

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.711>

## **Análisis de los territorios inteligentes y sustentables: caso de la micro-región Lerma en la Zona Metropolitana de Toluca**

Analysis of smart and sustainable territories: case of the Lerma micro-region in the Toluca Metropolitan Area

**Lilia Angélica Madrigal García**

liliangama1223@gmail.com

Universidad Autónoma del Estado de México  
México

**Verónica Miranda Rosales**

vmirandar@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México  
México

**Ryszard Rozga Luter**

rrozgal@uaemex.mx

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma / Universidad Autónoma del Estado de México  
México

**Rosa Azalea Canales García**

racanalesg@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México  
México

**Rosalía Chávez Alvarado**

rosaliadf@gmail.com

Universidad Autónoma de Quintana Roo  
México

Artículo recibido: 30 de mayo de 2023. Aceptado para publicación: 05 de junio de 2023.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**


El concepto de territorios inteligentes se aplica a partir de incorporar las dimensiones de la sustentabilidad, lo cual permite generar estrategias de desarrollo integral. El objetivo del presente es demostrar que la micro-región Lerma de la Zona Metropolitana de Toluca tiene características que la definen como un territorio inteligente y sustentable; así, se realiza un análisis para conocer sus condiciones de desarrollo territorial. La metodología de investigación cuantitativa se complementa con una fase cualitativa que consta de entrevistas a informantes clave. Se busca congruencia entre los aspectos teórico, metodológico y empírico con el propósito de generar la discusión de resultados y se plantea su posible aplicación en el análisis holístico de territorios locales en México, específicamente en el Estado de México, debido a que coexisten ciudades y localidades rurales con características y problemas comunes y complejos bajo enfoques de sustentabilidad.

*Palabras clave:* territorios inteligentes y sustentables, micro-región Lerma, sustentabilidad, desarrollo territorial, desarrollo integral

## Abstract

The concept of smart territories is applied by incorporating the dimensions of sustainability, which allows the generation of comprehensive development strategies. The objective of this paper is to demonstrate that the Lerma micro-region of the Toluca Metropolitan Area has characteristics that define it as an intelligent and sustainable territory; thus, an analysis is carried out to know their territorial development conditions. The quantitative research methodology is complemented by a qualitative phase that consists of interviews with key informants. Congruence is sought between the theoretical, methodological and empirical aspects in order to generate the discussion of results and its possible application in the holistic analysis of local territories in Mexico, specifically in the State of Mexico, is proposed, due to the coexistence of cities and towns, rural areas with common and complex characteristics and problems under sustainability approaches.

*Keywords:* smart and sustainable territories, lerma micro-region, sustainability, territorial development, integral development

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Madrigal García, L. A., Miranda Rosales, V., Rozga Luter, R., Canales García, R. A., & Chávez Alvarado, R. (2023). Análisis de los territorios inteligentes y sustentables: caso de la micro-región Lerma en la Zona Metropolitana de Toluca. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(2), 1689–1715. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.711>

## **INTRODUCCIÓN**

En Europa, así como en algunos países de Asia y América Latina consideran que es posible el análisis holístico de los territorios y de las ciudades a partir del concepto de territorios inteligentes y sustentables a fin de mejorar las condiciones de complejidad del crecimiento desmedido y poco controlado a diversas escalas territoriales; no obstante, este patrón ha orillado a los gobiernos a crear políticas de desarrollo donde quedan fuera, en cierta medida, el cuidado, la protección y la sustentabilidad territorial. Esta situación se replica en México, en particular, en el Estado de México; por ello, es pertinente modificar las formas tradicionales de la planeación territorial y migrarlas hacia un desarrollo urbano con visión holística e integral para la micro-región Lerma.

Según Habitat (2016), los territorios crecen a medida que las ciudades se desarrollan y se consolidan como aglomeraciones metropolitanas que concentran una gran porción de la capacidad productiva de los países que están interconectados, a su vez, con otras aglomeraciones nacionales e internacionales. Adicionalmente, se observan cambios en la reducción de tasas del crecimiento poblacional, acompañados del incremento en las tasas de municipios y ciudades intermedias aledañas, ubicadas en rutas interregionales, lo cual posibilita la interacción espacial de flujos pendulares por trabajo y residencia entre las urbes que conforman la zona metropolitana e, incluso, con otras localidades, ciudades y regiones o zonas metropolitanas cercanas.

Los territorios actuales se analizan desde distintas perspectivas, pero el enfoque económico es el que más prevalece, pues el proceso de globalización es el referente geográfico mundial donde coexisten flujos económicos, los cuales se traducen en la integración jerárquica de la división internacional del trabajo y del mercado mundial mostrando cambios en los diferentes elementos que estructuran a los territorios y al medio ambiente. Así, se ha generado una reorganización espacial de la economía mundial provocando el surgimiento de diferentes centros económicos, los cuales asumen diferentes características económicas (Borja, Jordi y Castells, Manuel, 2000).

La dimensión ambiental es un elemento que define la estructura territorial, sin embargo, sólo se ha tocado tangencialmente para abordar ciudades y territorios. Algunos enfoques teóricos destacan la inclusión de las dimensiones y variables ambientales para justificar la construcción y la argumentación del presente estudio, pues considera variables ambientales aunadas a económicas y sociales, a fin de analizar a la micro región-Lerma bajo los aspectos teórico conceptuales de los territorios inteligentes y sustentables.

Como un primer concepto central, tenemos a la sustentabilidad, la cual se entiende como la búsqueda consciente, responsable y comprometida hacia un mundo habitable para el presente y el futuro, donde el territorio y sus procesos imponen más retos relacionados con la construcción sustentable de los hábitats para la población mundial creciente. Diversos teóricos cuestionan las posturas que, desde la visión de la sustentabilidad, se pueden considerar para realizar esta tarea.

Diariamente se deben enfrentar los efectos negativos y evidentes de la falta de dirección en el territorio; desde la desigualdad y pobreza, pasando por su distribución entre naciones, regiones, ciudades y localidades, hasta la transformación de otros ecosistemas y su pérdida irreparable para abastecer las necesidades humanas. Sin embargo, los territorios contemporáneos nos parecen radicalmente diferentes a los conocidos por la humanidad en el transcurso del tiempo. Según Sergio Sepúlveda (2008), el enfoque territorial:

- Promueve los conceptos de cooperación, de corresponsabilidad y de inclusión económica y social.

- Destaca la importancia de las políticas de ordenamiento territorial, autonomía y autogestión como complemento de las políticas de descentralización.
- Adopta una visión sistémica en la que lo ambiental, lo económico, lo social, lo cultural y lo político institucional están estrechamente relacionados.
- Reconoce la necesidad de estudiar las zonas urbanas y rurales de manera articulada, y centra el análisis en la funcionalidad e integración entre ambas.
- Subraya la importancia de fortalecer el capital humano (la capacidad de las personas), el capital social (las relaciones y redes que facilitan la gobernabilidad) y el capital natural (la base de recursos naturales).
- Impulsa una visión de competitividad territorial basada en la interacción de aspectos económicos (innovación tecnológica), social, cultural y ecológica.
- Promueve la economía territorial incorporando, dentro de la noción de encadenamiento productivo, aspectos distintivos de los grupos poblacionales y del territorio (por ejemplo, aprovechar determinadas características ambientales para producir bienes comercializables como servicios ambientales y productos con denominación de origen).
- Aprovecha los encadenamientos de valor agregado para articular, dentro del territorio, sectores productivos que permitan generar una economía territorial basada en conceptos como productos con denominación de origen, cadenas agroalimentarias y clústeres.
- Promueve una buena gestión del conocimiento (aspectos como la adquisición y la diseminación de conocimiento son de particular relevancia), para que la sociedad rural no quede marginada de los nuevos avances en materia de ciencia y tecnología, y se rescaten, además, los métodos autóctonos y el saber tradicional.
- Propicia esquemas de cooperación que se adapten a las demandas de los pobladores y agentes del desarrollo; es decir, a la diversidad natural y política del territorio.

A partir de la década de los setenta, en el mundo se llevaron a cabo diversas reuniones internacionales, lo cual dio inicio a pensar en la instrumentación de la política urbana de manera integrada. El concepto del desarrollo sustentable comenzó a tomar forma y se integró a la agenda de la política internacional y nacional, originando reuniones internacionales y nacionales de manera constante; por ejemplo, en 1970, se estableció el Día del Planeta Tierra (Earth Day, 22 de abril); iniciativa del senador Gaylord Nelson para educar y crear conciencia en Estados Unidos. Posteriormente, se firmó la Ley de Política Ambiental Nacional de los Estados Unidos (National Environmental Policy Act. NEPA), la cual establece la política pública ambiental del país, con lo cual se comenzó la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. durante el periodo gubernamental del presidente Richard Nixon.

De manera complementaria, en Puerto Rico se publicó la Ley sobre Política Pública Ambiental de Puerto Rico que también establece la Junta de Calidad Ambiental (Luis A. Ferré, 1969-1973). La definición oficial y la más utilizada es la publicada en el Informe de Burtland "Nuestro Futuro Común" Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU (1987), es decir: "la posibilidad de obtener continuamente condiciones iguales o superiores de vida para un grupo de personas y sus sucesores en un ecosistema dado. Es prolongar la productividad en el uso de los recursos naturales a lo largo del tiempo, a la vez que se mantiene la integridad de esos recursos, viabilizando la continuidad de su uso para las próximas generaciones (justicia intergeneracional)" (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU, 1987).

Ante estos retos, existe una gran necesidad de integrar consideraciones ambientales a nivel mundial con la gestión de los territorios y las ciudades a través de la planificación, el diseño, y la acción. Por tanto, se está buscando sumar esfuerzos y avanzar hacia una gestión más holística de los problemas ambientales globales. Ahora, sobre todo, hay una convergencia de intereses y

fortalezas ambientales y urbanas. De tal manera que el concepto para Territorios Sustentables se fundamenta en las tres esferas o dimensiones de la sustentabilidad y sus interrelaciones, enfocándose en la implementación de acciones de manera conjunta.

### **DESARROLLO**

En el siglo XXI, se ha acrecentado el desarrollo complejo en los territorios y las ciudades a escalas mundial, regional y local. Por lo tanto, ONU-Hábitat,<sup>1</sup> con la intención de incorporar las dimensiones y los ámbitos del desarrollo sustentable en la planeación e instrumentación de la política urbana actual, ha publicado documentos que reflejan la realidad urbana actual y su relación con su contexto ambiental; se considera el constante incremento de la población urbana mundial, el cual se estima de menos de un mil millones en 1950 a cerca de seis mil millones en 2050, así como que la población urbana mundial oscila en 9,000 millones para 2100, lo que corresponde a un valor aproximado de 85% de la demografía mundial total proyectada. Por tanto, este crecimiento requiere de una atención particular y prioritaria que permita la instrumentación de una política enfocada en la gestión y la orientación de los futuros patrones de urbanización en las diferentes regiones del mundo bajo nuevos planteamientos y perspectivas (ONU-Hábitat, 2015a).

Derivado de estos lineamientos de política urbana, se generó la “Agenda de desarrollo post 2015” que reemplazó los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), definidos en septiembre de 2015, con el fin de tener un contexto internacional con prosperidad, equidad, libertad, dignidad y paz. Para lograrlo, la ONU trabajó en coordinación con gobiernos, sociedad civil y otros actores (ONU-Hábitat, 2015b). Este documento incluye 175 puntos principales y fue aprobado por los representantes de las delegaciones nacionales con la consigna de no dejar a ninguna ciudad atrás (en su desarrollo) y promover las economías urbanas sustentables e inclusivas para fomentar la sustentabilidad ambiental. Así, se formularon políticas, planes y programas en los contextos nacional, regional y local considerando lo siguiente:

- El papel de la urbanización sustentable como motor del desarrollo.
- Los vínculos urbano-rurales.
- La relación entre las dimensiones sociales, económicas y ambientales del desarrollo sustentable para promover sociedades estables, prósperas e inclusivas.

Estas orientaciones se fundamentan en la concepción de una nueva visión del desarrollo, el cual se denomina Desarrollo Sustentable; éste es considerado por la comunidad internacional como alternativa al modelo de desarrollo dominante. Originalmente, “el desarrollo sustentable es aquél que satisface las necesidades del presente sin restringir las posibilidades de que las generaciones futuras satisfagan las suyas” (ONU-Hábitat, 1996).

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable, celebrada en Río de Janeiro en 2012, la mitad de la humanidad vive en ciudades. La población urbana ha aumentado desde los 750 millones de personas –que aproximadamente la constituían en 1950– hasta los 3,600 millones en 2011. Se estima que para 2030 casi un 60% de la población mundial residirá en zonas urbanas (ONU-Hábitat, 2016).

En los próximos años, este notable crecimiento obligará a las ciudades de todo el mundo a prepararse para prestar servicios fundamentales que no han sido instalados de manera

---

<sup>1</sup> ONU-Hábitat es el Programa de Naciones Unidas que trabaja por un mejor futuro urbano. Su misión es promover el desarrollo de asentamientos humanos sustentables desde el punto de vista social y medioambiental, así como proporcionar vivienda adecuada para los ciudadanos del mundo (<https://es.unhabitat.org/sobre-nosotros/alcance/>).



sustentable; es decir, agua potable, transporte o aire limpio, cuyos temas constituirán un reto de gran magnitud y una oportunidad para el desarrollo y/o consolidación de las actividades industriales, comerciales y de servicios.

Por tanto, el presente proyecto de investigación es de suma importancia, pues destaca las similitudes entre los problemas en torno al desarrollo territorial y urbano de las ciudades de América Latina; en particular, México, el Estado de México y, específicamente, la Zona Metropolitana de Toluca; además, analiza los planteamientos teóricos y metodológicos que serán aplicados a la micro-región Lerma, como caso de estudio, cuyas ciudades tienen un crecimiento urbano fragmentado, disperso y con una gran densidad poblacional, así como diversas características que impiden un desarrollo urbano controlado y planificado.

Conceptualmente, el Territorio Inteligente ha tenido una creciente discusión entre expertos y agentes dedicados al estudio del desarrollo sustentable en el territorio. Desde la perspectiva urbanística y arquitectónica, para Vegara y De las Rivas (2008), los territorios inteligentes son innovadores y capaces de construir sus propias ventajas competitivas en relación con su entorno en el marco de un mundo complejo, global e interrelacionado. Asimismo, persiguen un equilibrio entre los aspectos de competitividad económica, cohesión social y sustentabilidad.

En definitiva, los territorios inteligentes son capaces de dotarse de proyectos de ciudad, de lograr el equilibrio justo, de descubrir su singularidad y de construir sus propias ventajas competitivas en un marco global. Cualquier territorio, al margen de su tamaño y nivel de infraestructuras, puede ser inteligente (Calderero y Pérez, 2006).

El concepto de territorios inteligentes se considera novedoso, pues se aplica a partir de incorporar las dimensiones de la sustentabilidad, lo cual permite la comprensión global de estos planteamientos y la generación de estrategias de desarrollo integral. Sin embargo, la definición de territorio inteligente tiene antecedentes escasos; sólo se identifican nociones cercanas desde las teorías urbanas y regionales (Esteban et al., 2008: 6). Este autor revisa las teorías permitiendo construir un modelo susceptible de ser puesto en práctica por los gobiernos locales desde la evidencia empírica sucedida en diversas latitudes del planeta. Por consiguiente, engloba "un nuevo concepto espacial: conocido tradicionalmente como ciudad-región o ciudad-territorio, que supera los límites geográficos y administrativos tradicionales, para comparar con el concepto de territorio funcional" (Calderero et al., 2006: 40).

De acuerdo con Cordero-Salas et al. (2003), el enfoque del desarrollo del territorio parte de un conjunto de elementos de diagnóstico territorial, entre los que destacan:

- Las características de la economía rural y urbana del territorio.
- La heterogeneidad espacial y socioeconómica del medio rural y urbano.
- La diversidad institucional y política de las situaciones locales.
- La diferenciación de oportunidades y potencialidades presentes en la población rural.
- Las diferencias ecológicas entre unidades territoriales.
- La infraestructura y los servicios básicos entre las unidades territoriales específicas a escala micro-regional.

Así, en el nuevo contexto mundial, el desarrollo se encuentra más relacionado con los procesos económicos, sociales, políticos y medioambientales. Los modelos de desarrollo económico deben estar al servicio de la comunidad garantizando un compromiso pleno con la equidad, la justicia distributiva, la solidaridad y la sostenibilidad ambiental. En otras palabras, el desarrollo debe respetar el llamado triángulo de la sustentabilidad social, económica y ambiental. Por tanto, es un nuevo concepto teórico que surge de la confluencia de diferentes disciplinas científicas

relacionadas, principalmente, con el urbanismo, la arquitectura, el patrimonio cultural, el medio ambiente, la economía de la innovación y el desarrollo regional.

El concepto de territorio inteligente toma especial relevancia si se considera que, actualmente, el ámbito de estudio del desarrollo económico y social ha sido abordado desde distintas e inconexas perspectivas. Por ejemplo, desde la economía, el desarrollo en los últimos años ha estado relacionado con la innovación tecnológica, pero otras disciplinas, como el urbanismo y la arquitectura, han primado el análisis del diseño de nueva infraestructura, como elementos fundamentales del desarrollo territorial.

El factor ambiental fusiona los conceptos de desarrollo económico y del territorio, hasta ahora inconexos, pero da lugar a una nueva visión de desarrollo sustentable. Asimismo, el territorio también cobra una renovada concepción desde los procesos mundiales con la globalización y la reestructuración socioeconómica del territorio. Ante estos contextos, el fenómeno de la globalización está ligado con los procesos geográficos, socioeconómicos y de desarrollo tecnológico que han alentado a transformar el orden del conocimiento y la innovación a escala global en un periodo increíblemente corto provocando desafíos y oportunidades.

En esencia, la globalización y los procesos de desarrollo sustentable a escalas regional y local son parte de la transformación económica y territorial. Sin embargo, los sucesos socioeconómicos mundiales no ocurren en todos los lugares del mismo modo ni con la misma intensidad. El carácter particular del territorio interactúa en las esferas global, regional, local y micro-regional. Los procesos sociales, económicos y ambientales mundiales, como la globalización, iniciaron en lugares específicos.

Hasta ahora, el concepto de territorio inteligente se ajusta de forma restrictiva a aquel espacio capaz de ofrecer una respuesta coherente a los cambios que imponen retos para el desarrollo de los territorios ante el proceso de globalización. Así, los territorios inteligentes pueden ser auténticos territorios sustentables por su capacidad para equilibrar tres subsistemas: la estrategia económica, el desarrollo social y el medio ambiente. En otras palabras, la globalización genera mayores oportunidades para aquellos territorios que demuestran ser más competitivos, innovadores y sustentables. Si en el pasado los bajos costos de producción representaban una de las principales ventajas competitivas, en la actualidad, la atracción que puede ejercer un territorio se mide por la capacidad local del desarrollo de actividades que contribuyen en la aplicación de tecnologías limpias, empresas en sectores de alta intensidad de conocimiento, nuevos institutos de investigación y de formación de recursos humanos y capacitación de la población local.

Los contextos urbanos han tenido que afrontar problemas de organización social y estructura urbana con impacto ambiental, debido a su posición como consumidores de recursos materiales y energéticos o fuente de emisión de residuos y contaminantes. Mejorar la relación con el entorno, mantener la calidad y el coste de los servicios prestados o la capacidad para reorganizar sus estructuras dando respuesta a nuevas necesidades son asuntos que figuran en la agenda del mundo local con una creciente intensidad. Un número significativo de ciudades de todo el mundo ha ido adoptando las nuevas tecnologías, con lo cual llevan a cabo una gestión más eficiente en la prestación de servicios públicos, así como en su redefinición o en el replanteamiento de las relaciones con ciudadanos, turistas, empresas y proveedores. La idea de un medio ambiente en peligro forma parte de la conciencia colectiva y se refleja tanto en la ciudadanía como en los encargados de la toma de decisiones.

Así, la presente investigación adquiere relevancia y pertinencia al considerar que la concentración poblacional, el consumismo, el incremento del parque vehicular, los procesos

industriales, las actividades del sector servicios, los sistemas de transporte y otras manifestaciones de la vida urbana globalizada, como los altos grados de urbanización en las ciudades, han contribuido a una degradación de la naturaleza y la calidad de vida de la población.

Durante la primera década del siglo XXI, México ha alcanzado un alto grado de urbanización; en 2010, el 72.3% de la población vivía en zonas metropolitanas, conurbaciones y centros urbanos que, a lo largo de los siglos XX y XXI, han ido configurando un sistema que articula al territorio nacional. El perfil urbano del país convierte al Sistema Urbano Nacional (SUN) en el motor para el desarrollo, lo cual implica asumir y atender los rezagos en materia de empleo, salud, educación, transporte público, abasto de agua, vivienda, reserva territorial, pero también considerar los requerimientos nuevos, es decir, los que surgen con el crecimiento de las ciudades. La vulnerabilidad de la población y su patrimonio ante los fenómenos naturales asociados al cambio climático también debe asumirse en su perspectiva más amplia como uno de los criterios para orientar el crecimiento urbano y para establecer medidas más acordes con el contexto actual.

De esta forma, los componentes básicos de una urbanización territorialmente expandida son: la ciudad central, la cual generalmente corresponde a los límites de la ciudad histórica que existía antes de la fase de expansión del modelo de sustitución de importaciones; los anillos urbanos construidos que se pueden dividir en el intermedio o interior y el suburbano exterior; la zona metropolitana que, además del área construida, abarca una franja rural-urbana vinculada a la ciudad central, delimitada con base en los criterios generales establecidos por los gobiernos municipal y estatal/provincial.

Dentro de las zonas metropolitanas surgen y se consolidan otras actividades socioeconómicas tradicionales del sector primario, como la agricultura; respecto a la incorporación de éstas en los ámbitos secundario y terciario, destaca la extracción de materiales de construcción; asimismo, se identifican servicios diversos relacionados con el comercio y el transporte. Debido a los cambios sociales, económicos y ambientales que se han presentado en los territorios actuales a nivel nacional, el presente estudio se justifica en los contextos regional, metropolitano, micro-regional y local.

Por lo tanto, este artículo pretende contribuir en el avance teórico/metodológico de los territorios a partir de las variables ambientales a fin de mejorar el ambiente urbano, identificando diversos problemas relacionados con contaminación atmosférica, gestión y administración del recurso agua, ocupación del territorio rural y urbano, afectación a la capa de ozono, pérdida de áreas verdes, hacinamiento de habitantes en viviendas con alto índice de riesgo urbano y/o ambiental e insalubres, entre otros elementos de análisis considerados de interés público; así como ofrecer una herramienta integral para la elaboración de estrategias e instrumentos de gestión ambiental más eficientes y holísticas y con ello generar alternativas viables de desarrollo.

Esta investigación contempla a la sustentabilidad como un paradigma viable que provee una visión integral e incorpora el análisis y la planeación de los territorios recientemente, pues es un concepto que conjunta la protección a los ecosistemas, la participación social y el desarrollo económico equitativo.

El desarrollo sustentable es un concepto que se inclina por erradicar la pobreza extrema, satisfacer las necesidades tanto de la generación presente como de la futura, elevar la calidad de vida, defender la naturaleza y conservar los ecosistemas a partir de la toma de decisiones de los diversos actores, sectores y agentes que inciden en la configuración y estructura de las ciudades. A ello, se suman el paradigma emergente llamado Territorios Inteligentes, el cual añade nuevas dimensiones de análisis social que van desde el desarrollo, la planeación urbana,



la economía basada en el desarrollo del conocimiento hasta las tecnologías móviles; y la noción de Territorios Sustentables.

Todo territorio requiere de un medio ambiente de calidad, y éste es proveedor de materias primas, del espacio físico y de los recursos naturales requeridos para su subsistencia y desarrollo. Los enfoques teóricos del estudio de la ciudad –como el urbanismo, la planeación urbana, el diseño y la geografía urbana, entre otras áreas– se han constituido como disciplinas de actuación e intervención actual en las ciudades y recientemente han incorporado en su discurso teórico al concepto de medio ambiente y desarrollo sustentable con el propósito de lograr una interpretación más integral de las ciudades y los territorios urbanos.

Considerando lo antes expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las condiciones de desarrollo territorial que permiten analizar a la micro-región Lerma de la Zona Metropolitana de Toluca bajo el enfoque de territorios inteligentes y sustentables? La hipótesis planteada es: las condiciones de desarrollo del territorio de la micro-región Lerma son complejas debido a que incluye localidades urbanas y localidades rurales.

### **METODOLOGÍA**

El presente proyecto utiliza un método de investigación mixto (cuantitativo ajustado con la aplicación de dos sub-fases de investigación cualitativas) (Cameron, 2009). A partir del análisis de los territorios inteligentes y sustentables, se construye una visión integral, donde la micro-región Lerma de la Zona Metropolitana de Toluca se define como un sistema de análisis constituido por los municipios de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco. Se emplea esta metodología porque ha sido aplicada para diversos fenómenos en Ciencias Sociales y Ciencias Ambientales permitiendo la delimitación de tres subsistemas para la comprensión del concepto de territorios inteligentes y sustentables: social, económico y ambiental, a través de un conjunto de indicadores ajustados por medio de metodología cualitativa. La metodología cuantitativa se realiza mediante la definición de un sistema constituido por tres subsistemas, de acuerdo con su procedimiento de cálculo por cada subsistema.

#### **Subsistema social**

Comprende el análisis integral de la población en relación con sus aspectos demográficos, distribución de la población con respecto a la urbana y rural, así como el acceso a los servicios públicos básicos en las viviendas y equipamientos educativos y culturales que permiten su bienestar; se plantea a través de diez indicadores.

**Tabla 1**

*Indicadores del subsistema social*

No.	Indicadores	Procedimiento de cálculo/Fórmula	Fuente
1	<b>Población total y densidad poblacional</b>	Población total municipal por municipio y micro-región y Habitantes por municipio/Superficie total municipal	INEGI. H. Ayuntamiento de los municipios de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
2	<b>Tasa de crecimiento media anual</b>	$(\text{Población final}/\text{Población inicial})^{10-1} * 100$	INEGI y H. Ayuntamiento de los municipios de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco

3	Densidad poblacional	Número de habitantes/superficie territorial (km <sup>2</sup> )	INEGI y revisión de los PMDU
4	Clasificación del territorio	% de la población urbana y rural de la micro-región Lerma	Revisión de los PMDU vigentes
5	Viviendas particulares habitadas con acceso a agua entubada	% de vivienda particulares con servicio de agua entubada	INEGI y H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
6	Viviendas particulares habitadas con acceso a energía eléctrica	% de vivienda particulares con servicio de energía eléctrica	INEGI y H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
7	Viviendas particulares habitadas con acceso a drenaje	% de vivienda particulares con servicio de drenaje	INEGI y H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
8	Viviendas particulares habitadas con acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's)	% de disponibilidad a las TICs	INEGI y H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
9	Instituciones de salud para el bienestar de la población micro-regional	% de afiliación a instituciones de salud	INEGI y H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
10	Nivel y promedio de escolaridad en la micro- región Lerma	% según nivel de escolaridad	INEGI, Censos de Población y Vivienda, 2010 y Conteo 2015

**Fuente:** elaboración propia.

### Subsistema económico

Se refiere a la población ocupada por sector de actividad (estado y distribución de la infraestructura relacionada con vías de comunicación); identifica las actividades económicas de los municipios de la micro-región Lerma. Su medición se propone a partir del cálculo de siete indicadores relacionados con la existencia de redes de infraestructura vial permitiendo la vinculación entre los municipios de la micro-región e, incluso, con otros del Estado de México (ver cuadro 2).

**Tabla 2**

*Indicadores del subsistema económico*

No.	Indicadores	Procedimiento de cálculo/Fórmula	Fuente
1	Porcentaje de población según condición de actividad económica	Población de 12 años y más con respecto a la población económicamente activa e inactiva	Encuesta Intercensal INEGI. 2015

2	Tasa de dependencia económica	$T=n1/n2*100$ T: (Total) Tasa de dependencia. n1: Número de personas entre 0 y 14 y los mayores de 65 años. n2: Número de personas entre 15 y 64 años.	Datos demográficos de la Encuesta intercensal 2015. INEGI
3	Porcentaje de población ocupada según sector de actividad económica	Población por actividad (comprende agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua, construcción, industria manufacturera, transporte, gobierno y otros servicios.) con respecto a la población ocupada	Encuesta Intercensal INEGI. 2015
4	Porcentaje de población según división ocupacional	Ocupaciones agrupadas del sistema nacional de clasificación de ocupaciones con respecto a la población ocupada	Encuesta Intercensal INEGI. 2015
5	Sistema vial de la micro- región Lerma	Redes de infraestructura vial en la micro-región	Revisión de los Planes Desarrollo Municipal y Los PMDU vigentes por municipio
6	Parques industriales	Número de parques industriales en la micro-región	Censo Económico 2019. INEGI
7	Establecimientos económicos en la micro-región Lerma	Número de locales comerciales en la micro- región Lerma	Censo Económico 2019. INEGI

**Fuente:** elaboración propia.

### Subsistema ambiental

Involucra los factores y los procesos formadores y modeladores del paisaje (geología, hidrología, suelos y vegetación), así como la interpretación de la dinámica y las transformaciones de los ecosistemas que se manifiestan como limitantes y potencialidades para las actividades humanas. Con base en este análisis, se pueden realizar evaluaciones de las potencialidades y las limitantes del ambiente local, así como de las amenazas, condiciones de vulnerabilidad y riesgos. Está asociado al cálculo de quince indicadores relacionados con las características físico-geográficas del medio ambiente en el contexto del desarrollo sustentable del territorio (ver cuadro 3).

**Tabla 3**

*Indicadores del subsistema ambiental*

No	Indicadores	Procedimiento de cálculo	Fuente
1	Geología	Identificación y caracterización de los tipos de roca y aptitud geológica del uso y aprovechamiento del suelo micro-regional.	INEGI 2020
2	Edafología	Identificación y caracterización de los tipos de suelo y aptitud edafológica del uso y	INEGI y CONABIO 2020

		aprovechamiento del suelo micro-regional.	
3	<b>Uso actual del Suelo y vegetación</b>	Identificación y caracterización del uso del suelo actual y vegetación del suelo micro-regional.	INEGI y CONABIO 2020
4	<b>Uso potencial del Suelo</b>	Identificación y caracterización del uso potencial del suelo micro-regional.	INEGI y CONABIO 2020
5	<b>Hidrología</b>	Identificación y caracterización de las corrientes de agua superficiales que permiten el establecimiento de estrategias orientadas al uso y aprovechamiento del recurso agua en el territorio micro-regional.	INEGI y CONABIO 2020
6	<b>Riesgos de zonas susceptibles inundación</b>	Identificación y caracterización de zonas susceptibles a inundación en la micro-región Lerma de la Zona Metropolitana de Toluca.	Zonas de peligro e inundación (2018)
7	<b>Riesgos por erosión e incendios</b>	Identificación y caracterización de zonas susceptibles a erosión e incendios en la micro-región Lerma de la Zona Metropolitana de Toluca.	INEGI. Datos de erosión de suelos 2014.
8	<b>Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero</b>	Toneladas de emisión de cada GEI con respecto a la totalidad de cada gas emitido a la atmósfera	INEGI. H. Ayuntamiento de los municipios de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco
9	<b>Densidad Media Urbana</b>	Se obtiene a partir de la relación la población total sobre superficie urbana, de las AGEB urbanas, ponderada por el tamaño de su población.	Grupo Interinstitucional SEDATU- CONAPO- INEGI (2015)
10	<b>Porcentaje de superficie forestal</b>	Número de hectáreas de uso de suelo forestal con respecto a la superficie total municipal	Consulta en los Planes de Desarrollo Municipal Y Plan Municipal de Desarrollo Urbano vigentes
11	<b>Generación de residuos sólidos</b>	Cantidad de residuos sólidos urbanos generados por día con respecto al número de habitantes a nivel municipal	Consulta en los Planes de Desarrollo Municipal Y Plan Municipal de Desarrollo Urbano vigentes
12	<b>Porcentaje de viviendas particulares habitadas según material de piso</b>	Número de viviendas registradas con piso de tierra con respecto al número de viviendas particulares habitadas municipales	Encuesta intercensal INEGI 2015
13	<b>Porcentaje de viviendas particulares habitadas según combustible para cocinar</b>	Número de viviendas por tipo de uso de combustible con respecto al número de viviendas particulares habitadas municipales	Encuesta intercensal INEGI 2015

14	<b>Porcentaje de forma de eliminación de residuos en viviendas particulares habitadas</b>	Número de viviendas por formas de eliminación de residuos con respecto al número de viviendas particulares habitadas municipales	Encuesta intercensal INEGI 2015
15	<b>Porcentaje de disponibilidad de equipamiento en viviendas particulares habitadas</b>	Número de viviendas con disponibilidad de equipamiento con respecto al número de viviendas particulares habitadas municipales	Encuesta intercensal INEGI 2015

**Fuente:** elaboración propia.

El método cualitativo utilizado consta del diseño y de la aplicación de entrevistas a informantes clave a través de dos grandes sub-fases de investigación.

#### **La primera sub-fase de investigación cualitativa**

Consiste en la aplicación de entrevistas a los funcionarios públicos municipales de las Direcciones de Desarrollo Urbano y de Ecología de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco, que integran la micro-región Lerma definida. El objetivo de la entrevista fue obtener la percepción de los funcionarios públicos municipales sobre el problema urbano y ambiental, municipal y las acciones implementadas para su identificación y mitigación a fin de integrar en el contexto de la micro-región Lerma e identificar las oportunidades y los retos que enfrenta cada municipio. La estrategia de investigación de esta sub-fase consistió en agrupar las situaciones problemáticas comunes e indicadores micro-regionales a analizar (ver figura 3).

#### **La segunda fase de investigación cualitativa**

Se basa en aprovechar la relación de investigación y vínculo académico existente de la Universidad de Quintana Roo, a través del Programa de Doctorado en Geografía, con la Universidad Autónoma del Estado de México. En este contexto, se aprovechó la presencia de un sólido grupo de investigadores en temas ambientales y urbanos, permitiendo el diseño de un cronograma de actividades tendiente a medir la aplicación y, en su caso, ajustar los cálculos y procedimientos de los indicadores cuantitativos definidos previamente.

Para tal fin, se distinguieron los indicadores cuantitativos y cualitativos. En el grupo inicial de indicadores planteados se aplicaron entrevistas a profundidad a tres actores clave en el municipio de Othón P. Blanco de Quintana Roo: el presidente de la Asociación de Productores de Madera de Quintana Roo, un consultor y dos estudiantes de posgrado (uno de la Maestría en Planeación y otro del Doctorado en Geografía) (ver cuadro 4).

Con los resultados obtenidos, se aplicó la Técnica Delphi a tres profesores-investigadores de posgrado de la Universidad de Quintana Roo, especialistas en temas ambientales y urbanos. Se les aplicaron entrevistas distribuidas en tres rondas, las cuales permitieron la valoración de los indicadores cualitativos obtenidos en el municipio de Othón P. Blanco.

Aunque son contextos ambientales y territoriales diferentes al caso de estudio del presente proyecto, se consideró pertinente aprovechar el perfil y la experiencia de la División de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Quintana Roo. Posterior a la aplicación y al análisis de datos de las sub-fases de investigación cualitativas aplicadas, se ajustó y/o propuso el cálculo de ocho



indicadores incorporados en las subdimensiones de análisis, relacionados con contaminación ambiental, superficies forestales y urbanas, condiciones de la vivienda y residuos sólidos.

Según datos del marco geoestadístico nacional INEGI (2019), la micro-región Lerma y su territorio se caracterizan por tener una superficie predominantemente con AGEB's rurales y pocos AGEB's urbanos. A pesar de que las localidades rurales son más que las urbanas, el proceso de urbanización en la micro-región Lerma es acelerado y los patrones de ocupación en el territorio se dan de manera descontrolada para dar paso a fenómenos como la irregularidad y la informalidad (ver cuadro 4).

**Tabla 4**

*Clasificación del territorio de la micro-región Lerma*

Municipio	L o c a l i d a d e s	U r b a n a s	R u r a l e s	Superficie total municipal	Área urbana	%	Área urbanizable	%	Área no urbanizable	%
Lerma	72	10	62	23258.8	4476.2	19.25	660.5	2.84	18122.1	77.92
Ocoyoacac	59	5	54	13471	1393.2	10.34	1144.70	8.5	10933.1	81.16
San Mateo Atenco	4	2	2	1876	1341.7	71.52	275.8	14.7	258.5	13.78

**Fuente:** elaboración propia con base en Planes de Desarrollo Municipal de los H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco (2018-2021) y Planes Municipales de Desarrollo Urbano de los H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco (2019).

### Geología

Datos de INEGI indican que la micro región Lerma se caracteriza por presentar dos tipos de roca, ígnea Extrusiva y Sedimentaria. La primera (basalto, riolita u obsidiana) se localiza, principalmente, en la zona montañosa donde hay presencia de domos volcánicos. Las sedimentarias (arenisca, lutita, conglomerado, caliza y halita) son resultado de agentes atmosféricos sobre rocas preexistentes, es decir, es un proceso por el que la meteorización ocasionada por los agentes físicos, químicos y biológicos a los cuales la roca queda expuesta la debilitan provocando su fragmentación; dichos restos son transportados mediante vientos y ríos para depositarse en capas.

Según datos del Plan de Desarrollo Municipal de San Mateo Atenco (2019- 2021), geológicamente, este municipio presenta predominantemente suelo aluvial; formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas), provenientes de rocas preexistentes que han sido transportadas por corrientes superficiales desde las partes más altas, como la Sierra Nahuatlaca-Matlatzinca al sur y la Sierra Nevada al suroeste.

Lerma también tiene suelos lacustres y aluviales, en los cuales se presentan fallas de diferentes rumbos y longitudes; por ejemplo, la ubicada en la parte frontal del cerro La Campana con

longitud de 3.8 km, la de la localidad Cañada de Alférez de 1.5 km o la de parte norte del cerro La Verónica de 2.7 km. De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal, la cantidad de fracturas es mayor que las fallas y presentan diferentes rumbos y longitudes.

Por su parte, Ocoyoacac registra cuatro volcanes apagados: Tezontepec, el Caballito, la Merenciana y Tehualtepec, formados por plegamientos y erupciones de espuma; y Lerma tiene edificios volcánicos que, por su estructura y formas, son evidencias de coladas lávicas de eventos volcánicos recientes, porque el territorio municipal está inmerso en el Sistema Volcánico transversal.

### **Edafología**

En Lerma y Ocoyoacac, los suelos se caracterizan por ser principalmente andosoles (Húmico, Mólico, Ocrico); están formados por cenizas volcánicas y, por lo general, son muy sueltos y presentan texturas esponjosas; su aptitud es forestal y, en menores cantidades, agrícolas; asimismo, pueden ser muy susceptibles a la erosión cuando carecen de vegetación.

Por otro lado, el feozem (Gleyico y Aplico) es un tipo de suelo que comparten los tres municipios de la micro-región Lerma; se hace presente en terrenos planos y semiplanos y se caracteriza por contener una capa de materia orgánica oscura con nutrientes que favorecen distintas actividades, como agricultura de riego y de temporal.

Otro suelo presentado en la micro-región, principalmente en San Mateo Atenco, es el Histosol (Eutrico), el cual es rico en materia orgánica y residuos vegetales que se desarrollan en zonas donde ésta se acumula en la superficie sin llegar a descomponerse o por una saturación prolongada del suelo. Por lo general, estos suelos se vuelven poco fértiles cuando la vegetación natural es reemplazada abruptamente por cultivos agrícolas.

Asimismo, en Lerma se encuentra el Vertisol (Pélico) en zonas bajas de las montañas, el cual es un suelo que se agrieta en sequías, y es arcilloso y pegajoso cuando está húmedo; sin embargo, ciertas condiciones salinas lo hacen óptimo para el desarrollo urbano. También se cuenta con el Luvisol (Crómico), suelo arcilloso, fértil y de susceptibilidad a la erosión; y con el Cambisol (Crómico y Eutrico), también denominado suelo joven y se caracteriza por su capa de roca en el subsuelo formando terrones.

### **Uso del suelo y vegetación**

La micro-región Lerma cuenta con diversos usos de suelo, pero, principalmente, es agrícola (de humedad anual, de riego anual, de temporal anual y permanente), así como para asentamientos humanos, bosque (encino, encino-pino, oyamel y pino), cuerpos de agua, pastizal inducido, tular y vegetación secundaria (arbustiva de bosque de oyamel, arbustiva de bosque de encino, arbustiva de bosque de pino, arbórea de bosque de encino y arbórea de bosque de oyamel).

La agricultura de temporal aprovecha la humedad del suelo, incluso, en época de sequía, pues la conservan de las lluvias; por tanto, el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua pluvial. La agricultura de pastizal inducido combina porciones de pastizal inducido (aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original) con agricultura de temporal.

### **Hidrología**

La micro-región Lerma forma parte de la región hidrológica Lerma-Chápala-Santiago, al interior de la Cuenca Lerma-Toluca y, a su vez, de las subcuencas Otzolotepec-Atacomulco y de la subcuenca Almoloya-Otzolotepec. La micro-región presenta múltiples corrientes y cuerpos de agua con flujo intermitentes y perennes.

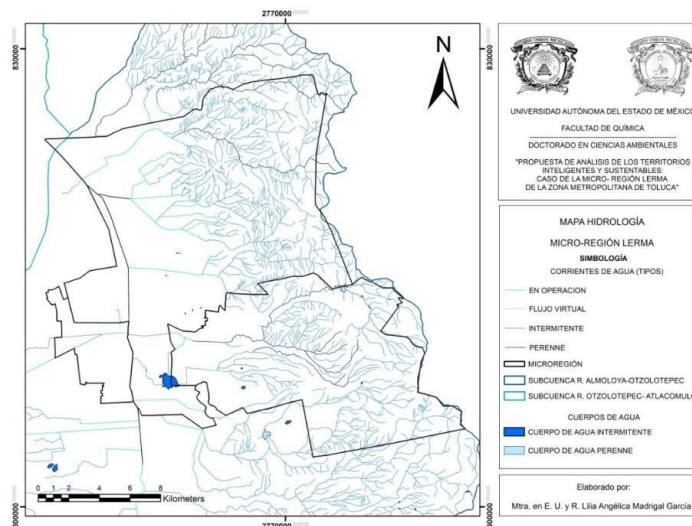
El río más representativo de la micro-región es el Lerma que, a su vez, forma parte de la división territorial entre los municipios de San Mateo Atenco y Lerma; lamentablemente, está en condiciones insalubres y contaminado por los desechos del corredor industrial (sólidos y químicos). En orden de importancia, le siguen los ríos Ocoyoacac, Seco, San Lorenzo y Salto de Agua.

La micro-región Lerma aún tiene grandes desafíos que vencer para convertirse en un territorio inteligente sustentable; sin embargo, tiene gran potencial para hacerlo por su localización, grado de cohesión social, condiciones geográficas y su acercamiento a las tecnologías, así como por su competitividad, ventajas comparativas y sinergias a niveles interregional y metropolitano.

El municipio de Ocoyoacac registra algunos manantiales importantes, como Los Ajolotes, el río de México-Chichipicas-Lerma-Santiago, el río Muerto (se consume en la Laguna de Victoria) y el río Tehualtepec-Capulhuac-Lerma-Santiago. Asimismo, existen presas: Potrero, El Zarco, La Marquesa, El Pachón, La Cima y Salazar (ver figura 1).

**Figura 1**

*Hidrología de la micro-región Lerma*



**Fuente:** Elaboración propia con base de red hidrográfica Región H. Lerma, S. 2010. INEGI.

**Riesgos**

En la micro-región Lerma se han identificado riesgos relacionados con inundaciones y erosión:

**Inundaciones**

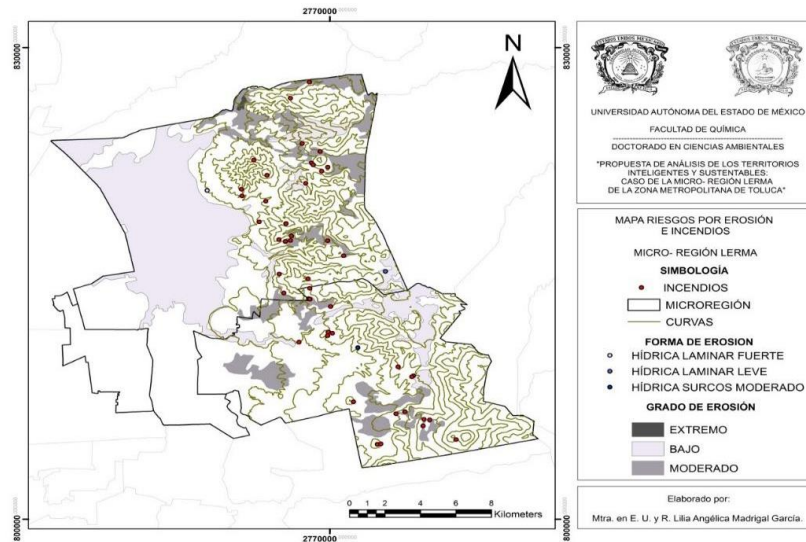
Las inundaciones son un fenómeno perturbador común en la micro-región Lerma; el río Lerma ha alcanzado un porcentaje elevado de agua en los últimos años, por lo que en la temporada de lluvias se ha desbordado provocando serias inundaciones en la comunidad de San Pedro Cholula y San Antonio el Llanito en Ocoyoacac; sin embargo, ha afectado de manera directa al municipio de San Mateo Atenco, pues concentra una mayor cantidad de residuos sólidos urbanos por habitante en un día, aunado a una mala gestión de éstos, aguas residuales, mala infraestructura de drenaje y alcantarillado, y las características físico-naturales de la zona, pues San Mateo se ubica en la parte “baja” (dada la topografía) en relación a Ocoyoacac y a Lerma.

En 2018, tan sólo en San Mateo Atenco se vieron afectadas 10 localidades; hubo 2,996 damnificados por las inundaciones llegando a registrar un nivel de agua de hasta 1.50 metros de altura. En Lerma, la zona afectada en zonas de lluvia es la Ciénega.

Por otro lado, este problema se relaciona con los patrones de ocupación del suelo, ya que las localidades con mayor cantidad de asentamientos irregulares están más susceptibles a sufrir alguna eventualidad, como inundaciones; por ello, los instrumentos de planeación municipales deben establecer mecanismos para incentivar a la población a asentarse en áreas intraurbanas y evitar las áreas colindantes a los ríos.

**Figura 2**

*Zonas susceptibles a inundación en la micro-región Lerma*



**Fuente:** Elaboración propia con base en zonas de peligro de inundación. SEDATU. 2018.

### Erosión

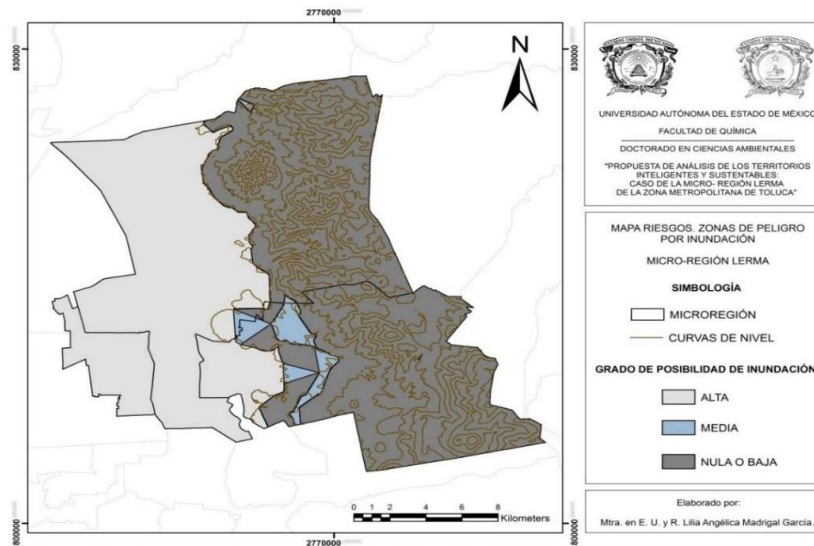
En la micro-región Lerma, se presentan, principalmente, dos tipos de erosión: hídrica laminar, que es la remoción gradual y uniforme de capas delgadas de suelo, por lo general paralela a la superficie; se manifiesta en grado fuerte y leve a nivel micro-regional; e hídrica por surcos, es decir, por formación de canales con profundidad menor a 50 cm y hasta 50 cm de ancho; ésta se presenta de manera moderada en la región.

En el municipio de Lerma, la erosión es provocada por los cambios de uso del suelo agropecuario por uno urbano y la disminución en la recarga de acuíferos; a nivel micro-regional, se cuenta con suelos Andosol, Luvisol y Cambisol, los cuales son susceptibles a la erosión al quedar desprovistos de vegetación en escalas moderadas-altas; en 2018, se registró un total de 4526.7 hectáreas erosionadas a nivel municipal. En Ocoyoacac, los suelos erosionados constituyen 780.1 hectáreas, mientras que en los últimos años San Mateo Atenco no registra suelo erosionado según sus instrumentos de planeación vigentes.



**Figura 3**

*Riesgos por erosión e incendios en la micro- región Lerma*



**Fuente:** Elaboración propia con base en el conjunto de datos de erosión de suelos 2014. INEGI.

### Áreas Naturales Protegidas (ANP)

La micro-región Lerma alberga dos Áreas Naturales Protegidas; la primera, "Ciénegas del Lerma" fue decretada el 27 de noviembre de 2002 por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y tiene carácter de área de protección de flora y fauna (APFF); cuenta con una superficie total de 3,023.95 hectáreas y abarca Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac, municipios del Estado de México.

El Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, mejor conocido como "La Marquesa", en 1936 fue decretado como ANP por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, debido a las características topográficas de su territorio y a su naturaleza forestal. Está ubicada sobre una zona de Salazar de los Llanos, Estado de México, y tiene una superficie de 1,889.96 hectáreas; abarca parte de los municipios de Lerma, Cuajimalpa, Huixquilucan y Ocoyoacac.

Es importante que los municipios establezcan instrumentos de gestión de suelo para el control de la expansión del tejido urbano bajo la informalidad e irregularidad a fin de evitar la invasión de las ANP por asentamientos humanos, pues se observa un patrón de ocupación bajo dispersión muy acelerado y desordenado alrededor de las localidades rurales y vialidades principales.

### Porcentajes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

En el subsistema económico, en la micro-región Lerma predominan las actividades secundarias relacionadas con minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción, así como servicios. Su desarrollo implica una alta emisión de gases de efecto invernadero, causantes, en gran medida, del cambio climático y, por consiguiente, de modificaciones en los ecosistemas, pues provocan fenómenos como desertificación de zonas fértiles, impactos en agricultura y ganadería, inundaciones, deshielo, migración de especies, escasez de alimentos y propagación de enfermedades, entre otros.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2019), los gases de efecto invernadero más peligrosos producidos por las actividades humanas son: dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, emitido por lo general por el consumo de combustibles fósiles y por las actividades industriales; bióxido de carbono CO<sub>2</sub>; compuestos orgánicos volátiles COV; dióxido de azufre SO<sub>2</sub>; Amoniac NH<sub>3</sub>; óxidos de nitrógeno NOX y partículas contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, que



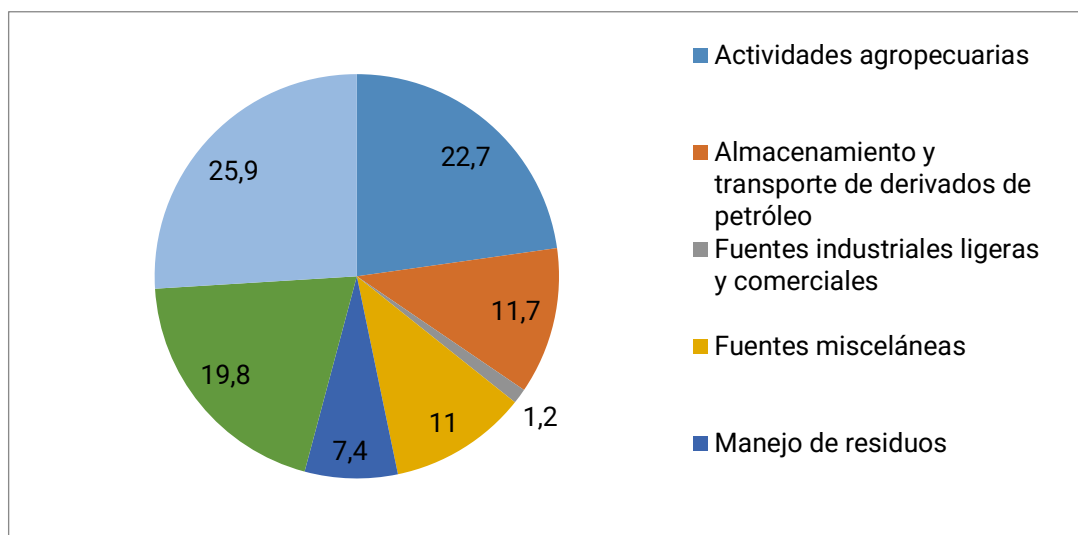
son sólidas o líquidas de polvo, hollín, cenizas, cemento, polen y metálicas, las cuales están formadas por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos y metales pesados. Todos estos gases son emitidos por cada municipio de la micro-región Lerma.

El Sistema de Inventarios de Emisiones a la Atmósfera (SINEA, 2019) determinó diversas categorías para elaborar su base de datos: actividades agropecuarias, almacenamiento y transporte de derivados de petróleo, fuentes industriales ligeras y comerciales, fuentes misceláneas, manejo de residuos, quema de combustibles en fuentes estacionarias y uso de solventes. Para efectos del presente trabajo, cada municipio de la micro-región Lerma se analiza bajo estas siete categorías.

De acuerdo con los datos plasmados en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2016), el municipio de Lerma ha llegado a generar 1,039.8 toneladas de partículas contaminantes a la atmósfera, distribuidas en las siete categorías (ver gráfica 1)

### Gráfica 1

Porcentaje de emisión de GEI por categoría en el municipio de Lerma



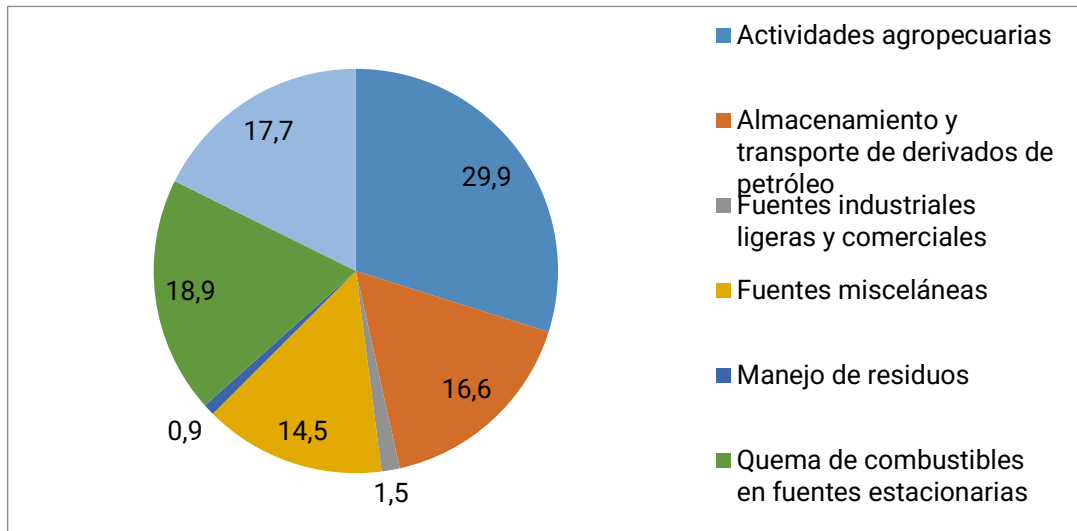
**Fuente:** elaboración propia con base en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2016).

Las categorías o las fuentes más contaminantes del municipio son las actividades agropecuarias (22.7%) y el uso de solventes (25.9%), pues en conjunto registran cerca de la mitad de las emisiones a nivel municipal (48.6%). Otra fuente importante de contaminación es la quema de combustibles en fuentes estacionarias, cuyo porcentaje de gases contaminantes es de 19.8%; le siguen las actividades relacionadas con el almacenamiento y el transporte de derivados de petróleo (11.7%) y fuentes misceláneas (11%); éstas se refieren a la contaminación generada por emisiones domésticas de amoníaco, esterilización de material hospitalario, caminos pavimentados y no pavimentados, incendios en construcción, incendios forestales y ladrilleras. A su vez, en 2016, 7.4% de contaminación por GEI a nivel municipal fue por actividades relacionadas con la mala gestión y manejo de residuos, y 1.2% fue por fuentes industriales ligeras y comerciales.

Respecto a Ocoyoacac, los datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero indican que en 2016 se generaron 1,963.387 toneladas de GEI a la atmósfera (ver gráfica 2).

**Gráfica 2**

Porcentaje de emisión de GEI por categoría en el municipio de Ocoyoacac

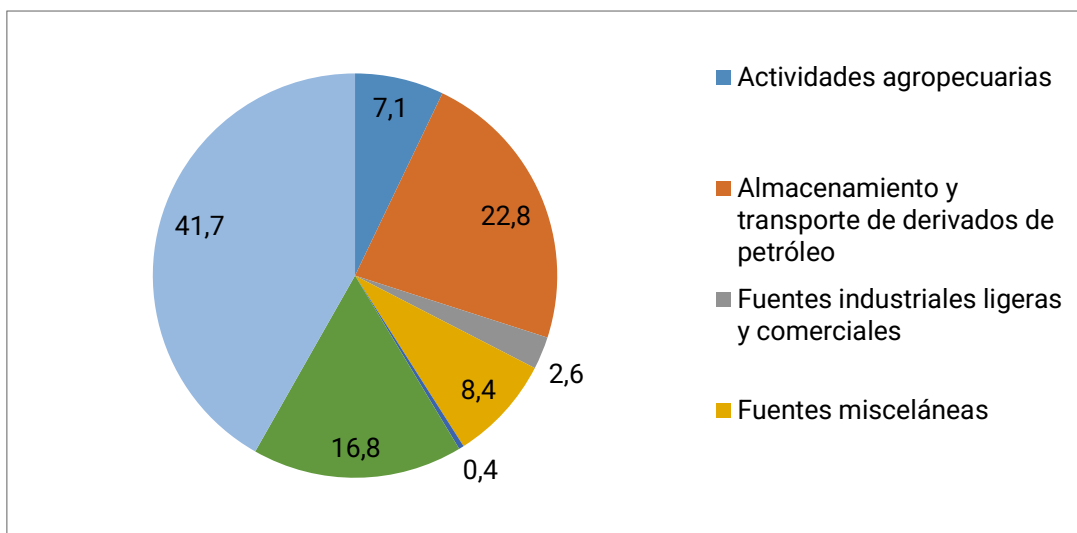


**Fuente:** Elaboración propia con base en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2016).

La gráfica 2 indica una situación muy similar a la de Lerma, pues tanto las actividades agropecuarias (29.9%) como el uso de solventes (17.7%) son las más representativas en términos de contaminación del aire; en conjunto, en 2016, abarcan casi la mitad de la contaminación del aire (47.6%), seguidas de las que emanan una cantidad significativa de GEI a la atmósfera: quema de combustibles en fuentes estacionarias (18.9%), almacenamiento y transporte de derivados del petróleo (16.6%), fuentes misceláneas (14.5%), fuentes industriales ligeras y comerciales (1.5%) y manejo de residuos (0.9%). San Mateo Atenco registró en 2016 una emisión de gases de efecto invernadero de 1,354.8 toneladas emitidas por diversas fuentes (ver gráfica 3).

**Gráfica 3**

Porcentaje de emisión de GEI por categoría en el municipio de San Mateo Atenco



**Fuente:** elaboración propia con base en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2016).

Jerma y Ocoyoacac tienen un mayor porcentaje de emisiones por almacenamiento y transporte de derivados de petróleo (22.8%); en cuanto al uso de solventes, mantienen un consumo constante, sin embargo, San Mateo Atenco emite el 41.7%, además, presenta, en menores porcentajes, las emisiones de quema de combustibles en fuentes estacionarias (16.8%), fuentes misceláneas (8.4%), actividades agropecuarias (7.1%), porcentaje reducido comparado con el de Jerma y Ocoyoacac; finalmente, las fuentes industriales ligeras y comerciales representan el 2.6% y 0.4% que corresponde a emisiones por una inadecuada gestión y manejo de residuos.

Las emisiones de GEI que coinciden con porcentajes altos en la micro-región Jerma son las fuentes por uso de solventes, actividades agropecuarias, almacenamiento y transporte de derivados de petróleo, actividades agropecuarias, y quema de combustibles por fuentes estacionarias; por ello, para atender este problema es menester estar atentos a políticas y desarrollo de instrumentos de gestión por parte de los gobiernos municipales, así como flexibilizar a las instituciones encargadas de la materia ambiental para fortalecer sus capacidades para mitigar los efectos negativos de las emisiones de GEI y tratar la situación a nivel metropolitano.

Considerando el ámbito territorial metropolitano, se consultó la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, la cual se compone de ocho estaciones fijas, una unidad móvil y un centro de control; opera las 24 horas y todo el año por lo que el flujo de información es constante y real, y mide seis contaminantes: Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Bióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), Partículas Suspendidas Menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>), Partículas Suspendidas Menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>). Dada la relación entre la contaminación atmosférica y las condiciones del clima, se miden parámetros meteorológicos, como: temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, radiación solar total y precipitación pluvial. Para que la población pueda saber, si los niveles de contaminación del aire son satisfactorios o no, se estableció una unidad de medida denominada Índice de Calidad del Aire.

**Figura 4**

*Índice de calidad del aire*

**Fuente:** elaboración propia con base en la Red de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT).



De acuerdo con esta escala, se pudo medir la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Toluca y sus municipios y, por ende, determinar la de la micro-región Lerma. Ante estos datos, en febrero de 2021, la calidad del aire se reporta como mala, lo cual implica que el nivel de riesgo asociado es alto. Por lo tanto, se recomienda a la población evitar actividades físicas al aire libre. En este rubro, los gobiernos municipales, en coordinación con la sociedad, tienen la responsabilidad de crear mecanismos para disminuir los gases contaminantes a la atmósfera, así como políticas encaminadas a la mejora de la gestión y el manejo de los residuos sólidos. Por parte de las empresas, se espera mayor apego al marco regulatorio ambiental para el manejo y disposición final de sus desechos y contaminantes.

### **Densidad media urbana**

Es un indicador utilizado para referirse al número de personas que habita un área urbanizada determinada o a la población por unidad de superficie (hectáreas). En los municipios de la micro-región, se observa una densidad media urbana muy similar, con un rango entre los 40 y 60 habitantes por hectárea; Ocoyoacac presenta mayor densidad media urbana con casi 60 habitantes por hectárea. Por lo general, este índice ofrece un panorama sobre la dispersión de las ciudades y la posibilidad de ser sustentables; sin embargo, dados los patrones de ocupación del suelo en la Zona Metropolitana de Toluca, aún se debe trabajar mucho en diversos instrumentos para el control de la ocupación irregular e informal en el territorio.

### **Porcentaje de superficie forestal**

Los Planes de Desarrollo Municipal 2019-202 de cada municipio de la micro-región Lerma indican que Ocoyoacac presenta una mayor superficie forestal con 6,245 hectáreas, lo cual representa el 45% de la superficie total municipal mientras que Lerma cuenta con 8,720 hectáreas de área forestal, correspondiente al 37.7% de su superficie total.

Por otro lado, San Mateo Atenco no cuenta con zonas forestales en su extensión territorial. Sin embargo, su instrumento establece implementar programas de reforestación municipal, lo cual contempla plantar árboles en la rivera del río Lerma para posteriormente llevarlo a cabo en distintos barrios, colonias y fraccionamientos del municipio.

### **Generación de residuos sólidos**

La gestión de residuos sólidos es un tema de gran relevancia para la salud y el bienestar de la población en cada territorio; por ello, este indicador muestra el panorama sobre la producción de basura generada al día en cada municipio de la micro-región Lerma, así como la cantidad de basura diaria generada por habitante.

De acuerdo con los datos establecidos en los Planes de Desarrollo Municipales (2019-2021), Lerma y Ocoyoacac generan cerca de 0.3 kg y 0.7 kg de residuos al día por habitante, respectivamente. San Mateo Atenco presenta un escenario poco favorable, pues la cantidad de basura promedio por habitante es de 1 kg, que se traduce e impacta frecuentemente en las inundaciones, pues la basura obstruye los ductos de desagüe o coladeras; además, la conurbación física con Lerma y el río genera inconvenientes cada vez mayores en épocas de lluvia. Este problema ambiental se traduce también en el ámbito de la salud de la población.

### **Porcentaje de viviendas particulares habitadas según material de piso**

De acuerdo con CONAVI (2020), en términos de medición de pobreza, se considera en situación de carencia por calidad y espacios a las personas que residen en una vivienda con, al menos, una de las siguientes características:

- El material de los pisos es de tierra.
- El material del techo es de lámina de cartón o desechos.

- El material de los muros es de barro o bajareque; de carrizo, bambú o palma; de lámina, de cartón metálico o asbesto; o material de desecho.
- Cuando la razón de personas por cuarto es mayor a 2.5 (hacinamiento).

En este sentido, los municipios de la micro-región Lerma se encuentran en un rango de porcentaje que va del 2% al 29%; si bien es cierto que el porcentaje de carencia no es alto, el resultado indica que los municipios y sus gobiernos locales, en coordinación con otros actores, deben trabajar para mejorar las políticas de vivienda y los incentivos para su adquisición y regularización en zonas intraurbanas y bajo condiciones que aseguren suelo servido y asequible.

En la micro-región Lerma aún existen viviendas particulares habitadas con piso de tierra, así como de otros materiales. San Mateo Atenco presenta un mayor porcentaje con piso de tierra (5.1%), seguido de Lerma (2.6%) y Ocoyoacac (1.5%); esta situación vuelve vulnerables a las personas a contraer enfermedades, ya que estos pisos albergan una mayor cantidad de parásitos y bacterias. Los datos también demuestran que entre el 74% y el 89% de viviendas particulares habitadas tienen piso de cemento o firme, y del 5% al 22% cuentan con pisos de mosaico, madera u otros recubrimientos.

Las condiciones de los materiales con que está hecha la vivienda también se relacionan con el nivel de ingreso de la población, la accesibilidad a los servicios y la posibilidad de contar con un trabajo estable; de lo contrario, el ciudadano se ve obligado a establecerse de manera informal e irregular sin la posibilidad de acceder a los servicios y bienes básicos para la subsistencia.

#### **Porcentaje de viviendas particulares habitadas según combustible para cocinar**

En la micro-región Lerma existen sectores de la población que aún utilizan diversas formas de combustible para cocinar, como leña o carbón, electricidad o gas. Respecto a la quema de leña o carbón para cocinar, los porcentajes son muy altos: Lerma, 3.7%; Ocoyoacac, 5.4%; y San Mateo Atenco, 2.4%. Asimismo, se debe disminuir la mala práctica del recurso maderable causada por la tala inmoderada o clandestina, ya que ambos factores inciden directamente de manera negativa en los ecosistemas y la biodiversidad de la región.

#### **Porcentaje de forma de eliminación de residuos en viviendas particulares habitadas**

En la micro-región se continúan observando malas prácticas derivadas de la insuficiente gestión de residuos sólidos por parte de las autoridades municipales; algunos habitantes todavía queman su basura o la entierran.

La mayoría de la población de la micro-región entrega su basura al servicio público de recolección (del 88% al 92%); sin embargo, el porcentaje restante se distribuye entre un basurero público o colocarla en contenedores. Sin embargo, el porcentaje de habitantes que aún quema su basura es elevado: Lerma, 7.1%; Ocoyoacac, 4.2%; y San Mateo Atenco, 4.2%, lo cual impacta en su mala calidad de vida, y las coloca en situación de riesgo ante inundaciones y enfermedades respiratorias.

#### **Porcentaje de disponibilidad de equipamiento en viviendas particulares habitadas**

Tanto el acceso al equipamiento como a las tecnologías de la información y a la comunicación son aspectos que están directamente relacionados con territorios inteligentes, ya que permiten obtener herramientas para sustituir procesos ante la producción y mantener un estilo de vida cambiante y más eficiente y práctico; en ese sentido, se presentan los datos de las viviendas particulares habitadas con disponibilidad de equipamiento.



**Tabla 5**

*Porcentaje de viviendas particulares habitadas según disponibilidad de equipamiento en la micro-región Lerma*

Municipio	Tipo de equipamiento	Viviendas particulares habitadas	Dispon en	No disponen	N/E
Lerma	Tinaco	34,358	71.06	28.30	0.64
	Cisterna o aljibe		22.06	77.17	0.78
	Bomba de agua		24.02	75.17	0.81
	Regadera		60.22	39.02	0.75
	Boiler o calentador de agua		57.55	41.64	0.81
	Calentador solar de agua		4.04	95.03	0.92
	Aire acondicionado		1.17	97.94	0.89
	Panel solar		0.91	98.20	0.89
Ocoyoacac	Tinaco	14,842	77.99	21.66	0.35
	Cisterna o aljibe		30.97	68.52	0.51
	Bomba de agua		36.01	63.60	0.40
	Regadera		64.18	35.41	0.40
	Boiler o calentador de agua		61.04	38.44	0.52
	Calentador solar de agua		3.18	96.27	0.55
	Aire acondicionado		0.66	98.79	0.55
	Panel solar		0.27	99.20	0.53
San Mateo Atenco	Tinaco	17,750	70.75	28.95	0.30
	Cisterna o aljibe		40.00	59.40	0.60
	Bomba de agua		60.46	39.16	0.38
	Regadera		62.35	37.26	0.38
	Boiler o calentador de agua		59.63	39.65	0.72
	Calentador solar de agua		2.75	96.45	0.79
	Aire acondicionado		0.46	98.65	0.89
	Panel solar		0.35	98.74	0.91

**Fuente:** elaboración propia con base en encuesta intercensal INEGI (2015).

De acuerdo con el cuadro 5, los porcentajes de vivienda con disponibilidad de equipamiento de calentador solar de agua y paneles solares en los municipios de la micro-región Lerma es bajo y su rango oscila entre 1% y 4%; aunque no es un porcentaje significativo, es un paso para tratar de optar por medidas y alternativas de consumo más eficientes, de menor costo y con menor impacto hacia los ecosistemas.

### **RESULTADOS**

Respecto a temas ambientales, se observan algunos problemas en la micro-región Lerma:

Explotación irracional de los recursos forestales; sobre todo, tala clandestina y tráfico ilegal de madera.

Sobreexplotación en los mantos freáticos, así como niveles muy elevados de contaminación en la cuenca del Alto Lerma.

Generación de residuos sólidos urbanos elevada y no se cuenta con sitios adecuados para su disposición final.

Crecimiento de las zonas urbanas sin considerar el ordenamiento ecológico; es necesario promover este instrumento de planeación para evitar la invasión de las zonas no urbanizables, reservas ecológicas o Áreas Naturales Protegidas.

Urbanización acelerada y patrones de ocupación descontrolados, lo cual da paso a irregularidad e informalidad de los asentamientos humanos. Los gobiernos deberán trabajar para regularizar la tierra y elaborar instrumentos de planeación orientados a la gestión de suelo a fin de evitar invasiones de asentamientos en las áreas de protección y reserva, así como proteger el ambiente.

Contaminación de los cuerpos de agua e inundaciones; situación relacionada con gestión inadecuada de residuos sólidos y con los patrones de ocupación del suelo, pues las localidades con mayor cantidad de asentamientos irregulares son más susceptibles a sufrir alguna eventualidad, como deslaves o algún accidente dentro de la vivienda por sus condiciones y materiales de construcción.

### **CONCLUSIONES**

El enfoque de territorios inteligentes y sustentables presupone su origen a partir de la confluencia de distintas disciplinas, como ciencias sociales, económicas y humanas, pues conjuntamente se enfocan en el análisis de los espacios urbanos en torno a economía, procesos de innovación y tecnología. Por otro lado, se encuentran los planteamientos del desarrollo sustentable enfocados en el aprovechamiento racional y equitativo de los recursos naturales que en años recientes se están incorporando a los estudios de los espacios urbanos y rurales e, incluso, micro-regionales.

La concentración poblacional, el incremento del parque vehicular, los procesos industriales, el desarrollo de las actividades del sector servicios, los sistemas de transporte y otras manifestaciones de la vida urbana han contribuido a una degradación de la naturaleza y la calidad de vida de la población. La idea de un medio ambiente en peligro forma parte de la conciencia colectiva y se refleja tanto en la ciudadanía como en los encargados de la toma de decisiones.

Actualmente, el territorio se considera desde una perspectiva ecosistémica, donde se analiza a las ciudades como un complejo de sistemas que interactúan entre sí y que son interdependientes; es decir, permite comprender la interacción entre los subsistemas ambientales y los subsistemas social y económico en relación con el del marco normativo actual en materia ambiental sobre asentamientos humanos.

El enfoque ecosistémico se adoptó en la Cumbre de Río y en la posterior elaboración de la Agenda 21, que prevalece en las aproximaciones de la Unión Europea al problema urbano en el diseño de ciudades sustentables. Estos documentos son las bases para el planteamiento de los

Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) 2030. Dicho enfoque define a los territorios sustentables y al paradigma emergente como territorios inteligentes y añade una nueva dimensión de análisis a los territorios contemporáneos –anexándole otros elementos relacionados con el desarrollo tecnológico–, la cual va desde el desarrollo y la planeación urbana, pasando por la economía basada en el conocimiento hasta las tecnologías móviles.

Por tanto, el tema de investigación es pertinente, ya que suma los conceptos de territorio inteligente y territorio inteligente sustentable, y los aplica en el caso de la micro-región Lerma de la Zona Metropolitana de Toluca; sin embargo, posteriormente, podrían considerarse en otros contextos territoriales-ambientales diferentes al estudio presentado.

## REFERENCIAS

- Arnold, Marcelo y Francisco Osorio (1998). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas Cinta moebio 3: 40-49 [www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.htm](http://www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.htm)
- Calderero, Gutiérrez Alberto; Pérez, J.; Ugalde, I. (2006) Territorio inteligente y espacio de economía creativa: una primera aproximación conceptual y práctica de investigación. XVI Congreso de Estudios Vascos: Garapen Iraunkorra-IT. etorkizuna = Desarrollo Sostenible-IT. el futuro = Développement Durable-IT. le future (16. 2006. Donostia). – Donostia: Eusko Ikaskuntza, 2006. – P. 613-618. – ISBN-10: 84-8419-022-6; ISBN-13: 978-84-8419-022-6.
- Cameron, Roslyn. (2009). The use of mixed methods in VET research. [El uso de métodos mixtos en la investigación en educación vocacional]. Recuperado de <http://www.avetra.org.au/papers-2009/papers/12.00.pdf>
- Casas, Pérez María de la Luz (2014). Ciudades inteligentes y Ambientales de Comunicación Digital en Global en Media Journal, México, Volumen 11, número 22, pp. 1-19.
- CONAPO, SEDATU, INEGI. (2015). Delimitación de las zonas metropolitanas de México.
- CONAPO, SEDESOL, INEGI. (2010). Delimitación de las zonas metropolitanas de México.
- Delgado Díaz, Carlos, (2004). "The political significance of small things". Emergence: Complexity and Organization 6 (Special Double Issue. Nos. 1- 2):49-54.
- Domínguez-Ríos, V.A y López-Santillán M.A. (2017). Teoría General de Sistemas: un enfoque práctico, en revista Economía y Administración, vol. 10. Núm. 3. Tecnociencia Chihuahua, p.p. 125-132.
- Esteban Galarza, María Soledad / Ugalde Sánchez, Miren Igone / Rodríguez Álvarez, Araxta Altuzurraga (2008): Territorios Inteligentes: dimensiones y experiencia internacionales. Editorial Netbiblo, España.
- Fernández, Luisenia; Rincón, Derlisiret (2014). Ciudades inteligentes como espacios de integración para individuos con capacidades diversas en Negotium. Vol. 10, núm. 28., mayo-agosto 2014. Pp. 71-83. Fundación Miguel Unamuno y Jugo. Maracaibo, Venezuela.
- Foxley, Alejandro y Rojas Álvaro. Editores (2017). Territorios inteligentes: Dimensiones, experiencias y consideración regional, Santiago de Chile en: Disponible en Libro: Innovación para el Desarrollo de Territorios Inteligentes.
- Gobierno del Estado de México. Red de Monitoreo Atmosférico 2020 de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, (ZMVT).
- H. Ayuntamientos de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco, Estado de México. Planes de Desarrollo Municipal (2019-2021).
- INEGI 2015. Encuesta intercensal INEGI. 2015.
- Portal de Geo información 2020. CONABIO.