

ANÁLISIS DE LOS USOS INADECUADOS DEL SUELO EN UN TERRITORIO BAJO PROTECCIÓN AMBIENTAL. PARQUE OTOMÍ-MEXICA DEL ESTADO DE MÉXICO

Daniel Villegas Martínez, Claudia Andrea Vilchis Nestor

RESUMEN

Los usos inadecuados del territorio, son el resultado del desarrollo de actividades antrópicas con nula planeación y justificados por los diferentes sectores de la población como una necesidad que permiten cubrir el desarrollo socioeconómico de las poblaciones en México. Bajo este argumento, la presente investigación tuvo como objetivo analizar cuantitativa y cualitativamente los usos inadecuados que actualmente existen y persisten en el territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México bajo diferentes métodos, técnicas y herramientas geoespaciales. Los principales resultados muestran que actualmente el 33% del territorio del parque, está siendo utilizado de manera inadecuada, principalmente por el desarrollo y crecimiento de actividades agrícolas, expansión de pastizales inducidos, actividades turísticas, desarrollo de infraestructura vial y crecimiento de asentamientos humanos, principalmente en áreas del territorio con actitud forestal. Aun cuando el territorio está bajo protección ambiental y existen marcos normativos para garantizar la continuidad de los procesos socioambientales, la degradación ambiental del territorio y sus componentes ambientales sigue en aumento.

Palabras clave: territorio; usos inadecuados; degradación ambiental; área natural protegida.

ANALYSIS OF INAPPROPRIATE USES IN A TERRITORY UNDER ENVIRONMENTAL PROTECTION. OTOMI-MEXICA PARK OF THE STATE OF MEXICO

ABSTRACT

The inadequate uses of the territory are the result of the development of anthropic activities with no planning and justified by the different sectors of the population as a need to cover the socioeconomic development of the populations in Mexico. Under this argument, the present investigation had as objective to analyze quantitatively and qualitatively the inadequate uses that currently exist and persist in the administrative territory of the Otomi-Mexica Park of the State of Mexico under different methods, techniques and geospatial tools. The main results show that 33% of the park's territory is currently being inadequately used, mainly due to the development and growth of agricultural activities, expansion of induced pastures, tourism activities, road infrastructure development and human settlement growth, mainly in areas of the territory with forest attitude. Even though the territory is under environmental protection and there are regulatory frameworks to guarantee the continuity of socio-environmental processes, the environmental degradation of the territory and its environmental components continues to increase.

Key words: territory; inadequate uses; environmental degradation; natural protected area.

1. INTRODUCCIÓN

El componente ambiental suelo, es la unidad espacial mediante la cual administrativamente se divide la superficie terrestre en territorios en ellos se desarrollan ecosistemas de bosques, pastizales y desiertos (por mencionar algunos a nivel mundial), esenciales para el desarrollo de servicios ecosistémicos que cimientan el desarrollo económico de las naciones y sus poblaciones. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en México, considera que el suelo es el elemento básico para la producción de alimentos, la seguridad alimentaria de las poblaciones y por lo tanto para el desarrollo de la vida en la tierra, esta institución destaca que los suelos proporciona el 95% de los alimentos que consume la población mundial (SIAP, 2023).

Además, se estima que de los 18 nutrientes que los árboles y plantas necesitan para su desarrollo, 15 son aportados por el suelo, mismo que actúa como un filtro y reservorio de agua y regula de manera directa las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y de metano (CH_4) gases vinculados con los procesos de cambio climáticos a nivel global. Ecológicamente los suelos albergan una gran diversidad de organismos como lombrices, hongos, bacterias, ácaros, roedores, escarabajos entre otros que desempeñan papeles fundamentales, ya que son impulsores de servicios ecológicos y de los que depende el funcionamiento y regulación de los ecosistemas terrestres a nivel mundial (LAVELLE *et al.*, 2006; SIAP, 2023; FAO 2025).

En 2018 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) definió al suelo como un componente finito, lo que significa que su contaminación, pérdida y degradación no pueden ser revertidas en el transcurso de la vida humana. La contaminación del suelo es generada principalmente por actividades económicas como industria, la minería, la agricultura y ganadería e incluso por las actividades militares. A su vez, estas actividades antrópicas producen el cambio de uso de suelo y pérdida de vegetación nativa, procesos que repercuten de manera directa sobre la degradación estructural del suelo y están directamente relacionados con la erosión, la pérdida de biodiversidad animal y vegetal, erradicación de las coberturas de bosque, incendios y desarrollo de plagas (SAHAGÚN SÁNCHEZ *et al.*, 2018).

En México los cambios más significativos de uso del suelo y vegetación se derivan principalmente por la expansión y extensión de actividades antrópicas, en ellas se incluyen la expansión agrícola, deforestación, forestación (monocultivos), crecimiento habitacional (urbano y rural), crecimiento y apertura de parques y corredores industriales, apertura y ampliación de vías de comunicación. Estas actividades antropogénicas generan impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, y contribuyen significativamente a los procesos de cambio climático a nivel local, regional y global (SAHAGUN SÁNCHEZ *et al.*, 2018; VILLEGAS *et al.*, 2020; VILLEGAS MARTÍNEZ, 2021).

Ante esta situación el Gobierno de México en 2017 conmemoró los primeros 100 años de conservación y de la primer Área Natural Protegida (ANP) en México las ANP's representan un instrumento esencial y valioso de políticas públicas que tiene como objetivo hacer frente a las tendencias de cambio, transformación y fragmentación del territorio (marino y terrestre), además de fomentar la conservación y sostenibilidad de los componentes ambientales. Estos territorios delimitados geográficamente y administrativamente son representativos en la actualidad, cubren aproximadamente el 12% de la superficie terrestre de México y son administrados por los tres niveles de gobierno y en algunos casos por particulares, esto de acuerdo a su clasificación (federal, estatal, municipal o privada) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2017 y 2024).

El territorio administrativo del Estado de México actualmente cuenta con 90 ANP's de las cuales 15 son de carácter federal y 75 estatal, el territorio mexiquense es la entidad estatal de México con mayor número de ANP's en el país, su extensión conjunta cubre poco más del 43% del territorio mexiquense. Sin embargo, de las 90 entidades territoriales bajo protección ambiental, solo 50 de ellas cuentan con su programa de manejo COMISIÓN ESTATAL DE PARQUES NATURALES Y DE FAUNA (CEPANAF, 2014).

Los Programa de Conservación y Manejo en México tienen como objetivo preservar la continuidad de los procesos socioambientales de estos territorios bajo la administración de políticas de manejo ambiental (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) dentro de las cuales se enlistan una serie de actividades permitidas, controladas, supervisadas y prohibidas que se pueden desarrollar o no, al interior de estos espacios geográficos. Sin embargo, la realidad de algunas ANP's ubicadas y administradas por el estado mexiquense dista en gran medida de los objetivos de conservación de las políticas públicas ambientales establecidas dentro de los esquemas de regulación de los programas de manejo.

Estudios recientes y liderados por VILLEGAS et al., (2020), VILLEGAS MARTÍNEZ (2021), VILCHIS et al., (2024), han analizado los cambios de usos y uso potencial del suelo de porciones del territorio mexiquense que se encuentren bajo un esquema administrativo de protección ambiental y han determinado que la presión antrópica de las poblaciones locales e incluso de otra entidades como la Ciudad de México (CDMx), la Zona Metropolitana del Valle de Toluca e incluso la Zona Metropolitana de Cuernavaca ubicada en el Estado de Morelos, están detonando serios problemas de degradación, fragmentación y transformación dentro de estos territorios, procesos que se contraponen a los objetivos de la Legislación Ambiental en México, LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA, 2024).

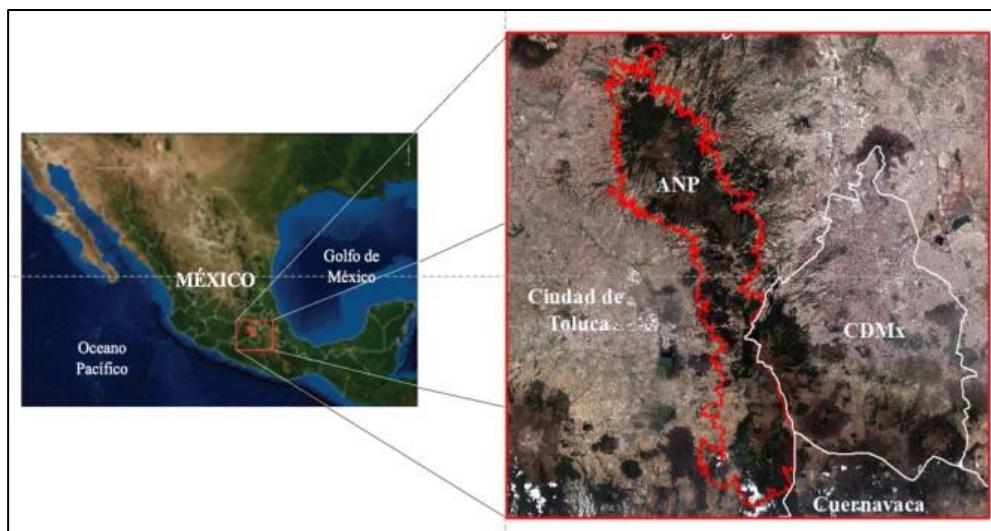
Ante esta realidad, la presente investigación tuvo como objetivo analizar los usos inadecuados del suelo que las poblaciones locales y regionales desarrollan dentro del territorio administrativo del Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala - La Bufa, denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México, y como estos usos repercuten de manera directa e indirecta sobre la continuidad de los procesos socioambientales de la Región Centro de México.

2. METODOLOGÍA

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El territorio administrativo del Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala - La Bufa, denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México, de aquí en adelante Parque Otomí-Mexica, se ubica geográficamente en la Región Centro de México (Figura 1) y de manera precisa entre las coordenadas geográficas $18^{\circ} 59' 59.57''$ - $19^{\circ} 45' 19.34''$ de latitud norte y $99^{\circ} 20' 21.75''$ - $99^{\circ} 32' 01.41''$ de longitud de la porción central del Eje Neovolcánico (CONABIO y CEPANAF, 2020). Tiene una extensión territorial aproximada de 105 mil hectáreas distribuidas en 16 municipios del Estado de México, su ubicación entre dos regiones biogeográficas (neártica y neotropical) le confieren una amplia variedad de ecosistemas de bosque entre los que destacan pinos de alta montaña (*Pinus hartwegii*) y bosques mesófilos de montaña que albergan una diversidad de más de 357 especies de fauna, de allí su gran importancia biológica y ecológica (ECOCIENCIA, 2009).

FIGURA 1
Ubicación geográfica del Parque Otomí-Mexica.



Fuente: elaboración propia con base a datos cartográficos de CEPANAF 2024 y CONABIO 2025.

2.2 MATERIALES

Los materiales utilizados para el desarrollo metodológico de este análisis geoespacial, se muestran en la siguiente Tabla 1:

TABLA 1
Materiales geoespaciales.

No.	Material	Escala	Formato	Fuente
1	Mapa de uso de suelo y vegetación.	1:50, 000	Shapefile	Villegas y Gómez, 2020. Actualizado durante el año 2024.
2	Mapa de uso potencial del suelo.	1:50, 000	Shapefile	Villegas, 2021. Actualizado durante el año 2024.
3	Imagen de satélite SENTINEL 3.	No aplica	Img	Copernicus Open Access Hub. Agosto 2024.

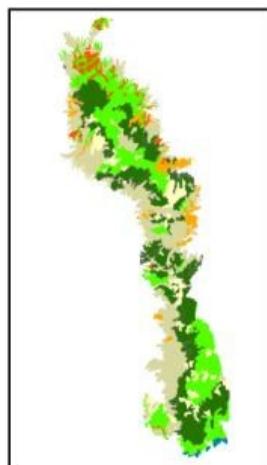
Fuente: elaboración propia.

2.3 OBTENCIÓN DEL MAPA DE USOS INADECUADOS DEL TERRITORIO

El desarrollo metodológico empleado en la identificación, ubicación y análisis espacial sobre conflictos de uso del suelo (usos inadecuados del territorio) se realizó mediante métodos y técnicas sobreposición entre los insumos geoespaciales uso de suelo y vegetación (Figura 2) y uso potencial del suelo (Figura 3)¹ métodos sistematizados dentro de la interfaz del *Software ArcGis 10.5®* empleados para la modelación y representación de escenarios cartográficos del territorio en estudio.

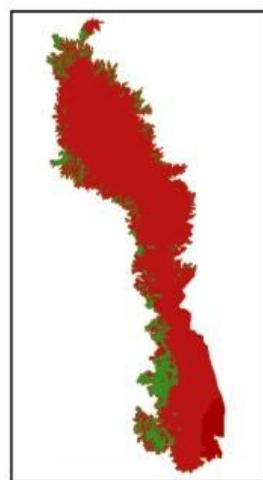
¹ Es importante destacar que ambos materiales de carácter geoespacial fueron retomados de publicaciones anteriores del autor y colaboradores, y actualizados durante el año 2024, ya que ambos análisis son resultados del proyecto de investigación titulado “Manejo Sustentable En Áreas Naturales Protegidas. El Caso Del Parque Otomí-Mexica del Estado De México. Aproximación Teórica y Metodológica desde las Ciencias Ambientales”, desarrollado entre febrero de 2017 y diciembre de 2022.

FIGURA 2
Uso del suelo y vegetación del año 2024. Parque Otomí-Mexica del Estado de México.



Fuente: Villegas y Gómez 2020, actualizado en 2024 por los autores.

FIGURA 3
Uso potencial del suelo 2024. Parque Otomí-Mexica del Estado de México.



Fuente: Villegas 2021, actualizado en 2024 por los autores.

El procesamiento de sobreposición de la información geoespacial en formato *Shapefile* de uso de suelo y vegetación, y uso potencial del suelo dio como resultado los usos inadecuados del territorio en estudio, estos se analizaron mediante los criterios de la Tabla 2 y mediante técnicas de sobreposición y fotointerpretación sobre una imagen de satélite SENTINEL-3² del día 31 de agosto de 2024 proporcionada de manera gratuita por el Programa *Copernicus Europe's eyes on Earth* (COPERNICUS EU, 2025).

² Para el desarrollo metodológico de esta investigación se utilizó una imagen SENTINEL-3 del año 2024, si bien su resolución espacial es menor que SENTINEL-2 o Landsat 8, el porcentaje de nubosidad identificado sobre la imagen SENTINEL-3 fue de 0%, en comparación con SENTINEL-2 o Landsat 8 dentro de las cuales el porcentaje de nubosidad identificado oscilaba entre 25-50%, situación que dificulta la verificación de información a partir de técnicas de fotointerpretación sobre todo en zonas donde es evidente el uso inadecuado del territorio.

TABLA 2
Criterios para el análisis de conflictos de usos del suelo.

USO DEL SUELO	
Usos adecuados	Usos inadecuados
Conflictos de uso del suelo	
Uso del suelo potencial o ideal (Aptitud) (UP).	Uso del suelo actual o real (UA).
Si UA>UP, existe riesgo, se requiere mayor calidad en cuanto a las estrategias que determinan el aprovechamiento del territorio.	Si UP>UA, existe un desperdicio en el uso del suelo.
Si el UA = UP (No existe conflicto dentro del territorio analizado).	

Fuente: Elaboración propia con base a Gutiérrez 2013.

2.4 VALIDACIÓN DEL MAPA DE USOS INADECUADOS DEL TERRITORIO

La corroboración de información geoespacial obtenida de los procesos de sobreposición geoespacial se evaluó mediante sitios de verificación (25 puntos de muestreo). La verificación de puntos de muestreo se realizó *in situ* mediante técnicas de observación directa, y con el uso y manejo de un navegador GPS (Sistema de Posicionamiento Global), este procedimiento permitió contrastar la información obtenida de los métodos de sobreposición y los componentes actuales del espacio ambiental y construido del territorio del parque.

2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Posteriormente se calcularon los porcentajes de usos inadecuados y se representaron por medio de tablas, en cuanto a su ubicación y clasificación estos fueron representados en mapas temáticos. Por último, se realizaron recorridos de campo por algunas áreas del territorio (áreas de usos inadecuados) y se registraron las incidencias observadas en el terreno. Los datos fueron contrastados con insumos geoespaciales como mapas temáticos, y complementados con el uso de imágenes obtenidas a través de *Google Earth Pro*, este enfoque permitió validar de manera precisa el uso actual del territorio con respecto al modelo geoespacial de protección ambiental publicado en el Programa de Manejo del parque.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

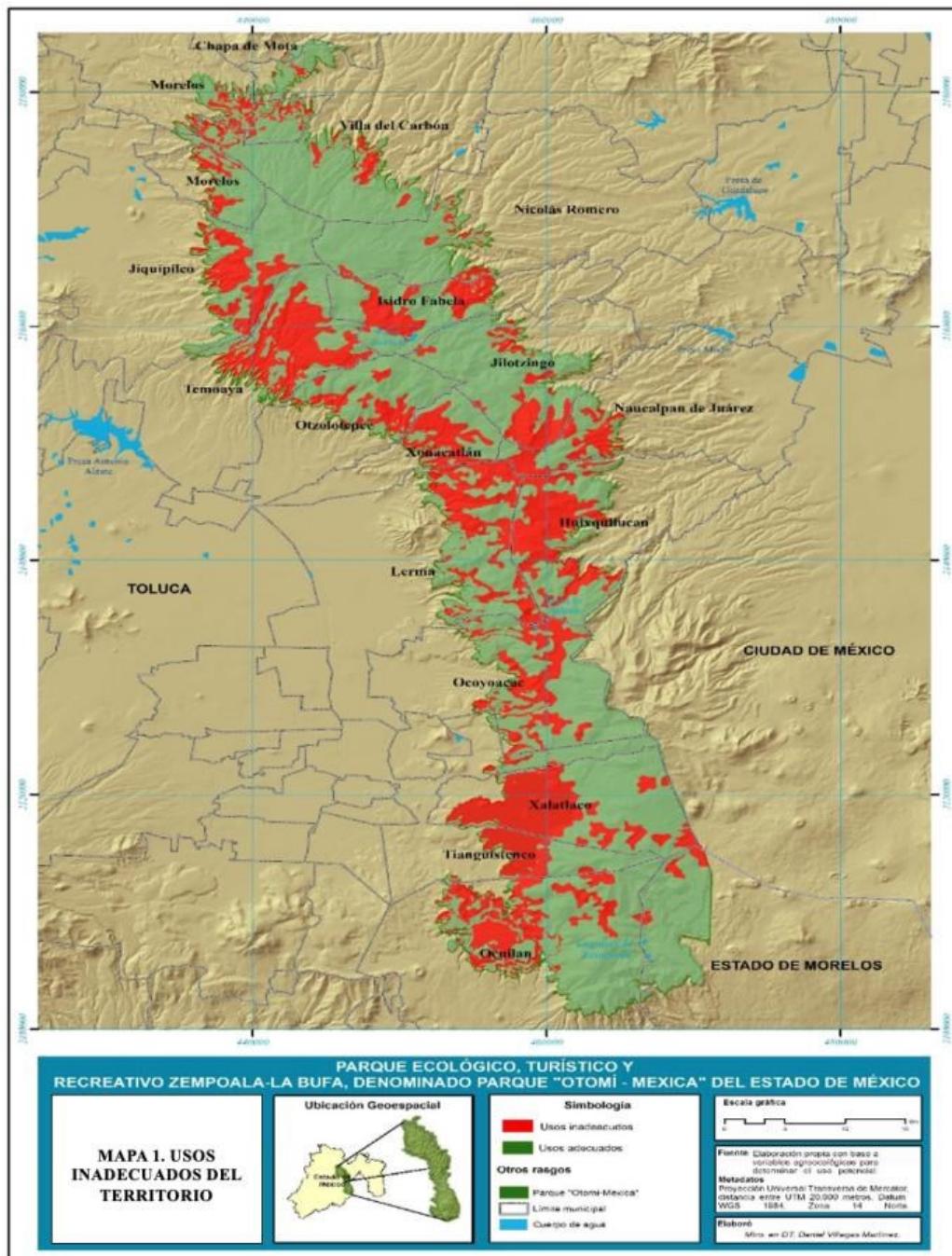
3.1 PRESIÓN ANTRÓPICA SOBRE EL TERRITORIO DEL PARQUE OTOMÍ-MEXICA

De acuerdo con HERNÁNDEZ GUERRERO (2024) la presión urbana generada por las zonas metropolitanas con relación a las ANP's de la Región Centro de México es Alta, esta situación se asocia a tres procesos: crecimiento de la superficie urbana, crecimiento poblacional, y distancia sobre suelo de protección, este último indica que en menos de cinco años la distancia del área urbana con relación a las ANP's paso de ± 10.2 km a menos de 7km. De acuerdo con la información geoespacial representada en el Figura 4 se observa que el 32% del territorio del parque actualmente está siendo utilizado de manera inadecuada.

Las áreas en color rojo representan zonas con usos inadecuados al interior del límite administrativo del Parque Otomí-Mexica; durante los recorridos de campo realizados por algunas de estas áreas (25 puntos de muestreo), se pudo observar de manera directa que las actividades antrópicas que se desarrollan en ellas son: agrícolas (de temporal principalmente), ganaderas (pastoreo local), turísticas, asentamientos humanos (rurales y urbanos en menor proporción), desarrollo, ampliación y modernización de infraestructura. Esta situación se asocia a los procesos

de índole económica, social, ecológica y político-institucional que amenazan a las ANP's periurbanas de la Región Centro de México (TLAPA ALMONTE *et al.*, 2020).

FIGURA 4
Áreas con usos inadecuados dentro del territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica.



Fuente: Elaboración propia.

La ampliación y modernización de vías de comunicación y más aún la apertura de nuevas rutas de transporte como el tren interurbano México - Toluca y la autopista Toluca - Naucalpan, han modificado y fragmentado aún más los ecosistemas de pastizal, bosques de pino y oyamel principalmente, el tren con mayor incidencia dentro del territorio administrativo del Parque

Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa³. En la Figura 5 parte superior se observa ecosistemas de bosque fragmentados por el derecho de vía del tren interurbano, en la parte inferior fragmentación de bosques por el derecho de vía de la autopista Toluca-Naucalpan, en ambos casos son bosques de oyamel ubicados dentro de políticas de protección, esta política establecida dentro del programa de manejo del Parque Otomí-Mexica prohíbe la apertura y acondicionamiento de vías de comunicación (GEM, 2016).

FIGURA 5

Fragmentación de bosques de oyamel por la apertura de nuevas vías de comunicación.



Fuente: *Google Earth Pro* (imagen Airbus del año 2025).

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2020) una vez que el proceso de fragmentación es iniciado, este desencadenará una serie de modificaciones en el desarrollo de los procesos ecológicos y por consecuencia impactos negativos sobre poblaciones y comunidades de flora y fauna, suelos y cuerpos de agua, ya que estos componentes responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos.

Para el caso del parque, principalmente en áreas donde se han aperturado nuevas vías de comunicación y transporte es evidente este fenómeno, sin embargo, en los segmentos del territorio que corresponden al derecho de vía (30 metros para vías ferroviarias y carreteras no menor a 20 metros, para el caso de México), es común observar procesos de deforestación y erradicación del estrato arbustivo y herbáceo, esta situación dificulta la continuidad y flujo de poblaciones de flora y fauna local en particular de aquellas especies que tienen poca movilidad o su proceso de regeneración es relativamente lento o poco resiliente DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (DOF, 2023).

³ El Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa fue decretado el 09 de septiembre de 1936, y el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala - La Bufa, Denominado Parque Otomí Mexica del Estado de México fue decretado el 08 de enero de 1980, ante esta situación el territorio del segundo, se sobrepone en el territorio del primero. El Parque Nacional, es administrado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Parque Estatal, por la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) del Estado de México (GEM, 1980; SEMARNAT, 2016).

En la Figura 6, se puede observar un ejemplo de cómo el proceso de fragmentación por la apertura de nuevas vías de comunicación aísla en segmentos ecosistemas de bosques (polígonos en color amarillo), estos fragmentos con el paso del tiempo tienden a experimentar procesos de cambio (polígono en color rojo) dentro del cual se observa que la cobertura forestal ha sido erradicada por completo, esto para dar paso al desarrollo de nuevos caminos e infraestructura. Paradigmas como este, son experimentados en diferentes puntos del territorio aun cuando estos se localizan dentro de áreas protegidas y bajo políticas de manejo ambiental. En el Programa de Manejo del Parque Otomí-Mexica se enmarcan cuatro políticas de manejo ambiental aprovechamiento, conservación, restauración y protección, y en cada una de ellas se listan una serie de actividades permitidas y prohibidas (GEM, 2016).

FIGURA 6
Procesos de fragmentación y cambios de usos del suelo en el territorio del Parque Otomí-Mexica.



Fuente: Elaboración propia con base a datos geoespaciales de *Google Earth Pro* (imagen Airbus del año 2025).

Al realizar la revisión de información documental y cartográfica del Programa de Manejo del Parque Otomí-Mexica del año 2016, el área representada en la Figura 6 pertenece a un territorio delimitado bajo la política de conservación la cual tiene por objetivo preservar la vegetación, ya que esta contribuyen de forma significativa a la provisión de servicios ambientales y las actividades permitidas no deben provocar impactos ambientales y sociales negativos al entorno, algunas de las actividades prohibidas en esta política son a) Construcción de edificaciones e infraestructura para industria, vivienda, educación, turismo, comercio, servicios y deportes; b) Apertura y acondicionamiento de vías de comunicación, y c) Desarrollo de infraestructura para esparcimiento y recreación, por mencionar algunas.

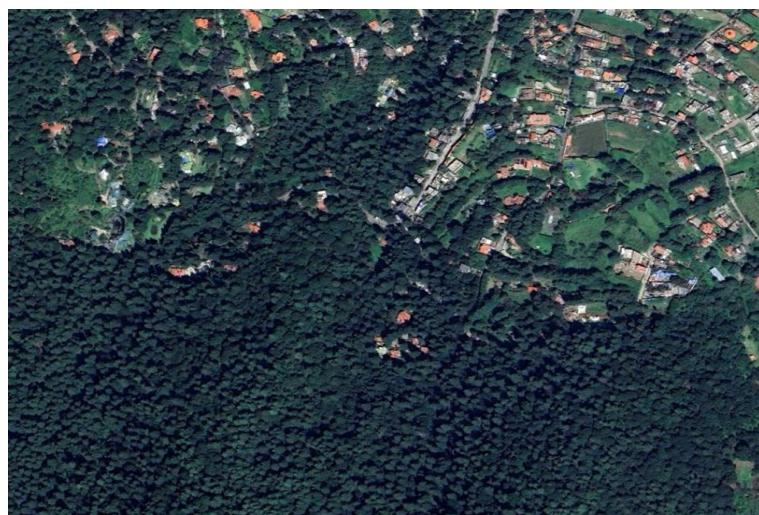
No obstante, en la realidad el desarrollo de las actividades actuales se contrapone en todos los aspectos a la normatividad establecida en el Programa aprobado por el Legislativo Estatal, y la aprobación de actividades prohibidas antes mencionadas son justifican para su desarrollo por medio del Legislativo Federal y por temas de conectividad y atención a problemas de transporte (GEM, 2016; SCT, s/f). Actividades como las antes mencionadas, son algunas de las muchas que detonan los usos inadecuados del territorio; VILLEGAS MARTÍNEZ et al. (2020) en su análisis realizado coinciden que otros procesos que detonan los usos inadecuados del territorio del parque son la agricultura, la deforestación, asentamientos humanos y las actividades turísticas.

Para el caso de los procesos de deforestación estos se complementan con la extracción de componentes forestales y no forestales e incendios, actividades que contribuyen al desarrollo de los usos inadecuados del territorio, ya que, de acuerdo a la información cartográfica disponible sobre el uso potencial del suelo, el 85% del territorio administrativo del parque es apto para el desarrollo forestal (VILLEGAS MARTÍNEZ, 2021). Estas actividades, aunque prohibidas en el marco legal del Programa de Manejo son realizadas por pobladores locales y contribuyen al desarrollo económico de las localidades del parque. No obstante, la poca eficiencia de los programas de manejo es un tema recurrente entre los procesos de presión urbana sobre áreas naturales protegidas de México.

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado de Puebla (SEDURBECOP, 2001), las ANP's que cuenta con su programa de manejo no están exoneradas de experimentar los procesos de presión urbana, la deficiencia de su funcionamiento y operatividad, la falta de personal y presupuesto son algunas de las limitantes para su instrumentación y supervisión. Ante esta situación, los procesos relacionados al aumento de población y superficie construida, concentración económica, cambio de uso y cobertura de suelo, mercantilización de recursos naturales, reducción y pérdida de biodiversidad, y reconfiguración productiva y cultural, siguen provocando y aumentando los usos inadecuados dentro de los territorios bajo protección ambiental en México (TLAPA ALMONTE *et al.*, 2020).

En la Figura 7, se observa como la mancha urbana de la Ciudad de México y de manera específica de la Delegación Cuajimalpa comienza a detonar procesos de fragmentación, cambios de usos, y usos inadecuados del suelo dentro del territorio administrativo y bajo protección ambiental Parque Nacional Desierto de los Leones⁴, este fenómeno de expansión y presión antrópica se desarrolla desde áreas exteriores y contiguas al parque que, en muchas ocasiones también forman parte de otras ANP's de carácter estatal y federal (caso del Parque Nacional Desierto de los Leones, e Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa), ubicados en la región centro del Parque Otomí-Mexica.

FIGURA 7
Presión urbana ejercida sobre el territorio administrativo del Parque Nacional Desierto de los Leones.



Fuente: *Google Earth Pro* (imagen Airbus del año 2025).

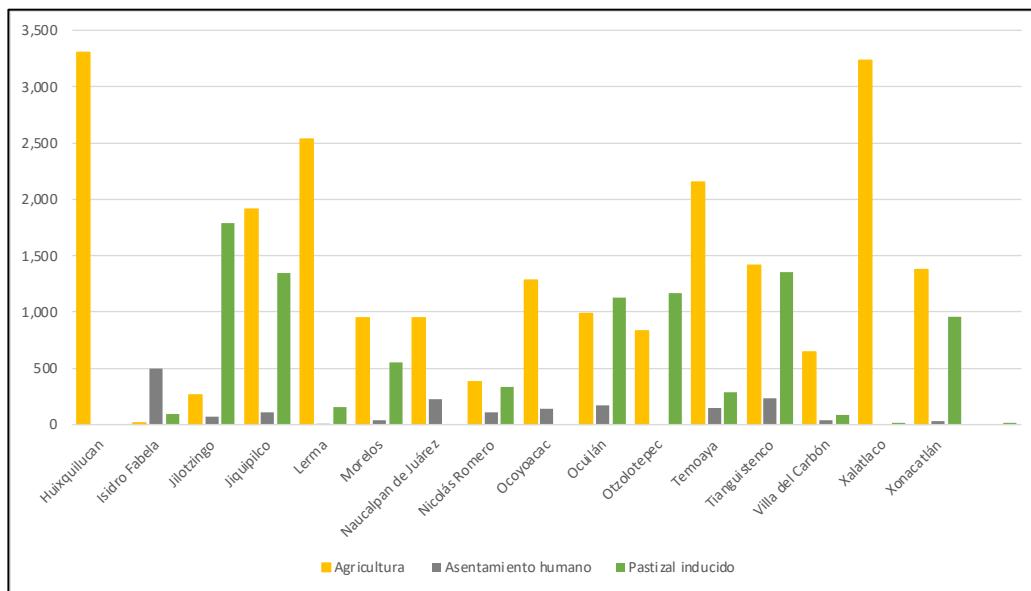
⁴ El Parque Nacional Desierto de los Leones obtuvo su decreto como Parque Nacional el 15 de noviembre de 1917 y es considerado la primer ANP de México. Si bien, su territorio administrativo no se traslapa con el Parque Otomí-Mexica, si comparten límites ecosistémicos al Este de la zona centro del parque de forma precisa entre el territorio administrativo del municipio de Ocoyoacac en el Estado de México y la Delegación Cuajimalpa de la Ciudad de México, y es un claro ejemplo de la presión urbana que experimentan la mayoría de las ANP's que se ubican en la Región Centro de México.

3.2 LOS USOS INADECUADOS DEL TERRITORIO OTOMÍ-MEXICA

Las áreas en donde se desarrollan los usos inadecuados del territorio administrativo del parque abarcan una superficie terrestre aproximada de 33,314.84 hectáreas, siendo la actividad agrícola la principal causa de uso inadecuado, ya que esta se desarrolla sobre superficies con uso potencial forestal y áreas donde existían ecosistemas de pastizal inducido. Otras actividades asociadas a los usos inadecuados son el crecimiento de nuevas áreas de pastizales inducidos y asentamientos humanos, estos últimos asociados al crecimiento continuo de las áreas urbanas y el crecimiento disperso de las localidades rurales en ambos casos hay presencia de desarrollos industriales. Aun cuando estos espacios están decretados como zonas de restauración y aprovechamiento, en esta última están prohibidas actividades como: a) infraestructura para centros comerciales y asentamientos humanos en áreas adyacentes a ríos, arroyos y presas, y b) Infraestructura para establecimientos industriales (GEM, 2016).

En la Gráfica 1, se puede observar que la agricultura es la principal actividad que detona los usos inadecuados del territorio, ya que se desarrolla en espacios que antes eran ocupados por ecosistemas de bosque y pastizal, y en áreas cercanas al límite administrativo del parque donde se ubican y desarrollan los asentamientos humanos (Figura 9) esta actividad abarca una extensión aproximada de 22,243.33 hectáreas (21%) del territorio, por su parte los pastizales inducidos y la expansión de los asentamientos humanos ocupan una extensión de 9,256.61 (8.8%) y 1,814.9 (1.7%) respectivamente y que de manera conjunta representan el 32% del territorio Otomí-Mexica.

GRÁFICA 1
Principales actividades que detonan los usos inadecuados en el territorio
del Parque Otomí-Mexica.

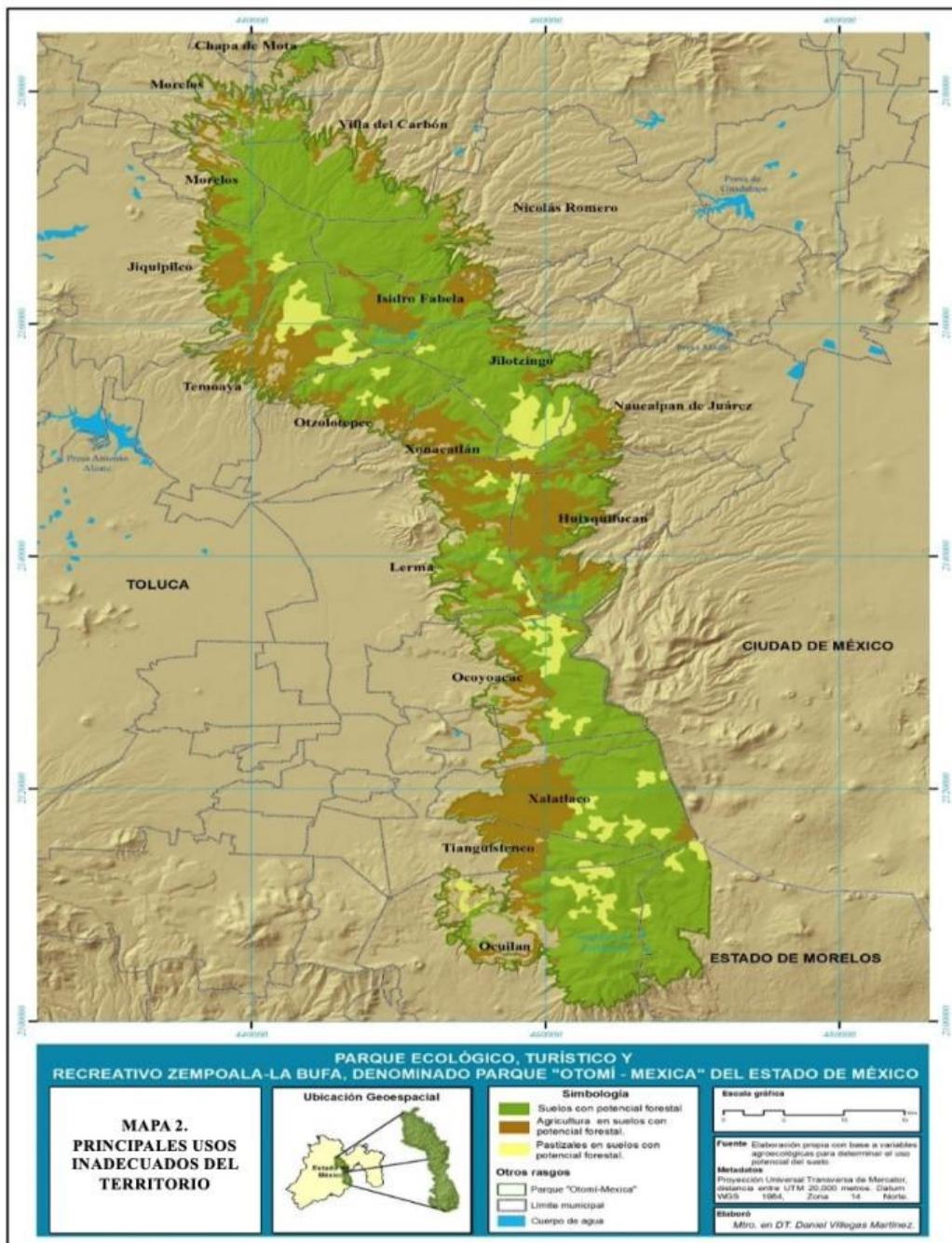


Fuente: Elaboración propia.

En el Figura 8, se puede observar y ubicar de manera gráfica las principales actividades que detonan los usos inadecuados del territorio, existen áreas de pastizal inducido (color amarillo) que se desarrollan y expanden en áreas con vocación forestal, este fenómeno es el resultado de los procesos de deforestación (tala clandestina principalmente), expansión de zonas turísticas y en menor proporción por la apertura y desarrollo de agricultura de montaña. Esta última, al no generar los beneficios económicos esperados son abandonadas y posteriormente mediante los procesos naturales de regeneración adoptan la clasificación de pastizal inducido.

En el área de estudio estos procesos también se desarrollan en terrenos que han sido afectados por incendios forestales, el pisoteo constante de ganado y el uso de técnicas agrícolas como la quema y roza las cuales impactan la estructura del suelo, situación que contribuye al estancamiento de la recuperación gradual de la vegetación nativa e incluso estos procesos pueden desencadenar la degradación de la cobertura vegetal que, a su vez favorecerá la formación de áreas erosionadas por procesos hídricos, eólicos y térmicos (Fotografía 1).

FIGURA 8



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA 1

Procesos de erosión en ecosistemas de pastizal inducido. Valle de las Navajas municipio de Isidro Fabela.



Fuente: Villegas-Martínez 2024.

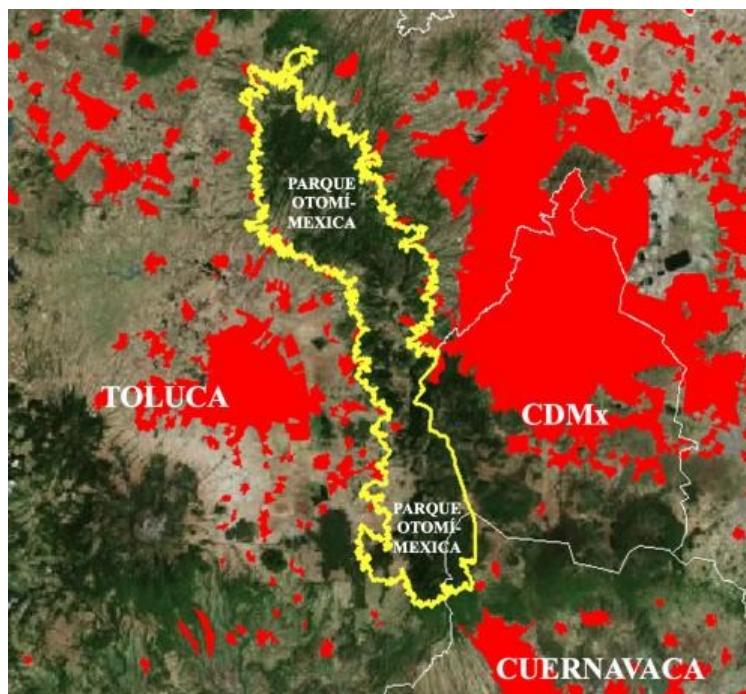
Aunque los procesos de erosión parecen un problema menor de acuerdo a los datos obtenidos de la imagen satelital SENTINEL-3 del año 2024, este fenómeno abarcaba un aproximado de 785 hectáreas dentro del territorio administrativo del parque y desarrollándose principalmente en zonas de pastizal de municipios como Oztolotepec, Isidro Fabela, Nicolás Romero y Naucalpan, este último municipio clasificado dentro del índice de erosión extrema de la cartografía de erosión de los suelos de México (BOLAÑOS GONZÁLEZ *et al.*, 2016).

Las condiciones geográficas de estos espacios están compuestos por pendientes que oscilan entre los 9 y 21°, su composición geológica provista de rocas volcánicas, una altitud de más 3,200 msnm en donde las temperaturas suelen descender hasta los -6°C en la fase más aguda del invierno (mes de enero) y los niveles de precipitación media anual que superan los 1,300 mm de lluvia, son condiciones que favorecen el aumento gradual de los procesos de erosión dentro del territorio del parque y en zonas circundantes (ECOCIENCIA, 2009 y JUAN PÉREZ *et al.*, 2017).

De acuerdo con la investigación sobre uso potencial del suelo de VILLEGRAS MARTÍNEZ (2021) el territorio administrativo del parque es netamente forestal y en un porcentaje menor (15%) es factible para desarrollar actividades agrícolas, pese a esta potencialidad en la actualidad hay una total de 165 localidades ubicadas al interior del parque y aproximadamente más de 27 millones de habitantes distribuidos en zonas aledañas, principalmente es zonas metropolitanas como las Ciudad de México, Toluca y Cuernavaca, localidades urbanas y rurales que demandan servicios de alimentación, vivienda, básicos (agua, luz, drenaje), fuentes de empleo, entre otros, y que de manera conjunta generan procesos de presión antrópica sobre los componentes ecosistémicos del parque (Figura 9).

Proyecciones de la ONU-Habitat México (2017) estiman que en las próximas décadas buena parte del crecimiento demográfico en México será urbano, esto significa que el país pasará de tener 384 ciudades a 961 en 2030, en ellas se concentrará el 83.2% de la población nacional. Esta situación detonará que los crecimientos de zonas habitacionales se expandan de manera progresiva, agudizando las afectaciones sobre los componentes del ambiente y el crecimiento exponencial de la inequidad y desigualdad socioeconómica entre sus habitantes.

FIGURA 9
Áreas urbanas en el contexto regional del Parque Otomí-Mexica.



Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de INEGI 2020 e Imagen de Satélite SENTINEL-3 del año 2024.

En este sentido, los asentamientos humanos tenderán su expansión a zonas periurbanas que en la actualidad son territorios forestales y agrícola principalmente (no obstante, su aptitud es netamente forestal), este fenómeno se detonará por el incremento en los costos de inmuebles habitacionales en espacios bien localizados y la limitada oferta de terrenos. Se prospecta que los asentamientos humanos irregulares aumenten los cambios de usos del suelo por medio de procesos de transformación (conversión, fragmentación y modificación) y con ello los usos inadecuados del territorio aumenten también, desencadenando una reducción de las zonas agrícolas y de pastizales ya existentes, debido a la construcción de nuevas viviendas, y con ello nuevamente la reducción de superficie forestal para la apertura de nuevas zonas agrícolas, áreas de esparcimiento y otras necesidades propias de las poblaciones urbanas (RAMÓN GONZÁLEZ *et al.*, 2021).

3.3 LA REALIDAD ADMINISTRATIVA DEL PARQUE OTOMÍ-MEXICA

De acuerdo con el REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (2014) en su Artículo 72 enmarca que las ANP's en México deben contar con un programa de manejo y este debe actualizarse como mínimo cada cinco años. El Parque Otomí-Mexica obtuvo su decreto el día 04 de enero de 1980, 29 años después se publicó en el Periódico Oficial Gaceta del Gobierno su Programa de Conservación y Manejo, para el 21 de octubre de 2016 se publica en este mismo medio la actualización del Programa de Manejo del parque.

Si bien el parque cuenta con su programa de manejo y una actualización del mismo (2009 y 2016), dentro del documento de decreto Quinta sección se establece que el Parque Otomí-Mexica debe contar con un Patronato de Desarrollo que tendrá bajo su cuidado la programación, promoción, desarrollo y vigilancia del parque (GEM, 1980). A la fecha no existe evidencia documental disponible en la *Web* que sustente la creación y ejecución de actividades realizadas por el Patronato de Desarrollo o bien de su conformación, tampoco existen documentos que

evalúen la instrumentación y supervisión de las políticas de manejo ambiental enmarcadas dentro del programa de manejo del parque.

Esta realidad no es propia del Parque Otomí-Mexica MORENO BARAJAS et al. (2019) determinan que de las 90 ANP's ubicadas en el Estado de México, solo 38 cuentan con su programa de manejo publicado, sin embargo, estos no están disponibles para su consulta y en las oficinas centrales de la CEPANAF solo hay 27, para el caso del parque en acceso público solo está disponible el Resumen del Programa de Manejo del año 2016. Los autores enmarcan que una de las principales limitantes relacionadas con el seguimiento y supervisión de los programas de manejo, es la carencia de recursos humanos capacitados y principalmente del limitado presupuesto asignado, ya que, un porcentaje significativo está destinado al mantenimiento del Parque Ecológico, Zoológico, Recreativo y Turístico denominado "Tollocan-Calimaya, conocido como Zoológico de Zacango (CEPANAF, 2018).

De acuerdo con ADnoticiasEdoMex (2024) el Zoológico de Zacango recibe en promedio 90 millones de pesos anuales. No obstante, ninguna de las otras ANP's con presupuesto anual etiquetado supera los 20 millones, el Parque Otomí-Mexica para ese año recibió 6 millones 837 mil pesos anuales, sin embargo, no hay información disponible sobre cómo se emplea ese presupuesto, el cual equivale a 65 pesos anuales por hectárea, los cuales deben estar destinados a la gestión y conservación ecosistémica de estos territorios.

Aunque existe un marco regulatorio en materia de protección ambiental robusto y conformado por modelos de ordenamiento territorial y ecológicos, programas de manejo en donde se establecen una serie de lineamientos para el aprovechamiento, conservación, protección y restauración de los componentes socioambientales que comprenden el territorio administrativo del Parque Otomí Mexica, su escasa información dificulta externar de manera objetiva el grado o nulo cumplimiento de su programa de manejo.

Además, las necesidades asociadas al desarrollo urbano y metropolitano de la Región Centro de México como el crecimiento habitacional y la movilidad jugará un papel preponderante sobre los procesos de ampliación y construcción de zonas habitacionales y nuevas vías de comunicación que, fragmentarán aún más los ecosistemas naturales del parque y de la región, dando inicio a nuevos procesos de cambios del suelo y con ello nuevamente el incremento de usos inadecuados del territorio.

Pese a que, uno de los objetivos de las ANP's en México es preservar la continuidad de los procesos ecosistémicos, aún el panorama de gestionar territorios bajo un enfoque sostenible a través de políticas públicas que promuevan el desarrollo y la planificación local-regional mediante procesos y procedimientos eficientes y legitimados bajo las leyes mexicanas y los acuerdos internacionales sobre desarrollo sostenible es distante al menos para la región Centro de México y para el territorio del parque. Ya que, si bien existe un crecimiento económico de la región, los componentes naturales y sociales (el grueso de la población) tienden a experimentar procesos de degradación ambiental y rezago social, situación que se contrapone a los objetivos del modelo desarrollo sustentable (LGEEPA, 2024; ONU, 2025; VILCHIS et al., 2024).

4. LÍMITACIONES METODOLÓGICAS Y RECOMENDACIONES

Para realizar el análisis de los usos inadecuados del suelo, unas de las principales limitaciones metodológicas son los insumos cartográficos desactualizados, por ejemplo en México los datos cartográficos de uso público desarrollados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (datos oficiales), los datos más actuales de uso de suelo y vegetación son del año 2021, mientras que los datos de uso potencial del suelo distan del año 2012, el primero a escala 1:250,000 y el segundo 1:1,000,000 dificultando con ello un análisis de sobreposición como el propuesto en esta investigación.

Para el caso particular de esta investigación los insumos cartográficos de uso del suelo y vegetación, y uso potencial del suelo ambos escala 1:50,000 fueron retomados del año 2020 y 2021 respectivamente, el primero actualizado mediante de técnicas de fotointerpretación sobre insumos satelitales y herramientas de *Google Earth* del año 2024. Ante la no disponibilidad de información cartográfica oficial y actualizada, se desarrollan estrategias que permitan obtener información cartográfica a escalas más detalladas, sin embargo, no siempre se cuenta con los

medio económicos suficientes para el desarrollo de datos geoespaciales, situación que incrementa la temporalidad en cuanto al desarrollo de insumos, tiempo y recursos económicos que se podrían emplear en actividades de verificación de campo y en el desarrollo de métodos que permitan determinar los niveles de degradación ocasionados por los usos inadecuados del suelo en territorios bajo protección ambiental.

No obstante, el presente brinda un acercamiento sobre la ubicación y extensión territorial aproximada que los usos inadecuados del suelo abarcan dentro de un área de protección ambiental de la Región Centro de México, territorios que juegan un papel preponderante en temas de provisión de servicios ecosistémicos, preservación y conservación de ecosistemas, y aprovechamiento sustentable de los componentes ambientales (GOBIERNO DE MÉXICO, 2024). Pero se recomienda que los estudios realizados en torno a usos inadecuados del suelo, utilicen métodos y técnicas de trabajo de campo que permitan medir los niveles de impacto o índices degradación sobre los componentes ambientales.

5. CONCLUSIONES

La modelación geoespacial de componentes socioambientales es un instrumento valioso de los análisis longitudinales del territorio, ya que su instrumentación facilita la representación de procesos que se desarrollan en determinados segmentos de la superficie terrestre a costos relativamente accesibles y en tiempos relativamente cortos. Para el caso de esta investigación, permitió tener un escenario cualitativo y cuantitativo concreto respecto a los usos que actualmente diferentes segmentos de la sociedad humana instrumentan sobre el territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica.

El análisis realizado permitió identificar que los usos fomentados sobre este segmento territorial de la Región Centro de México, se contraponen no solo a las políticas de manejo ambiental establecidas en la Legislación Ambiental Mexicana, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, y su plan de manejo del propio parque, sino también a los objetivos del Modelo de Desarrollo Sustentable e incluso a los objetivos de la Agenda 2030 como agua limpia y saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles, acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres.

El crecimiento exponencial y la concentración de la población en la Región Centro de México, aumenta las demandas de alimentación, salud, economía y espaciamiento; para responder a estas demandas de manera equilibrada es necesario contrarrestar en la medida de lo posible el aumento de los usos inadecuados del territorio, ya que estos son el inicio de un proceso de degradación colectivo de componentes ambientales, necesarios para satisfacer nuestras necesidades biológicas, socioeconómicas e incluso las necesidades emocionales de los diferentes segmentos de la población.

Sin embargo, esto implica un enorme reto colaborativo entre los diferentes sectores de la sociedad, su organización colectiva coadyuvarán a el logro de los objetivos establecidos en documentos que conforman la Legislación Ambiental Mexicana; el grado de prosperidad en los territorios nacionales dependerá en gran medida de las fuerzas productivas, políticas, científicas y culturales, por ello es fundamental hacerlas más productivas y competitivas sin perder de vista el humanismo que hace posible la reducción de la inequidad y desigualdad social, y fomentando la racionalidad ambiental que nos permita caminar hacia un equilibrio ético y moral entre la sociedad y los componentes del ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADnoticiasEdoMex. (2024). <https://adnoticias.mx/areas-naturales-protegidas-edomex/> [consulta: 19 de enero de 2025].
- BOLAÑOS, M. A., PAZ, F., CRUZ, C. O., AGUMEDO, J. A., ROMERO, V. M. y DE LA CRUZ, J. C. (2016). Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana*, vol.34, nº 3, p. 271-288.

- CEPANAF. (2014). https://secihti.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema_nacional/documentos/ANPL/Mex/SUPE_RFICIE_PARQUES_JUNIO_2014.pdf [consulta: 16 de agosto de 2024].
- CEPANAF (2024). https://cepanaf.edomex.gob.mx/ubicacion_areas_naturales_protegidas [consulta: 13 de diciembre de 2024].
- CEPANAF (2024a). https://cepanaf.edomex.gob.mx/parque_la_marquesa#:~:text=Nevado%20de%20Toluca-Parque%20Nacional%20Insurgente%20Miguel%20Hidalgo%20y%20Costilla%20La%20M%20arquesa,de%20la%20Rep%C3%BAblica%20el%20Gral. [consulta: 18 de noviembre de 2024].
- CEPANAF. (2018). http://cepanaf.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas [consulta: 14 de enero de 2025].
- CONABIO (2025). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [consulta: 18 de diciembre de 2024].
- CONABIO (2020). <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/fragmentacion> [consulta: 19 de diciembre de 2024].
- CONANP (2027). <https://www.gob.mx/conanp/prensa/mexico-conmemora-100-anos-de-conservacion-y-de-la-primer-area-natural-protegida#:~:text=Fue%20el%2027%20de%20noviembre,529%20hect%C3%A1reas%20de%20bosque%20de> [consulta: 20 de enero de 2025].
- CONANP (2024). <https://sig.conanp.gob.mx/General#:~:text=ANP%20Decretadas&text=De%20la%20superficie%20total%20del,de%20la%20superficie%20terrestre%20protegida> [consulta: 20 de enero de 2025].
- COPERNICUS EU (2025). <https://www.copernicus.eu/en> [consulta: 02 de septiembre de 2024].
- DOF - DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (2023). NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-003-ARTF-2023, Sistema Ferroviario-Seguridad-Clasificación y Especificaciones de Vía. Gobierno de México.
- ECOCIENCIA. (2009). Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica del Estado de México, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.
- FAO (S/F). <https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s04.htm> [consulta: 21 de enero de 2025].
- GEM. (2016). Resumen del Programa de Manejo del Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa, denominado Parque Otomí Mexica del Estado de México. Periódico Oficial, Gaceta del Gobierno.
- GEM. (1980). Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa, denominado Parque Otomí Mexica del Estado de México. Periódico Oficial, Gaceta del Gobierno.
- GOBIERNO DE MÉXICO. (2024). <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226#:~:text=Objetivos%20de%20las%20%C3%81reas%20Naturales,los%20procesos%20evolutivos%20y%20ecol%C3%B3gicos>. [consulta: 22 de enero de 2025].
- GOBIERNO DE MÉXICO (2023). <https://secihti.mx/cibiogem/index.php/anpl/mexico> [consulta: 10 de enero de 2025].
- GUTIÉRREZ, J. G. (2013). La Investigación geográfica. Fundamentos, métodos e instrumentos, Buenos Aires, Argentina. Editorial Dunke.
- HERNÁNDEZ, J. A. (2024). *Índice de presión urbana sobre áreas naturales protegidas en México*. Revista Cartográfica, vol. 109, p. 55-78. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i109.5785>
- INEGI (2020). <https://inegi.org.mx/app/descarga/?ti=13&ag=00> [consulta: 10 de octubre de 2024].
- JUAN, J. I., CAMACHO, J. M., MAGALLANES, M. D., JUÁREZ, R., POZAS, J. G., PÉREZ, J. M., VILLEGAS, D., GARCÍA, I. E. Y VILCHIS, A. (2017). Análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del Parque Otomí-Mexica Estado de México. Serie de Conservación y Manejo de Áreas Naturales Protegidas del Altiplano Mexicano, España. Editorial Eumed.

- LABELLE, P., DECAËNS, T., AUBERT, M., BAROT, S., LOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MORA, P. y ROSSI, J. P. (2006). *Soil invertebrates and ecosystem services*, European Journal of Soil Biology, vol. 42, nº 1, p. 3-15.
- LGEPA (2024). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEPA.pdf> [consulta: 05 de enero de 2025].
- MORENO, R., TALAVERA, K., RIVERA, S. y HERNÁNDEZ, NO. (2019). Evaluación de la situación actual de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. QUIVERA, vol. 21, nº 2.
- ONU (2025). <https://www.un.org/es/global-issues/ending-poverty#:~:text=En%202021%2C%20el%2053%25%20de,ninguna%20forma%20de%20protecci%C3%B3n%20social>. [consulta: 20 de enero de 2025].
- ONU-HÁBITAD MÉXICO (2017). <https://onu-habitat.org/index.php/tendencias-del-desarrollo-urbano-en-mexico> [consulta: 18 de enero de 2025].
- RAMÓN, J. A. y GUILLERMO, A. (2021). *Expansión urbana irregular, cambio de uso del suelo y deterioro ambiental en la periferia norte de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala: el caso del Parque Nacional La Malinche*. Cuadernos de Geografía, vol. 30, nº 2, p. 441-458.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. (2014). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEPA_ANP.pdf [consulta: 16 de enero de 2025].
- SAHAGÚN, F. J. y REYES, H. (2018). *Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental*, México, vol. 12, nº 2, p. 6-21.
- SCT. (S/F). Construir el Tren Interurbano México-Toluca. Primer Etapa: Descripción del Proyecto y Viabilidad Técnica del Mismo. Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal. Gobierno de México.
- SEMARNAT. (2016). <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/parque-nacional-insurgente-miguel-hidalgo-y-costilla-la-marquesa#:~:text=Mediante%20decreto%20del%20presidente%20L%C3%A1zaro,del%20Conejo%2C%20y%20de%20Salazar>. [consulta: 20 de octubre de 2024].
- SEDURBECOP (2001). https://ceigep.puebla.gob.mx/mapas/detalle/940/%C3%A1reas_naturales_protegidas_anp_de_1_estado_de_puebla [consulta: 20 de enero de 2025].
- SIAP. (2023). <https://www.gob.mx/siap/articulos/ocho-directrices-a-considerar-para-hacer-frente-a-las-amenazas-de-los-suelos> [consulta: 20 de enero de 2025].
- TLAPA, M., BUSTAMANTE, Á., VARGAS, S., RAMÍREZ, B., CERVANTES, V. y CRUZ, G. (2020). *Factores del deterioro de las áreas naturales protegidas periurbanas del Valle de Puebla*, México. Estudios demográficos y urbanos, vol. 31, nº 1, p. 51-82.
- VILCHIS, C. A. y VILLEGRAS, D. (2024). *Determinación del Uso Potencial del Suelo de una Metrópoli Emergente del Centro de México. Mediante Herramientas de Modelación Geoespacial*. Revista Internacional de Sostenibilidad, vol. 6, nº 1, p. 25-58.
- VILLEGRAS, D. y GÓMEZ, W. (2020). *Procesos locales de transformación que detonan el cambio de uso de suelo y vegetación en un área natural protegida de la Región Centro de México*. Acta Universitaria, vol. 30, p. 1-21.
- VILLEGRAS, D. (2021). *Determinación del uso potencial del suelo a partir de la modelación geoespacial de variables agroecológicas y forestales de un área de protección ambiental ubicada en la Región Centro-Sur de México*. Acta Universitaria, vol. 31, p. 1-17.