

# Vulnerabilidad ambiental de la zona metropolitana de Toluca por periurbanización

## *Environmental vulnerability of the Toluca metropolitan area due to peri-urbanization*

Eduardo Campos-Medina\*  
Salvador Adame-Martínez\*  
Guadalupe del Carmen Hoyos-Castillo\*

Recibido: noviembre 03 de 2021.

Aceptado: junio 30 de 2022.

### Resumen

El trabajo presentado tuvo como principal propósito determinar el grado de vulnerabilidad ambiental que presenta la zona periurbana en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT). La metodología a seguir fue la caracterización de la zona de investigación, un estudio cartográfico, una recopilación de información tanto bibliográfica como recorrido en campo de las actividades antrópicas de la zona. Posteriormente se realizó un análisis de los insumos requeridos para dichas actividades, así como los residuos generados en cuanto a sustancias químicas. El siguiente paso fue predecir cómo se llevó a cabo la transferencia de estos desechos al ambiente, para posteriormente corroborar visualmente estos escenarios de afectación en los sectores examinados. Los resultados mostraron que la ZMT, exhibe transformaciones dinámicas socioeconómicas importantes en el área de influencia metropolitana, que propician competencia en la ocupación del territorio entre la demanda de suelo urbano y la demanda de suelo de actividades agropecuarias. Esto trae como consecuencias que estos cambios de uso de suelo propicien la proliferación de actividades como son el comercio, industria, almacenaje, hotelería producción y fabricación industrial. Con esto la transferencia de residuos generaron de entrada impactos negativos en el ambiente, los cuales se incrementarán y acrecentarán de manera gradual y constante.

**Palabras clave:** vulnerabilidad ambiental, periurbanización, Zona Metropolitana de Toluca.

### Abstract

The principal purpose of the work presented was to determine the degree of environmental vulnerability of the peri-urban zone in the Metropolitan Zone of Toluca (ZMT). The methodology followed was the characterization of the research area, a cartographic study, a compilation of bibliographic information as well as a field survey of the anthropic activities in the area. Subsequently, an analysis was made of the inputs required for these activities, as well as the waste generated in terms of chemical substances. The next step was to predict how the transfer of these wastes to the environment was carried out, and then to visually corroborate these scenarios of affectation in the sectors examined. The results showed that the ZMT exhibits important socio-economic dynamic transformations in the metropolitan area of influence, which lead to competition in the occupation of the territory between the demand for urban land and the demand for land for agricultural activities. As a consequence, these changes in land use have led to the proliferation of activities such as commerce, industry, storage, hotels, industrial production and manufacturing. With this, the transfer of waste generated negative impacts on the environment, which will gradually and steadily increase.

**Keywords:** environmental vulnerability, peri-urbanization, Toluca Metropolitan Area.

\* Universidad Autónoma del Estado de México, México. Correos electrónicos: [ecamposm@uaemex.mx](mailto:ecamposm@uaemex.mx), [sadamem@uaemex.mx](mailto:sadamem@uaemex.mx), [gdhoyosc@uaemex.mx](mailto:gdhoyosc@uaemex.mx)

## Introducción

En México, la expansión urbana de las ciudades mexicanas (mayores de 100 mil habitantes), de los años 1980 a 2010, muestra una disociación entre población y superficie urbana. De manera general, la población en las zonas urbanas se ha duplicado en los treinta años, mientras que la extensión del área urbana ha crecido en promedio 7 veces (SEDESOL, 2011).

La franja metropolitana de la Zona Metropolitana de Toluca empieza a crecer en la década de los 60, con lo cual propicia cambios demográficos y económicos. En los cuales el proceso de urbanización se emplaza progresivamente en el territorio, con una tendencia de desorden y sin ningún cuidado ambiental. Esto provocó cambios en las características rurales a otros de corte rigurosamente urbano, generándose una presión sobre los recursos naturales, transformaciones sociales, culturales y productivas endógenas.

Los municipios que integran esta Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) presentan como se mencionó anteriormente características de la interfase rural-urbano o periurbano de espacios difusos, usos mixtos de uso de suelo (agrícola, ganadero, habitacional, etc.), vías de comunicación y dinámica demográfica, entre otras. Esto es resultado del proceso de urbanización por la cercanía a la ciudad central que es Toluca.

Para Zoido *et al.* (2013:266) esta forma de crecimiento de los municipios periféricos de la ZMT le denomina periurbanización y lo define como “El fenómeno de crecimiento demográfico, edificación y de la actividad económica que se produce alrededor de las ciudades convencionales”. Mientras que para Rio *et al.* (2010:51). “Es una nueva designación del espacio urbanizado referido a la extensión discontinua de la urbanización, el crecimiento urbano en forma de expansión dispersa, en nebulosa”. López (2010) añade que:

Este proceso produce una corona urbana en densidad decreciente y reconocible, además de por su distancia relativa al centro, por su morfología o por los niveles de precios del suelo. Un espacio a la vez diferenciado en el entorno metropolitano de la siguiente forma: como suburbio (primera corona, de dominante urbana), periurbano (segunda corona, de contacto entre lo urbano y lo rural), rurbano (tercera corona, de dominante rural aunque en declive), con procesos diferenciados de suburbanización, de formación de un continuo rural-urbano, de rurbanización y de contraurbanización, y en cada supuesto con los costos derivados del crecimiento urbano, en sucesivas capas o coronas de espacios periurbanos resultantes (López 2010:241).

Este cambio de uso de suelo, provocado por las actividades antropogénicas, tiene una serie de impactos generalmente negativos en procesos naturales como es la recarga de mantos acuíferos, en el incremento de los volúmenes de los escurrimientos superficiales, en la pérdida de suelo por erosión ya sea hídrica o eólica, entre otros impactos, de ahí la importancia de conocer la dinámica de dicho cambio y sus posibles orígenes (Trucíos-Caciano, *et al.*, 2011).

En este caso el factor demográfico es el principal factor responsable del cambio de uso del suelo en México (Pineda *et al.*, 2009), ya que contribuye al aumento de la superficie cultivada o destinada a las actividades ganaderas. Sin duda, la población es decisiva en la magnitud del territorio que es utilizado en estas actividades.

Con base en los fenómenos adversos en el ambiente que genera este modelo de expansión urbana de las ciudades mexicanas, se puede establecer que es ineficiente e insustentable. Ello coloca a grandes sectores de la población en situación de riesgo frente al cambio climático. Aunado a esto Molina (2020) menciona que:

Un modelo de este tipo resulta sumamente ineficiente, profundiza la desigualdad social, desaprovecha el suelo (recurso natural limitado), genera niveles elevados de contaminación y pone en riesgo a la población al promover la ocupación de territorios vulnerables a fenómenos meteorológicos extremos incrementando el riesgo urbano ante los efectos del cambio climático. Asimismo, en términos económicos resulta improductivo, debido a que genera constantes aumentos en tiempos, distancias y costos de los traslados, lo que a su vez afecta la calidad del aire de las ciudades (Molina 2020:12).

De manera puntual en la Zona Metropolitana de Toluca se han generado varios fenómenos sociales que han tenido influencia en la metropolización de la misma, Montoya (1995), señaló estos acontecimientos como importantes y fueron:

- La unión plena entre las ciudades de Toluca y Metepec.
- La integración virtual del rubro físico y económico, entre los centros urbanos de Toluca y Zinacantepec.
- El crecimiento progresivo del centro urbano de Zinacantepec hacia el poniente tocando los correspondientes poblados.
- El crecimiento de las franjas industriales de la Ciudad de Toluca y el pueblo de Lerma.
- El proceso de desarrollo-integración en toda la extensión del Paseo Tollocan, de San Mateo Atenco y las áreas industriales.
- El en proceso de consolidación de la adhesión, entre las áreas del sur de San Mateo Atenco y el oriente de la Ciudad de Metepec.
- La fortificación del aumento rectilíneo entre los centros urbanos de Lerma, Ocoyoacac, y los municipios fragmentados de Los Encinos, en la vía México-Toluca.
- El desarrollo directamente proporcional sobre la vía a Naucalpan, que comprende los municipios de Toluca, Lerma y Xonacatlán.
- El crecimiento del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Toluca, que generó el desarrollo urbano en sus zonas aledañas, uniando las áreas de los municipios de Zona Metropolitana de Toluca.
- La alineación en los rubros económico y utilitario entre las Zonas Metropolitanas de la Ciudad de México y de Toluca.

Estos cambios de Metropolización implican evaluaciones de cambio de uso de suelo y evaluaciones del impacto de estas transformaciones territoriales, pero desgraciadamente en México los inventarios que se han realizado desde hace casi 40 años presentan problemas. Lo anterior debido a las metodologías y técnicas empleadas para su elaboración, por lo que las diferentes versiones no son del todo comparables (p. ej., mapas impresos, fotografías aéreas e imágenes satelitales, entre otros), herramientas tecnológicas (p. ej., cartas digitales y sistemas de información geográfica) y/o clasificaciones de los usos del suelo. Esto lo corrobora SEMARNAT (2016) señalando:

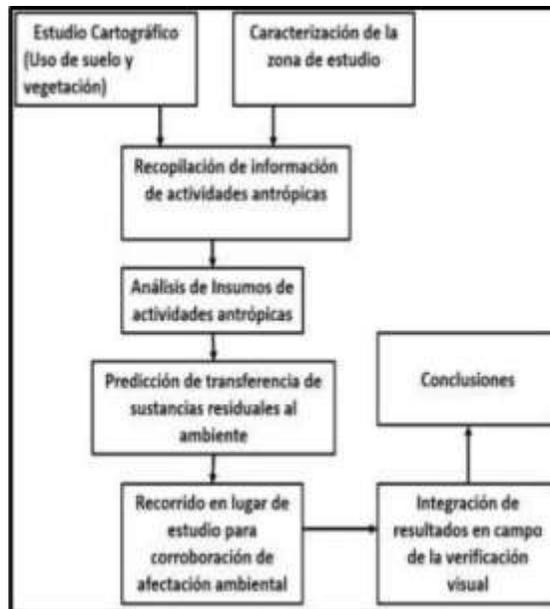
No obstante, aunque las estimaciones cuantitativas no son tan precisas y deben usarse con cautela, la información disponible sí permite identificar tendencias (SEMARNAT, 2016).

Integrando los acontecimientos sociales y los cambios de uso de suelo que se señalaron en la Zona Metropolitana de Toluca, es sencillo establecer que todas estas acciones y relaciones antrópicas han generado un movimiento población y por tanto una afectación ambiental tanto en las áreas donde se realizan las actividades económicas como en las habitacionales. Es por ello que en este trabajo de investigación se planteó analizar las actividades económicas-sociales que se llevan a cabo y como todas sustancias empleadas como insumos son vertidos al ambiente. Y finalmente como su presencia como residuos afectan de manera activa a las tres grandes áreas temáticas de aire, suelo y agua.

### Metodología

El desarrollo de la investigación se muestra en el cuadro 1, en el cual se pueden observar las etapas consideradas para llegar a las conclusiones finales.

**Cuadro 1. Metodología de la investigación**



Fuente: elaboración propia.

Desglose de actividades:

- a) *Estudio Cartográfico (Uso del suelo y vegetación)*: la Zona Metropolitana de Toluca tiene diferentes definiciones institucionales, según la Secretaría de Desarrollo Urbana y Metropolitano, expresa en el plan regional, está formada por 22 municipios, y según la delimitación de zonas metropolitanas elaborada a nivel federal la integración es otra. En esta investigación se integra de 15 municipios: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec por la existencia de ortofotomapas.

Para estudiar la expansión urbana de la ZMT, en particular la periurbanización, se recopilaron los estudios sobre el crecimiento físico metropolitano y se complementaron con información censal secundaria para valorar el cambio de los indicadores de las variables socioeconómicas y territoriales.

A la par se recabo información cartográfica: ortofotomapas de imágenes digitales blanco y negro a la escala correspondiente 1:20 000 del año 1984, proporcionadas por el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IIIGCEM). Con esta información se proyectó un mapa de desarrollo urbano y su correspondiente uso de suelo del año 2017. La cartografía manipulada fueron las cartas: a) geológicas, b) topográficas, c) edafológicas y d) usos de suelo y vegetación, a una escala conveniente de 1:50,000 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

- b) *Caracterización de la zona de estudio*: en este punto se revisaron los aspectos de aumento de población, actividades antrópicas que se realizan en la zona metropolitana. De igual manera se relacionó con el cambio del uso del suelo
- c) *Recopilación de información de actividades antrópicas*: la información de las actividades antrópicas que se realizan en la zona de estudio, se recopiló mediante los informes que emite el INEGI, relacionado con los municipios de Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Toluca y Zinacantepec. Posteriormente estas actividades se corroboraron mediante recorridos en campo, identificando las actividades más representativas de cada municipio. Con estos resultados y la integración de la interpretación de la cartografía generada del punto número uno se establece el grado de periurbanización que está sufriendo la zona metropolitana de Toluca.
- d) *Análisis de insumos de actividades antrópicas*: con la confirmación de actividades que se llevan a cabo en cada uno de los municipios se procedió a la recopilación de insumos utilizados en las diferentes actividades antrópicas, tanto industriales como

domésticas. Esta indagación se llevó a cabo bibliográficamente en los que respecta a las actividades de producción industrial y se teorizó en lo que respecta a labores domésticas. Durante el recorrido se corroboró visualmente las deducciones realizadas.

- e) *Predicción de transferencias de sustancias residuales al ambiente:* unas corroborados los insumos utilizados y manipulados por las actividades antrópicas, se procedió a justificar los residuos generados en los procesos de producción industrial, labores domésticas, así como de todas las actividades que se establecieron durante los recorridos realizados en cada uno de los municipios señalados. De igual manera se modeló la forma que son vertidos y transferidos al ambiente en las áreas temáticas de agua, suelo y aire estos remanentes de todas las actividades humanas detectadas
- f) *Recorrido por el lugar de estudio para corroboración de afectación ambiental:* una vez realizados los modelos de transferencia de los residuos de las actividades antrópicas en las tres áreas temáticas señaladas, se llevó a cabo el recorrido de campo para detectar y corroborar la presencia de estos residuos en los diferentes municipios de la zona metropolitana de Toluca.
- g) *Integración de resultados en campo de la verificación visual:* realizadas las actividades de los puntos 6 y 7 se integran a manera de interrelación entre los residuos generados, área temática del ambiente a la cual son incorporados y la afectación en parámetros ambientales de estos espacios ambientales señalados.
- h) *Conclusiones:* al término de las actividades mencionadas en este desglose, se generaron las correspondientes conclusiones que establecieron la situación en cuanto a la afectación ambiental que tiene la zona metropolitana por este proceso de periurbanización.

## Resultados

### *Caracterización*

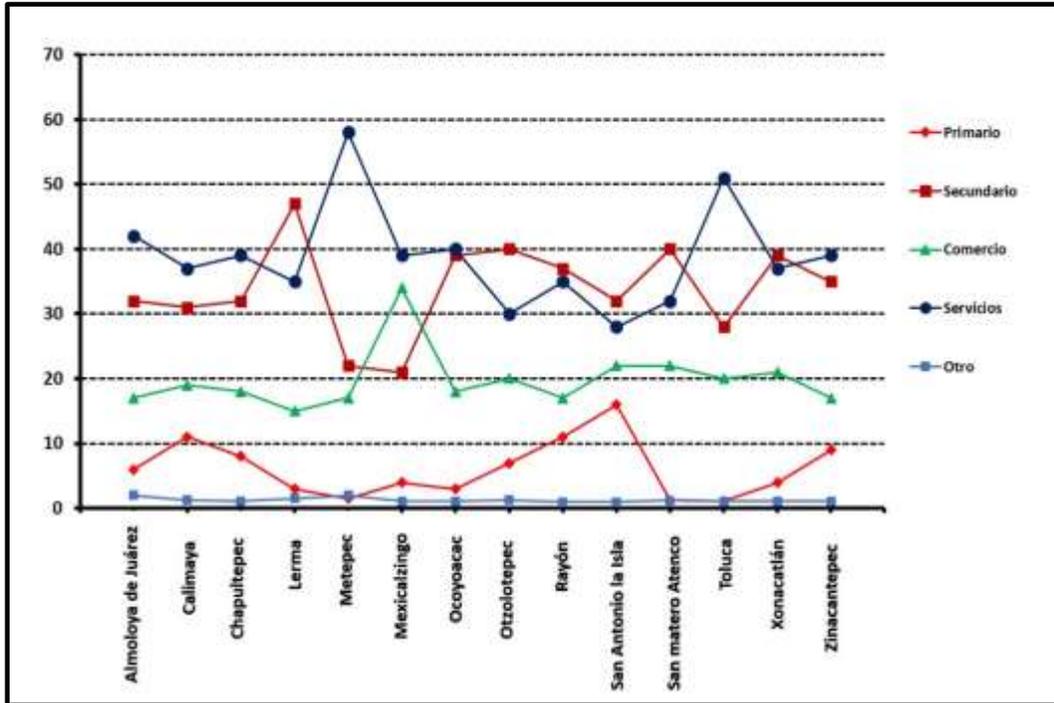
La ZMT tiene un área de 1989 km<sup>2</sup> y está conformada por catorce municipios: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Santa María Rayón, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec. En el contexto metropolitano Gaspar y Orozco (2015) citaron que:

Toluca funge como municipio central. Allí se localiza la ciudad principal: Toluca de Lerdo y, aunque el umbral mínimo de población para que una localidad sea considerada centro de la zona metropolitana se fija en 50 mil habitantes, para el año 2010, la ciudad tenía una población de 819,679 habitantes. Independientemente de su tamaño, Toluca ha rebasado su límite político-económico, es un nodo de fuerte concentración demográfica y articula el conjunto de municipios exteriores (p. 63).

En el análisis de actividades se pudo constatar que las actividades que más se realizan dentro de la zona metropolitana de Toluca, son las de servicios (cuadro 2) y las de

sector secundario. Las actividades que se ven desplazadas son las primarias y otros. La actividad secundaria es variada en cuanto al censo de población de la ZMT.

**Cuadro 2. Desglose de actividades de la ZMT**



Fuente: Gaspar y Orozco (2015).

*Uso de suelo*

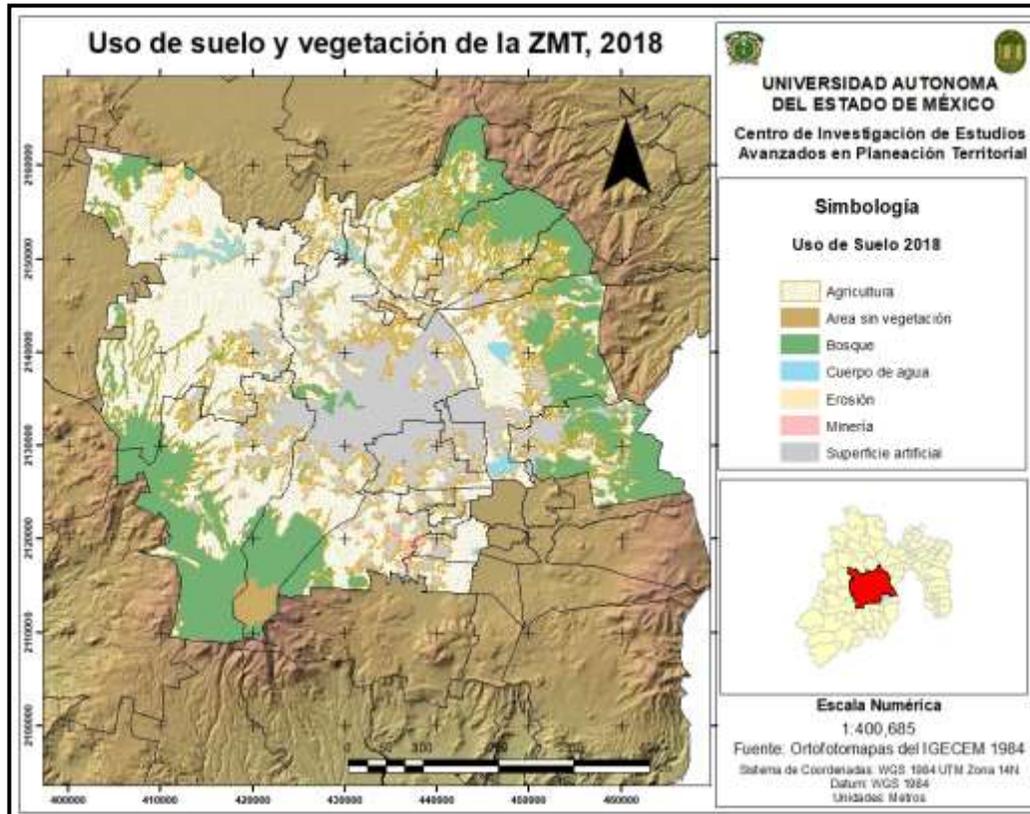
Los resultados generados del uso del suelo y cobertura vegetal se muestra una tendencia decreciente (ver cuadros 3 y 4) en los cuales, si se utiliza la extensión para los rubros de agricultura, área sin vegetación, bosque, cuerpos de agua, disminuyen en porcentajes de 24%, 11.8%, 7%, respectivamente. No así los bosques y minería que aumentaron en un 5% y 46 %. Esto indicó que las actividades que se están desarrollando en esa zona han tenido un efecto dinámico sobre estas variables, ya que se ha preferido la transformación de la zona para el crecimiento de operaciones como son el comercio, industria, almacenaje, hotelería y fabricación industrial. Y este escenario implica el uso del recurso del agua de ahí la disminución en este intervalo de tiempo mostrado.

**Cuadro 3. Uso de suelo y vegetación del oriente de la ZMT**

Uso y vegetación	ZMT		Diferencia	Porcentaje	
	2018	1984		Incremento	Pérdida
Agricultura	115496.67	150800.5	-35303.83		23.41
Área sin vegetación	1833.03	2077.8	-244.77		11.78
Bosque	52757.86	50075.3	2682.56	5.36	
Cuerpos de agua	2974.43	3199.21	-224.78	7.03	
Erosión	1296.85	2399.16	-1102.31		45.95
Minería	1264.41	864.96	399.45	46.18	
Superficie artificial	44541.83	10902.21	-33639.62	308.56	
<b>Total</b>	<b>220165.08</b>	<b>220319.14</b>			

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 4. Uso de suelo y vegetación de 2018, en la ZMT**



Fuente: elaboración propia

### Identificación de actividades antrópicas

En cuanto a la identificación tanto bibliográfica como recorrido por campo se pudieron constatar varias actividades económicas que se desarrollan en los municipios de ZMT. Los giros son diversos y estos se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Actividades Antrópicas en la ZMT**

Giro	No de empresas	Servicios/Almacenamiento/ Producción
Almacenamiento, Bodegas y Centro de Distribución	195	Almacenamiento de materias primas de diversos giros, industriales, alimentos, ferretería, accesorios deportivos, partes automotrices, ropas y telas. Productos de limpieza, Productos químicos como solventes, sustancias limpiadoras, lubricantes. Materia prima química y productos terminados de medicinas, material de curación. Productos cosméticos, pinturas, barnices, impermeabilizantes. Productos comerciales de consumo, dulces, refrescos, azúcar, sal. Materiales de construcción en general
Comercio y Compraventa	203	Los mismos rubros que el punto anterior
Elaboración de alimentos	23	Elaboración de bolsas de polietileno, de botanas, de productos lácteos, productos aromáticos. Maquila de alimentos, crema de coco. Separación de limpieza y lavado de grano. Preparación y maquila de alimentos de frituras, tanto producto como conservadores y condimentos. Elaboración de productos aromáticos, Elaboración de botanas, condimentos y conservadores. Elaboración y acondicionamiento de nutrimentos para la salud
Producción y Fabricación	213	Fabricación de autopartes, petroquímicos secundarios, pinturas, bebidas alcohólicas, químicos surfactantes, vidrio. Elaboración de polímeros químicos, filtros metálicos, hules sintéticos y derivados, principios activos de medicamentos y productos biológicos y de veterinarias. Manufactura de piezas metálicas de diversos tipos, accesorios para equipos electrónicos.
Elaboración de alimentos	23	Elaboración de bolsas de polietileno, de botanas, de productos lácteos, productos aromáticos. Maquila de alimentos, crema de coco. Separación de limpieza y lavado de grano. Preparación y maquila de alimentos de frituras, tanto producto como conservadores y condimentos. Elaboración de productos aromáticos, Elaboración de botanas, condimentos y conservadores. Elaboración y acondicionamiento de nutrimentos para la salud.
Textiles, pieles y Calzado	18	Corte, confección y teñido de diversas prendas de vestir. Preparación de Pieles y cortado.
Servicios	315	En este caso las actividades son diversas, entre las cuales se enlistan: Hotelería, Restaurantes, Baños Públicos, Bodegas, Bancos, Electromecánicos, Transporte federal y estatal, Gasolineras, Talleres mecánicos, Mercados, Mercantil a menudeo y mayoreo

Fuente: Cataloxy, 2022.

### *Insumos utilizados en las actividades antrópicas y transferencia al ambiente*

En lo que respecta a los insumos manipulados en las diversas actividades que se detectaron en la ZMT, estos pueden ser un universo por la diversidad de sustancias químicas empleadas en cada actividad. Para este punto se muestran los insumos de tres actividades que son las más representativas en la franja de periurbanización. En este caso las labores que se tocan son las a) domésticas en centros de vivienda, b) preparación de pieles, c) servicio de talleres mecánicos, d) Fabricación de autopartes y e) Hotelería.

En estas tres actividades se muestran las sustancias empleadas como insumos en sus diligencias y como se transfieren al ambiente, es decir en qué áreas temáticas del ambiente estas sustancias pueden incorporarse. Hay que considerar también que esta incorporación depende de las características químicas propias de las sustancias. Por ejemplo, si se utiliza gasolina como limpiar grasas, esta tiene la propiedad de ser un compuesto orgánico volátil que inmediatamente se incorporan a la atmósfera. Así como esta alusión pueden presentarse otras transferencias inmediatas de estos compuestos a la naturaleza. El desglose de estas materias primas se muestra en el cuadro 6.

### *Afectación Ambiental*

Una vez planteadas la forma en que los insumos manipulados en las actividades antrópicas se incorporan al ambiente en algunas de sus áreas temáticas, se realizó el recorrido por campo para corroborar el grado de vulnerabilidad ambiental. En este aspecto solamente se muestran las imágenes más representativas en cuanto a la incorporación de los compuestos químicos al suelo, el agua y el aire.

Estas imágenes que se muestran en los cuadros 7, 8 y 9 reflejan puntualmente la gran vulnerabilidad ambiental que tienen diversas zonas de la zona metropolitana de Toluca. Esto basado en su concepto que señala que hace referencia al grado de resistencia del ambiente ante fenómenos, que en este caso son los resultados de las actividades antrópicas por el cambio de uso de suelo que implica la periurbanización.

En el cuadro 7 muestra la afectación que tienen los cuerpos de agua, al ser vertidos sobre ellos una gran cantidad de sustancias residuales de origen orgánico e inorgánico (de manera puntual es el Río Lerma)

Cuadro 6. Actividades-sustancias utilizadas- incorporación al ambiente

Actividad	Sustancia	Incorporación al ambiente
Actividades domésticas en centros de vivienda	<ol style="list-style-type: none"> <li>Residuos orgánicos de comida.</li> <li>Pilas que se utilizaron.</li> <li>Aceites de cocina usados.</li> <li>Residuos de cambio de aceite.</li> <li>Residuos de solventes como alcohol, acetona, aguaras.</li> <li>Residuos de pegamentos.</li> <li>Metano (CH<sub>4</sub>)</li> </ol>	<p>Se incorporan como residuos sólidos urbanos al agua o suelo.</p> <p>Se incorporan al suelo y al agua como residuos sólidos urbanos.</p> <p>Vertidos al alcantarillado a cuerpos de agua.</p> <p>Vertidos al alcantarillado a cuerpos de agua.</p> <p>Por sus propiedades químicas pueden incorporarse al ambiente como compuestos orgánicos volátiles.</p> <p>Al suelo y agua como residuos sólidos urbanos.</p> <p>Se incorpora como gas a la atmósfera y en su combustión como CO<sub>2</sub>.</p>
Preparación de pieles. Esta actividad utiliza gran cantidad de sustancias químicas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Residuos de grasa y articulaciones de huesos.</li> <li>Cloruro Sódico (NaCl)</li> <li>Cloruro de zinc (ZnCl<sub>2</sub>)</li> <li>Cloruro de mercurio (HgCl<sub>2</sub>)</li> <li>Sosa cáustica (NaOH)</li> <li>Cal (CaO)</li> <li>Sulfato amónico (NH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub>)</li> <li>Sulfato de cromo (CrSO<sub>4</sub>)</li> <li>Ácidos inorgánicos (HCl)</li> <li>Mezclas de tintes</li> <li>Colorantes</li> <li>Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>Residuos Peligrosos (grasas, aceites, recipientes de reactivos, derrames, etc.)</li> <li>Detergentes</li> </ol>	<p>De acuerdo al proceso pueden incorporarse como compuestos orgánicos en forma gaseosa a la atmósfera.</p> <p>Todos estos compuestos al ser manipulados en el proceso de producción, como residuos son vertidos a las aguas residuales del mismo.</p> <p>Se incorpora al ambiente como compuesto gaseoso y con su combustión como CO<sub>2</sub> a la atmósfera.</p> <p>Estos residuos si no tienen un adecuado manejo por parte de la empresa se pueden incorporar en las tres áreas temáticas.</p> <p>Se incorpora al ambiente al agua residual.</p>
Servicios de Talleres Mecánicos	<ol style="list-style-type: none"> <li>Grasas y aceites</li> <li>Líquido refrigerante</li> <li>Detergentes y jabones</li> <li>Gasolina y solventes</li> </ol>	<p>En los tres primeros puntos se incorporan al ambiente en el agua residual, esto se lleva a cabo como residuo.</p> <p>Se incorpora como compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera.</p>
Fabricación de Autopartes	<ol style="list-style-type: none"> <li>Metales, sales inorgánicas de hierro, cadmio, plomo como insumos.</li> <li>Combustión de combustibles para el funcionamiento de hornos.</li> <li>Residuos peligrosos de las actividades de mantenimiento de la maquinaria.</li> </ol>	<p>Estos residuos propios del proceso pueden incorporarse al agua, la cual tendría disueltos metales del tipo pesados.</p> <p>La combustión de combustibles se deriva en la emisión de los gases de efecto invernadero como son CO y CO<sub>2</sub>.</p> <p>Los residuos peligrosos como son aceites, grasas, recipientes que contuvieron solventes y dichas grasas y aceites pueden ser desechados como basura, la cual de no tener manejo adecuado pueden incorporarse al suelo y agua.</p>
Servicio de Hotelería	<ol style="list-style-type: none"> <li>Detergentes, combustibles para el funcionamiento de calderas.</li> <li>Grasas y aceites para mantenimiento de elevadores.</li> <li>Combustión de combustibles diésel y gasolina para funcionamiento de vehículos del hotel.</li> </ol>	<p>Los detergentes son de uso común, los restos se incorporan al agua y que puede llegar a cuerpos acuíferos.</p> <p>Se generan residuos peligrosos de grasas y aceites generados del mantenimiento de elevadores y vehículos. De no tener control adecuado se pueden incorporar al suelo y agua.</p> <p>Se presentan emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub> y CO por parte de las combustiones de calderas y vehículos del hotel.</p>

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 7. Afectación a cuerpos de agua en la ZMT**

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 8 se muestra la afectación de la atmósfera por la emisión de sustancias gaseosas, ya sea de combustiones de combustibles o de compuestos orgánicos volátiles. Ambos tipos de sustancias debido a su estado de fase fácilmente se incorporan a la atmósfera.

**Cuadro 8. Afectación a la atmósfera en la ZMT**

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 9 se muestra la afectación al suelo, como se puede observar las sustancias normalmente se incorporan al suelo mediante la localización de tiraderos clandestinos que se depositan sobre suelo natural o por derrames residuales que normalmente las industrias clandestinas van a depositar sobre estas áreas.

**Cuadro 9. Afectación al suelo en la ZMT**



Fuente: elaboración propia.

### **Discusión de resultados**

Una vez que se muestran los resultados generados en esta investigación se procede generara la correspondiente discusión punto por punto:

- *Caracterización:* en este punto se pudo constatar que el cambio de uso de suelo está relacionado directamente con las actividades que se detectaron durante el recorrido realizado. Esto se puede corroborar al analizar el Cuadro No. 4 contra el número 3 concuerda que el cambio del uso de suelo es dramático en cuanto el crecimiento de suelo artificial y ha desplazado a las actividades comunes en años previos que fueron la ganadería y la agricultura. Esto demuestra que la periurbanización crece considerablemente y esto trae como consecuencia el aumento de infraestructura como son zonas habitacionales, comercios, áreas de servicios, industrias. Por consecuencia la sinergia que se tenía antes en estas zonas cambia totalmente ya que como se señaló la parte de edificación y levantamiento de vías terrestres predomina en estas zonas que sufren este cambio radical.

- *Identificación de actividades antrópicas:* en este caso el tipo de nuevas actividades humanas detectadas en la ZMT, es acorde a las propuestas de crecimiento que tiene cada municipio que rodean a la Ciudad Toluca, el caso de Chapultepec hay empresas que se dedican a la explotación de hongos y esto implica varias actividades que repercuten sobre el lugar donde esta ubica la empresa de este giro. Por ejemplo, las vías de comunicación aumentan y son remodeladas, con esto es obvio el aumento de servicios como gasolineras, talleres mecánicos y a su vez las tiendas de autoservicio, farmacias, hospitales particulares también se incrementan.  
Con el anterior razonamiento se establece, que hay un encadenamiento de serie de actividades antrópicas que se extienden debido a sola diligencia que implique ganancias económicas. Así dependiendo de las características individuales de cada municipio es donde se encontrarán los diferentes tipos de actividades.  
Como puede observarse en el Cuadro No.5 solo se enfatizan algunas de estas actividades, ya que el número de giros aumenta en proporción a la del crecimiento de la periurbanización y cambio de uso de suelo. Otro punto importante a considerar que también implica un análisis más detallado sería el contabilizar el número de centros de salud que atienden a la población. Esto se debe a que en estos lugares se manipulan insumos y se generan residuos de naturaleza biológicos infecciosos, y es importancia conocer que tratamiento y disposición se le da a este tipo de remanentes.
- *Insumos utilizados en las actividades antrópicas y transferencia al ambiente:* en este punto se señalan los tipos de sustancias o materias primas que utilizan los diferentes giros de actividades. Los insumos pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica. En las actividades señaladas en el Cuadro No. 6 se enfatizan de manera particular y como pueden ser transferidos a las tres áreas temáticas del ambiente, que son el agua, aire y suelo. En este caso las sustancias que son vertidas al agua, normalmente se realiza sin ningún cuidado y estos residuos de actividades son dirigidos a cuerpos de agua, que al aumentar su concentración propician alteración en los valores de los parámetros de la calidad. En el caso del aire las sustancias normalmente son gaseosas, como se señaló anteriormente estos compuestos (combustibles) tienen propiedades específicas que les permiten una fácil incorporación a la atmósfera. En el suelo siempre la incorporación de sustancias se debe a la presencia de tiraderos clandestinos, en donde se pueden encontrar gran diversidad de químicos y con la aparición de lluvia o escorrentía se facilita la infiltración de estos contaminantes. Las afectaciones se señalarán de manera puntual en el siguiente punto.
- *Afectación Ambiental:* las afectaciones ambientales que se pueden presentar y generar una vulnerabilidad ambiental se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Afectaciones Ambientales en la ZMT

Agua:	<p><i>Compuestos orgánicos</i>, estas sustancias tienen estructuras en base al átomo carbono. Algunos de los insumos son polímeros, compuestos aromáticos, principios activos de medicinas, colorantes, pigmentos, derrames de combustibles, bebidas alcohólicas, derivados de petróleo.</p> <p>Sus altas concentraciones generan una alteración en la calidad del agua, de manera específica en los parámetros fisicoquímicos de DBO<sub>5</sub>, DQO, color. Con esta carga de materia orgánica da pauta a la generación de la Eutrofización de los cuerpos de agua (Fernández, 2012).</p> <p><i>Compuestos inorgánicos</i>, estos compuestos se clasifican en ácidos, bases, sales, metales pesados, pigmentos con metales.</p> <p>Para hablar de sus efectos en el agua, tenemos que para los ácidos y bases estas sustancias afectan el pH del agua, otorgándoles valores totalmente diferentes al valor neutro de 7 (UNIVERSIDADE DA CORUÑA, 2018).</p> <p>En cuanto a los metales estos están ionizados, por lo que están disueltos en el agua, sus efectos están directamente relacionados con la toxicidad del elemento presente en la fase acuosa. Por ejemplo, los metales pesados como plomo (Pb), níquel (Ni), cadmio (Cd), cromo (Cr), manganeso (Mn), platino (Pt), etc. Son responsables de enfermedades cancerígenas (Rodríguez, 2017).</p> <p>De igual manera la contaminación del agua por detergentes también es importante, ya que las burbujas que se generan en el cuerpo acuífero impiden la oxigenación natural del mismo, además que favorecen el incremento de la concentración de fosfatos en el mismo (Luque, 2020).</p>
Suelo:	<p>La contaminación del suelo por compuestos orgánicos como solventes, derivados de petróleo, esto propicia que se generan enfermedades letales, ejemplo de esto es establece en experiencias de laboratorio han demostrado que ciertas dosis de orgánicos pueden causar cáncer, mutagénesis, neuropatías, e incluso muerte (Belmonte et al., 2010).</p>
Suelo:	<p>El otro problema que se genera de esta contaminación del suelo es la absorción de estos compuestos y metales pesados por parte de las plantas. Los vegetales son capaces de absorber compuestos orgánicos y metales pesados a través de sus partes aéreas, como tallos, brotes y hojas (Miranda, et al., 2008)</p> <p>Es de suponer que en el escenario que un tiradero clandestino con sustancias orgánicas y por escorrentía llegan a un sembradío de cualquier vegetal que consume el hombre, la intoxicación por este tipo de sustancias químicas está asegurado. De ahí la importancia de la contaminación del suelo.</p>
Aire:	<p>La contaminación atmosférica en los casos de actividades antrópicas señalados se vierte en tres tipos: a) La emisión por fuentes fijas, b) compuestos orgánicos volátiles (COV'S), c) gases de efecto invernadero (que pueden ser considerados en este caso en los dos tipos de fuentes).</p> <p>En el caso de las opciones "a" y "b" las emisiones se generan por la combustión de combustibles como son metano (CH<sub>4</sub>), gasolinas y diésel. Al llevarse a cabo la oxidación de estos compuestos orgánicos generan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que son gases de efecto invernadero. En las industrias, todos estos giros tienen calderas, hornos (fuentes fijas) y para su funcionamiento utilizan el metano. En el caso de los vehículos particulares de las mismas empresas también existe una oxidación y generan los mismos gases de efecto invernadero. El otro tipo de gases mencionados son los denominados COV'S, que son sustancias orgánicas que, en los últimos años, se ha centrado el interés en el estudio por su capacidad de actuar como sustancias precursoras en el proceso de formación de contaminantes fotoquímicos, dentro de los que se destaca el ozono troposférico.</p>

Fuente: elaboración propia.

Mediante el cuadro 10 se puede establecer que las afectaciones al ambiente por el crecimiento de la periurbanización pueden ser más seria de lo que las dependencias gubernamentales señalan. Es bien conocido que los permisos para el cambio del uso de suelo y más para las zonas habitacionales es favorecido por los gobiernos municipales. Toda esta transformación del ambiente y el cambio del uso de suelo propician una vulnerabilidad ambiental en estas zonas y desgraciadamente esto se corrobora mediante los recorridos por campo.

La afectación es palpable y esto se mostró en los cuadros 7, 8 y 9 donde los efectos adversos se pueden visualizar fácilmente. Tanto los cuerpos de agua, la calidad del aire y los suelos han sufrido efectos negativos que impactan en el equilibrio ecológico. Desgraciadamente esta aseveración solo puede ser aceptada por los gobiernos municipal y estatal con estudios ambientales profundos. Y aun así que se muestre el alto grado de afectación con estas investigaciones difícilmente se aceptada por alguna autoridad de los tres niveles.

La pregunta que se plantea es ¿Qué podremos hacer cuando la adversidad nos alcance y no tengamos un ambiente sano? Hay que recordar que todo lo que el hombre arroja a la naturaleza después de un cierto tiempo esta se lo devuelve, pero con un impacto amplificado. La respuesta quizá este en las nuevas generaciones que son más conscientes de problema que nosotros como especie generamos con nuestras actividades cotidianas.

## **Conclusiones**

Al término de la investigación las conclusiones que se establecieron fueron las siguientes:

- La ZMT se caracteriza por presentar transformaciones en las dinámicas socioeconómicas importante en el área de influencia metropolitana, que propician competencia en la ocupación del territorio entre la demanda de suelo urbano y la demanda de suelo de actividades agropecuarias, ello provoca presión a los recursos sociales y naturales por igual.
- Un factor que influye en este modelo de ocupación se debe a que no se respetan diversas leyes que existen como es la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano y, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.
- El proceso de periurbanización en la ZMT, es un modelo insustentable, es la dispersión de actividades antrópicas con sus impactos negativos, afectan de manera gradual y creciente al medio ambiente.

- La afectación al medio ambiente es de carácter destructivo a largo plazo, en la cual las evidencias negativas se van incrementando paulatinamente y se pueden visualizar a simple vista, esto es viendo las apariencias del agua, suelo natural y aire que están en la que fue la zona de estudio.
- Las afectaciones del agua, suelo y aire dependen de que actividades antrópicas se realicen en la zona, ya que, reconociendo las características, los insumos y procesos de producción de estas se establece el tipo de residuos (sustancias químicas) se generan.

## Referencias

- Belmonte, F., Romero, A., Alonso, F., Sarría, Moreno, J. "y" Rojo, S. Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España. *Papeles de Geografía*, 51-52, 45-54. Recuperado de: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/14659/1/05-Belmonte%2045-54.pdf>
- Catalogy (2022) Empresas de Toluca de Lerdo. <https://toluca.catalogy.mx/firms.htm>
- Fernández, A., (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Gaspar, N." y" Orozco, H. (2015). Configuración terciaria de la Zona Metropolitana de Toluca. *Bitácora*, 25 (1), 9-139. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/748/74841604007.pdf>
- López, L., (2010) *Diccionario de términos sobre la ciudad y lo urbano*. Editorial Biblioteca Nueva, Madrid, 421 páginas.
- Luque, J. F. (2020) Remoción de nitratos y fosfatos de agua residual mediante el uso de microalgas altiplánicas a nivel experimental. *ACTA NOVA*, 9(4), pp. 543 - 552. Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v9n4/v9n4\\_a05.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v9n4/v9n4_a05.pdf)
- Miranda, D., Carranza, C., Rojas, C. A., Jerez, C. M., Fischer, G. "y" Zurita, J. (2008) Acumulación de metales pesados en suelos y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2 (2), pp. 180-191. Recuperado de: [file:///C:/Users/EC/Downloads/gfischer,+7\\_Acumulaci%C3%B3n+de+metales.pdf](file:///C:/Users/EC/Downloads/gfischer,+7_Acumulaci%C3%B3n+de+metales.pdf) .
- Molina, M. (2014). Expansión urbana y cambio climático. *Ciencia*, 65(4), 12-26. Recuperado de: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/65\\_4/PDF/ExpansionUrbana.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/65_4/PDF/ExpansionUrbana.pdf)
- Montoya, J. (1995). Políticas de Planeación urbana en la delimitación de lo metropolitano. El caso de la Zona Metropolitana de Toluca. *En papeles de Población*, (8), 37-54. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/112/11200804.pdf>
- Pineda, N.B., Bosque, S. J., Gómez, M. "y" Plata, W. (2009). "Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación" *Investigaciones Geográficas*, (69), 33-52. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/569/56912295004.pdf>
- Rio, J. A., Savério, E. "y" Trinca, D. (2010). Términos de la A a la Z. En L. López Trigal (Ed.), *Diccionario de geografía aplicada y profesional*, (pp. 142, 227). León, España: Editorial Universidad de León.
- Rodríguez, D. (2017) Occupational poisoning due to heavy metals. *MEDISAN*, 21 (12), 3372-3386. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n12/san122112.pdf>
- Secretaria del Desarrollo Social. (2011). *La expansión de las ciudades, 1980 - 2010 México*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/30672852/\\_La\\_expansi%C3%B3n\\_de\\_las\\_ciudades\\_1980-2010\\_por\\_SEDESOL](https://www.academia.edu/30672852/_La_expansi%C3%B3n_de_las_ciudades_1980-2010_por_SEDESOL)

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. Recuperado de: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SEMARNAT%202016.%20Informe%20situac.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SEMARNAT%202016.%20Informe%20situac.pdf)
- Trucíos, R., Estrada, J., Cerano, J. "y" Rivera, M. (2011). Interpretación del cambio en vegetación y uso de suelo. *Terra Latinoamericana*, 29 (4), 359-367. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57322342001.pdf>
- Universidade Da Coruña, (2018). *Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en humedales construidos de flujo vertical*. Recuperado en: [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20315/YanezTorrente\\_Sandra\\_TFG\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y...](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20315/YanezTorrente_Sandra_TFG_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y...)
- Zoido, F., de la Vega, S., Piñeiro, A., Morales, G., Mas R., Lois, R. C. "y" González, J. M. (2013). Diccionario de Urbanismo Geografía Urbana y Ordenación del Territorio. En T.G. Raíz y S.L. Gamonal (Ed.), *Boletín de la Real Sociedad Geográfica de Ediciones* (p.323). Madrid, España: Editorial Ibáñez de Ibero.