisco. Sus principales líneas de investigación son relativas al gobierno y las políticas públicas subnacionales.

Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en la participación de producción académica relacionada con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

Correo electrónico: alejopf92@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0504-2301>

José Alberto González Ochoa

Cuenta con una licenciatura en Gestión y Economía Ambiental por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es becario del programa PROSNII en el Departamento de Economía de la Universidad de Guadalajara. Sus principales líneas de investigación son relativas a la economía ecológica.

Correo electrónico: jose.gonzalez4540@alumnos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3324-0790>

José de Jesús Iglesias González

Cuenta con una licenciatura en Estudios Liberales por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara.

Correo electrónico: jose.iglesias@cutlajomulco.udg.mx

Juan Alberto Gran Castro

Cuenta con un doctorado en Ciencias Sociales por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y es licenciado en Gestión y Economía Ambiental por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor del Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 1. Sus principales líneas de investigación son relativas al cambio climático y la gestión de riesgos de desastres.

Correo electrónico: juan.gran@ucea.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0871-2443>

Luis Abraham Díaz Alcalá

Cuenta con Ingeniería en Energía por la Universidad Autónoma Metropolitana.

Correo electrónico: ldiazalcala@gmail.com

Marco Antonio Berger García

Cuenta con un doctorado en Políticas Públicas por la Universidad de Clemson (EUA) y es licenciado en Economía por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor investigador y jefe del Departamento de Sistemas, Datos y Sociedad del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del

Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 1. Sus principales líneas de investigación son relativas a la acción climática y la gobernanza ambiental. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en la capacitación sobre la Agenda 2030 de Gobiernos Subnacionales de México.

Correo electrónico: marco.berger@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6118-8698>

Ma. del Carmen Ponce Rodríguez

Cuenta con un doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango y es ingeniera en Agroquímica por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Actualmente es postdoctorante en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Candidata. Sus principales líneas de investigación son relativas a la regeneración de suelos y la cosecha de agua con *Keyline* “Manejo Inteligente de Lluvia”. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en la implementación del sistema *Keyline* en propiedades que suman más de 500 hectáreas, con diferente uso de suelo (forestal, agrícola, pecuario), administrando el agua de lluvia, disminuyendo la erosión, infiltrando escorrentías y distribuyéndolas por toda la superficie, creando reservorios de agua y, con esto, se ha favorecido la regeneración del suelo y el crecimiento de la vegetación.

Correo electrónico: mdelcarmen.ponce@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2980-6828>

Paloma Gallegos Tejeda

Cuenta con un doctorado en Ciencias de la Conservación del Patrimonio Paisajístico por el Centro de Investigación Interdisciplinaria de Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional y es bióloga por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesora investigadora en el Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Candidata. Sus principales líneas de investigación son relativas a la agroecología y el paisaje. Su experiencia dentro del campo de los ODS ha sido en la promoción de la agroecología en pueblos tradicionales y en la conformación de la Red Ecológica de Autoabasto para la Soberanía Alimentaria.

Correo electrónico: paloma.gallegos@cutlajomulco.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2126-6716>

Pedro Alonso Mayoral Ruiz

Cuenta con una maestría en Ciencias de la Ingeniería Civil por la Universidad de Guadalajara y es ingeniero civil por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor investigador y jefe del Departamento de Ingeniería Biológica, Sintética y de Materiales del Centro Universitario de Tlajomulco de la Universidad de Guadalajara. Sus principales líneas de investigación son relativas a la gestión de riesgos.

Correo electrónico: pedro.mayoral@cutlajomulco.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5513-8678>

Pedro Lina Manjarrez

Cuenta con un doctorado en Estudios Urbanos y es ingeniero arquitecto por el Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es profesor investigador del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIIEMAD-IPN).

Correo electrónico: linapedro@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6532-9374>

Salvador Peniche Camps

Cuenta con un doctorado en Ciencias Sociales por el Colegio de Michoacán y es licenciado en Economía por la Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia. Actualmente es profesor investigador y coordinador de la maestría en Relaciones Económicas Internacionales y Cooperación del Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 2. Sus principales líneas de investigación son relativas al impacto ambiental de la actividad económica, en particular sobre el tema de la economía del agua.

Correo electrónico: speniche@cucea.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8490-4178>

Tadeo Eduardo Hübbe Contreras

Cuenta con un doctorado por la Universidad de Salamanca y es abogado por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor investigador y secretario administrativo del Sistema de Educación Media Superior de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Candidato. Sus principales líneas de investigación son relativas a los derechos humanos.

Correo electrónico: eduardo.hubbe@academicos.udg.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-1818>

Objetivos de Desarrollo Sostenible: Experiencias desde lo local
Tlajomulco en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara

Tomo II. Cuidado de medio ambiente

Se terminó de editar en Guadalajara, Jalisco
La edición consta de un ejemplar
Hecho en México / Made in Mexico



Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se encuentran a la mitad de su implementación. Tal como se anticipó desde su diseño, las escalas y métricas más consolidadas para su cuantificación se llevaron a cabo a nivel nacional. Sin embargo, existen contextos y ámbitos de acción municipal y regional en donde se requieren intervenciones más específicas para acelerar las contribuciones que supone la apropiación de cada ODS, generando así insumos para su entendimiento e intervención a escala local.

Los ODS, vistos como procesos o resultados, la construcción de métricas y la implementación de políticas, programas y proyectos alineados con la Agenda 2030 proveen un marco de referencia útil para la atención de problemas públicos y la concatenación entre ellos.

Por lo anterior, se identificó la oportunidad para realizar un ejercicio científico y sistematizado que dé cuenta sobre la apropiación y la contribución de los ODS en territorios específicos. En ese sentido, el alcance de la presente obra consiste en analizar, desde expertos provenientes de múltiples áreas del conocimiento, la totalidad de los ODS, con el objetivo de entender cómo se concretaron en un contexto específico y, a la vez, valorar su contribución a la atención de problemáticas globales.

La obra *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Experiencias desde lo local*. Tlajomulco en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara está organizada de manera temática en cuatro tomos: (1) Sistemas productivos y económicos, (2) Cuidado del medio ambiente, (3) Aspectos sociales y de gobierno, y (4) Gobernanza de la ciudad.





Guadalajara, Jalisco, a 15 de octubre de 2025

ACADEMIA JALISCIENSE DE CIENCIAS

Consejo Directivo 2022–2025

ASUNTO: Dictamen académico favorable de obra colectiva arbitrada

A quien corresponda:

La Academia Jalisciense de Ciencias hace constar que la obra colectiva titulada:

Objetivos de Desarrollo Sostenible: experiencias desde lo local. Tlajomulco en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara, integrada por cuatro tomos:

- I. Sistemas productivos y económicos;*
- II. Cuidado del medio ambiente;*
- III. Aspectos sociales y de gobierno y;*
- IV. Gobernanza de la ciudad)*

fue sometida a un proceso formal de evaluación académica por pares bajo modalidad doble ciego.

El Comité Científico estuvo integrado por académicas y académicos de reconocido prestigio nacional e internacional, miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

El proceso incluyó:

- 1. Revisión metodológica, teórica y de pertinencia científica.
- 2. Evaluación de originalidad y contribución al conocimiento.
- 3. Verificación de similitud mediante software especializado (Turnitin).
- 4. Emisión de dictámenes individuales y observaciones técnicas.
- 5. Revisión y corrección por parte de las personas autoras.
- 6. Dictamen final favorable en sesión formal del Comité.

Derivado de lo anterior, el Comité Científico emite DICTAMEN FAVORABLE y autoriza su publicación por cumplir con los estándares científicos y éticos exigidos para obra académica arbitrada.

Se extiende la presente para fines de evaluación académica ante el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) y demás instancias correspondientes.

Atentamente,



Dra. María Antonia Chávez Gutiérrez
Presidenta
Academia Jalisciense de Ciencias
Consejo Directivo 2022–2025