



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



“La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra”

**“Análisis del cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de
Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México”**

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

EDUARDO MILLÁN AGUILAR

Directora de tesis:
Dra. Gladys Linares Fleites

Diciembre 2020



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



“La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra”

“Análisis del cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México”

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

EDUARDO MILLÁN AGUILAR

Comité tutorial:

Directora	Dra. Gladys Linares Fleites
Integrante Comité Tutorial	Dr. Miguel Ángel Valera Pérez
Integrante Comité Tutorial	Dra. María Elena Ramos Cassellis
Integrante Comité Tutorial	Dra. Fabiola Avelino Flores
Integrante Comité Tutorial	Dra. María Teresa Zayas Pérez

Diciembre 2020



BUAP

C. Eduardo Millan Aguilar

Por este conducto me permito comunicarle que los miembros del jurado integrado por:

Dra. María de Lourdes Sandoval Solís Presidente

Dr. José Víctor Rosendo Tamariz Flores Secretario

Dra. Fabiola Avelino Flores Vocal

Dra. María Elena Ramos Cassellis Vocal

Dra. María Guadalupe Tenorio Arvide Suplente

Designado para la defensa de su tesis **“Análisis del cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México”** han manifestado mediante su voto que ésta cumple con los méritos suficientes para ser defendida como tesis de grado de Maestría en Ciencias Ambientales, por lo que este Posgrado le autoriza la impresión de la misma.

Sin otro asunto en lo particular, quedo de Usted.

ATENTAMENTE

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z; a 17 de diciembre de 2020

E. Torres. R.

Dr. Eduardo Torres Ramírez
Coordinador
Posgrado en Ciencias Ambientales

c.c.p minutario

Dr.ETR/melh

E-Mail: ciencias.ambientales@correo.buap.mx

Posgrado en Ciencias
Ambientales

Edif. IC6, Ciudad Universitaria,
Col. San Manuel, Puebla, Pue.
C.P. 72570
01 (222) 2 29-55-00 Ext. 7387



DEDICATORIA

A mi abue, Matilde Ayala Martínez (†); A mi padre, Francisco Millán Ayala (†); a mis hermanos y hermanas: Angélica, F. Noemí, Fer, Toño, Manuel, Javier, Adrián e Hilario; y a mis sobrinos y sobrinas, Cindy, Paco, Lupe, Yesi, Pao, Miguel Antonio, Evelin, Jona, Ariana, Alexander, Fernanda; con mucho cariño a Enrique Martínez Zavala.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por la invaluable oportunidad recibida.

Al Posgrado en Ciencias Ambientales, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por darme la oportunidad de formarme como Maestro en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT, por la beca otorgada, número de apoyo 715262, que hizo posible el desarrollo y conclusión de esta etapa.

A la Dra. Gladys Linares Fleites por dirigir de manera meritoria el presente trabajo de investigación

A los miembros del Comité Tutoral por el tiempo y la atención dedicados.

Al Ing. Felipe de Luna Núñez, por el apoyo y motivación permanente.

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Formulación del Problema de Investigación	4
2.1	Formulación del Problema y Pregunta de Investigación	4
2.1.1	Pregunta de Investigación	5
2.2	Objetivos	5
2.2.1	Objetivo General	5
2.2.2	Objetivos Específicos	5
2.3	Justificación	5
2.4	Hipótesis	9
3.	Marcos de Referencia.....	9
3.1	Marco Conceptual	9
3.1.1	Aspectos terminológicos y definiciones	9
3.2	Marco legal	13
3.2.1	Internacional	14
3.2.2	Constitucional.....	20
3.2.3	Leyes, Reglamentos, Normas Oficiales.....	22
3.3	Marco teórico.....	30
3.3.1	Antecedentes	30
4.	Diseño de la Investigación	43
4.1	Tipo de investigación.....	43
4.2	Localización del Contexto de Investigación.....	44
4.2.1	Área de estudio	44
4.2.2	Clima	48
4.2.3	Orografía y Relieve	49
4.2.4	Hidrología	50
4.2.5	Geología.....	50
4.2.6	Edafología	50
4.2.7	Flora y Fauna	54
4.2.8	División Política y Territorial.....	55
4.2.9	Población	55
4.3	Metodología	56
4.3.1	Fuentes de información.....	57
4.3.2	Sistema de Clasificación de Uso del Suelo y Tipo de Vegetación	58
4.3.3	Procesos de Cambios de Uso del Suelo	59

4.3.4 Mapeo de los Procesos de Cambio	60
4.3.5 Matriz de Transición	60
4.3.6 Tasas de Cambio	61
4.3.7 Pérdida anual Neta	61
4.3.8 Matriz de Probabilidades de Cambio	62
4.3.9 Cadenas de Markov	63
4.3.10 Dinámica de Cambios	64
4.3.11 Instrumentos de Investigación de Aspectos Sociales	65
4.4 Fase de Campo	66
4.4.1 Evaluación de Exactitud de los Mapas	66
4.4.2 Aplicación de las Entrevistas, Listados Libres, Observación Participante	67
5. Resultados	75
5.1 Mapeo de los Procesos de Cambio	76
5.2 Matriz de Detección de Cambios	77
5.3 Tasas de Cambio	79
5.4 Matriz de Probabilidades de Cambio	79
5.5 Dinámica de Cambios	80
5.6 Evaluación de la Exactitud de los Mapas	81
5.7 Relación de los Resultados de los Aspectos Sociales	84
6. Discusión	86
7. Conclusiones y Recomendaciones	88

Bibliografía

Anexos

1. Introducción

Los cambios de uso y cobertura del suelo se definen como la transformación ocurrida en una determinada unidad espacial, producto de un proceso dinámico de decisiones tomadas en torno al uso del suelo y de diversos factores a escala local, regional y/o global que influyen tales decisiones (Sandoval-Verdugo, 2009; Contreras-Rubio, 2018; en Hernández-Robles, 2019).

Los cambios en la cobertura y en el uso del suelo constituyen procesos de transformación que modifican la estructura, los procesos y las funciones de los ecosistemas, así como los ciclos naturales que regulan el planeta, impactando en la cantidad y calidad de bienes y servicios que los ecosistemas proveen para el desarrollo de las sociedades humanas.

Aunque existen factores naturales que los motivan, los cambios en la cobertura del suelo actuales son generados principalmente por la actividad humana, la cual involucra la manipulación de la superficie terrestre con el objetivo de satisfacer alguna necesidad o deseo, individual o de la sociedad (Turner et al; Cassman et al., 2005 citado en Galeana-Pizaña & Jiménez-Ortega, 2020).

Pineda Pastrana (2011), menciona que "tradicionalmente, la medición de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo se realiza con información generada a partir de percepción remota, usualmente fotografías aéreas e imágenes de satélite" (pág. 1). Sin embargo, de acuerdo a Henríquez Dole (2012), "La complejidad de las causas, procesos e impactos en el cambio del suelo ha dificultado hasta el momento el desarrollo de una teoría integrada del cambio de cobertura y uso del suelo" (pág 79). El autor menciona que existe una coincidencia entre los investigadores respecto a la necesidad de enfocar los estudios de los cambios en la cobertura y en el uso del suelo como un sistema que considere la relación estrecha entre los sistemas natural y humano, es decir, incluir la variable social en este tipo de estudios.

En este sentido el presente trabajo de investigación pretende identificar y cuantificar los cambios en la cobertura y el uso del suelo en la comunidad de Coatepec, en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México; determinar la dinámica que se ha presentado en estos cambios durante el periodo 1990-2015, y realizar la recolecta de información relacionada con la percepción ambiental y la valoración de los servicios ecosistémicos locales como aspectos sociales importantes en la definición del uso del suelo municipal. Se considera para lo anterior el uso de las cartas temáticas de uso del suelo y vegetación elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (en adelante INEGI). Series I a la VI, y el diseño y la aplicación de diferentes métodos y

técnicas de investigación social a actores clave y población en general de la comunidad de estudio.

En el primer capítulo de este documento, se mencionan de manera breve los diversos aspectos que lo componen, se hace un planteamiento del tema de investigación, de su importancia y de sus implicaciones, así como de la manera en que se aborda su estudio.

El segundo capítulo corresponde a la formulación del problema de investigación, el cual de acuerdo a Hernández Sampieri (2014), es el corazón de la investigación; los elementos considerados en este apartado son la formulación de la pregunta de investigación, la cual orienta hacia la respuesta que se busca con la investigación; los objetivos, los cuales señalan a lo que se aspira en la investigación; la justificación, en la que tratamos de explicar por qué y para qué del trabajo; y la hipótesis, la cual representa una explicación tentativa del fenómeno investigado, en este caso el cambio de cobertura y uso de suelo, su dinámica y la percepción que de estos conceptos tienen los actores sociales locales.

En el tercer capítulo, marco de referencia, se mencionan algunos conceptos teóricos importantes para una mayor comprensión del tema; se citan y describen a manera de resumen los diferentes convenios y acuerdos internacionales a los que, en relación al tema, nuestro país se ha adherido, así como diferentes leyes, reglamentos, y normas nacionales, estatales y municipales, implicados de manera directa o indirecta en el tema de estudio. Por último, se citan algunos estudios desarrollados en otros países y en la región, así como la fundamentación teórica que respalda este trabajo.

El cuarto capítulo se dedica al diseño de la investigación; se menciona el tipo, el contexto y las fases metodológicas que la integran, así como los procedimientos y actividades encaminadas a generar la información que permita dar respuesta a la pregunta de investigación formulada en el capítulo dos de este trabajo. Se describen las fuentes de información utilizadas, el sistema de clasificación de usos de suelo y tipos de vegetación considerados, los procesos utilizados para identificar los tipos de cobertura y usos del suelo presentes, así como, los procesos de cambio presentes, el mapeo de estos procesos, y los instrumentos de recolección de datos cualitativos considerados en este trabajo.

En el capítulo 5 se plasman los resultados obtenidos en relación a los objetivos y la metodología planteados al inicio del trabajo; se describe el tratamiento de la información obtenida de las fuentes de información, la generación de nueva información y su presentación en mapas y tablas.

La discusión de los resultados se realiza en el capítulo 6. Básicamente se realiza el análisis del planteamiento del problema y las preguntas de investigación en relación a la interpretación de los resultados de la investigación y su significado.

En el capítulo 7, conclusiones se presentan de manera general los resultados del trabajo de investigación. En este mismo capítulo y como resultado de lo anterior se plantean una serie de recomendaciones respecto al fenómeno del cambio de cobertura y uso del suelo en la zona de estudio.

En la sección final del documento se enlistan las fuentes bibliográficas consultadas y algunos anexos derivados del trabajo.

2. Formulación del Problema de Investigación

2.1 Formulación del Problema y Pregunta de Investigación

Ha sido notable que “Durante las últimas décadas se ha acrecentado la preocupación en la sociedad sobre el cambio global, en el que destacan los cambios en los usos del suelo y en el clima” (Acevedo & Delibes-Mateos, 2013, pág. 33). Estos cambios desafortunadamente se han incrementado en los últimos tiempos.

Los cambios de uso y cobertura del suelo se definen como la transformación ocurrida en una determinada unidad espacial, producto de un proceso dinámico de decisiones tomadas en torno al uso de suelo y de diversos factores a escala, regional y/o global que influyen en tales decisiones (Sandoval-Verdugo, 2009; Contreras-Rubio, 2018, en Hernández Robles, 2019). Los primeros elementos afectados por estos cambios son el suelo y la vegetación que se encuentra desarrollada sobre él; durante estos cambios las propiedades y los componentes de estos elementos son alterados afectando procesos y ciclos importantes para el equilibrio de los ecosistemas, tales como el ciclo hidrológico y el ciclo del carbono.

La presencia de cambios de cobertura y usos del suelo tiene múltiples impactos, algunos de los cuales son cambios en el micro y mesoclima, disminución de la infiltración del agua de lluvia, pérdida de la biodiversidad, pérdida de hábitat para flora y fauna nativos, y degradación y pérdida de los servicios ambientales de la naturaleza (Josef-Ihl & Bautista-Zuñiga F., 2019); los cambios, “tienen influencia en procesos naturales como recarga de acuíferos, escurrimiento superficial, pérdida de suelo, entre otros, de ahí la importancia de conocer la dinámica de dicho cambio y sus posibles orígenes” (Trucíos-Caciano, Estrada-Ávalos, Cerano-Paredes, & Rivera-González, 2011, pág. 359).

Recorridos de campo por la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México permiten observar actividades de aprovechamiento forestal, la transición de áreas agrícolas a usos urbanos, la apertura y explotación de áreas dedicadas a la minería, así como el incremento del área urbana, lo cual se extiende poco a poco impactando en la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos locales.

2.1.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál ha sido la dinámica y la tendencia del cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México y qué importancia tiene la percepción y la valoración de los servicios ecosistémicos locales?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

- Analizar las tendencias en el cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de Coatepec en el periodo 1990 - 2019, y su relación con la percepción y valoración de los servicios ecosistémicos locales.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar y determinar las tendencias en los usos del suelo y la cobertura del área de estudio así como su dinámica en el periodo 1990-2015.
- Recoger y examinar información relacionada con la percepción ambiental y la valoración de los Servicios ecosistémicos locales.

2.3 Justificación

La comunidad de Coatepec es uno de los centros poblacionales que integran el municipio de Ixtapaluca en el Estado de México. Esta comunidad, así como el resto de localidades municipales, a su vez forma parte de la denominada Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la cual actualmente está integrada por las 16 alcaldías de la ahora Ciudad de México, 59 de los 125 municipios del Estado de México y Tizayuca, este último, municipio del estado de Hidalgo ("Zona metropolitana del Valle de México", 2020).

La ZMVM se ubica en la sección sur de la altiplanicie de nuestro país, en la llamada Cuenca de México, en la que se encuentra la Ciudad de México. Entre sus características se menciona que la cuenca constituye una cuenca cerrada o endorreica en cuyo interior existe una llanura lacustre, delimitada por una serie de elevaciones que la transforman, además de una cuenca hidrográfica, en una cuenca atmosférica en la que se presentan diferentes fenómenos meteorológicos que

dificultan la circulación y dispersión del aire y otros contaminantes (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2007). Por otro lado:

La cuenca de México forma parte de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transversal que, por su historia y dinamismo geológico, así como por su ubicación en la confluencia e intersección de dos regiones biogeográficas (la neártica y la neotropical) es una de las áreas más importantes en cuanto a biodiversidad en la República Mexicana. (INECC, 2007, pág. 1)

“Para el siglo XV la Cuenca estaba dividida en seis lagos: el de Texcoco, el de Chalco, el de Xochimilco, el de Xaltocán, el de San Cristóbal y el de Zumpango” (DGDC, 2019, pág. 1). Debido a la existencia de estos lagos, de acuerdo a Ruiz-Angulo y López Espinoza, (2015), la zona ha sido lugar de asentamientos humanos desde hace más de 2000 años, y sus poblaciones han propiciado una serie de modificaciones en el medio natural que inician con la modificación de los ecosistemas acuáticos y su posterior desecación.

El proceso de modificaciones continuó a través del tiempo y es durante la décadas de 1940 a 1980 cuando los procesos de industriales y la urbanización llegan a concentrar el 25% de la población del país, y el 45% de la actividad industrial nacional, a generar el 38% del producto nacional bruto, concentrar casi todas las oficinas de gobierno federal, centros de negocios nacionales e internacionales, de las actividades culturales, las principales universidades y los institutos de investigación; todo ello a costa de la transformación vertiginosa y desordenada del entorno natural, sin considerar las características de la Cuenca de México, los ritmos de recuperación de los recursos naturales y los flujos de energía necesarios para mantener los asentamientos humanos de tal magnitud; esta urbe es un gran consumidor e importador de insumos y energía, que se empeña en subsistir bajo una lógica totalmente insustentable (INECC, 2007).

Actualmente el Valle de México presenta una problemática ambiental resultado de la alteración de los ecosistemas locales. En este sentido se sabe que:

La Sierra Nevada Iztaccíhuatl–Popocatepetl le imprime una función ambiental primordial para el Valle de México. En primer término, este bosque constituye un patrimonio invaluable para el equilibrio ecológico de la metrópoli, por su capacidad de generación de oxígeno, así como por la biodiversidad que alberga. En segundo lugar, su clima templado húmedo de alta precipitación pluvial, combinado con suelos altamente permeables que captan y

filtran el agua pluvial, convierte a este municipio en un territorio fundamental para la recarga del acuífero del Valle. (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019, pág. 445)

Dentro de la problemática descrita anteriormente, "... el municipio de Ixtapaluca cobra importancia por poseer la superficie forestal más grande. Desafortunadamente esta superficie ha venido disminuyendo a causa de incendios, plagas, prácticas de cambios de uso de suelo, pastoreo intensivo y tala clandestina e indiscriminada" (Larqué-Saavedra, Valdivia Alcalá, Islas Gutiérrez, & Romo Lozano, 2004, pág. 193). Al respecto:

La problemática ambiental actual en el Municipio puede resumirse, de forma general en los siguientes aspectos: reducción del recurso forestal provocado por la tala ilegal e indiscriminada de árboles; sedimentación de cuencas superficiales y desprotección de las zonas de recarga de acuíferos subterráneos; incumplimiento de las regulaciones establecidas para el manejo de las Áreas Naturales Protegidas y su control; contaminación y sobreexplotación de los ecosistemas; afectación de la cubierta forestal y por la aplicación de prácticas agronómicas inadecuadas; erosión eólica e hídrica debida a la tala, provocando la degradación de los suelos; impacto en el deterioro de la salud de la población y del ambiente en general, principalmente por falta de manejo adecuado de los recursos. (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019, pág. 443)

La situación del medio ambiente municipal descrita anteriormente incluye a la comunidad de Coatepec, la cual es dentro del área municipal una de las comunidades que se encuentra en la zona de transición entre la zona urbana y la zona forestal, con un potencial importante para el desarrollo urbano e inmobiliario al contar con 1, 221.95 ha de tipo ejidal las cuales son susceptibles de un cambio en el tipo de tenencia de la tierra y por lo tanto de uso, lo anterior debido a las reformas de 1992 a la Ley Agraria. Esta situación de hecho ya se presenta en la misma localidad en algunas otras del municipio de municipios vecinos.

En relación a lo anterior se sabe que "los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada" (Lambin, et al, 2001 citado en Velázquez, y otros, 2002). Así mismo, arrojan información de gran utilidad para fomentar la educación ambiental, mejorando la actitud hacia el entorno, y de manera práctica para la implementación de planes e instrumentos de política pública relacionada con la conservación, el aprovechamiento racional y el manejo de los recursos comunes.

Por otro lado, acuerdos internacionales de carácter ambiental como la Agenda 21 y la Agenda 2030, en sus diferentes apartados coinciden en la conveniencia de ejecutar acciones acordadas que requieren conocimientos respecto a la situación que guarda el medio natural en el que se desarrollan las comunidades.

La Agenda 21 menciona en sus secciones I (Dimensiones Sociales), II (Conservación y Gestión de los Recursos para el desarrollo) y IV (Medios de ejecución), puntos 7.28 , 7.29 , 7.30, 7.30 i), 9, 9.21 b), 10.4, 11, 12, 13, 36, 36.8, la conveniencia de llevar a cabo ejercicios de planeación física y hacer uso ecológicamente racional de la tierra; establecer un sistema de información de tierras que las clasifiquen de acuerdo al uso; elaborar planes nacionales para el ordenamiento de los recursos de las tierras; promover en los responsables de formular políticas la conciencia de las secuelas negativas de los asentamientos irregulares en zonas vulnerables desde el punto de vista ecológico; desalentar las políticas no adecuadas de aprovechamiento de la tierra y promover el uso sostenible de recursos terrestres y marinos, y un largo listado de objetivos y metas adicionales en las que estudios como el que se pretende realizar constituyen un apoyo indispensable y le dan sentido y validez al mismo (United Nations, 1992).

Por su parte, la Agenda 2030 en sus objetivos 13.3 y 15.9, referidos a la mejora del entendimiento humano e institucional sobre el cambio climático y su posterior enfrentamiento, y a la integración del valor de los ecosistemas y la diversidad biológica en los diferentes procesos de planificación nacional y local, de desarrollo, reducción de la pobreza y contabilidad respectivamente, considera conveniente contar con información que fortalezca esa sensibilización respecto al cambio climático y la integración de valores (Naciones Unidas, 2015).

En términos generales, los cambios en la cobertura y en el uso del suelo implican consecuencias negativas para los ecosistemas en los que se realizan, sin embargo existen casos, como el abandono de las tierras agrícolas, las áreas que se reforestan, y el decreto de áreas de conservación en las diferentes categorías existentes por mencionar algunos, que representan nuevos sumideros de dióxido de carbono, nuevas áreas para el anidamiento de aves, superficies adecuadas para la captación de agua de lluvia, etc. El cambio de uso de suelo representa no solo un impacto negativo, sino también la posibilidad de una mejora en el ambiente local.

Por lo anterior, es importante conocer el estado actual de las coberturas vegetales, con la finalidad de que sean tomadas como base para elaborar planes de desarrollo, valorar los recursos naturales, reconocer zonas de conservación de recarga de acuíferos, identificar las zonas degradadas, etcétera (Lambin et al. 2001, Velázquez et al. 2002).

2.4 Hipótesis

El cambio de la cobertura y del uso de suelo que se percibe en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México, es resultado de la dinámica de las condiciones socioeconómicas de la población y de la tendencia de la valoración de los servicios ecosistémicos locales.

3. Marcos de Referencia

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Aspectos terminológicos y definiciones

3.1.1.1 Suelo

El suelo es la capa delgada del planeta entre la atmósfera y la roca (Barois, 2020), mezcla de minerales, organismos vivos y muertos (materiales orgánicos), aire y agua (SSSA, 2020), que conforman un material no consolidado, resultado de la acción de una serie de procesos biológicos, químicos y físicos que actúan durante un periodo considerable de tiempo sobre el paisaje, su topografía y sobre diferentes materiales parentales, hasta que aparece algo similar a lo que hoy se conoce como suelo (Burbano, 2009a, en Burbano Orjuela, 2010).

Diversas definiciones de suelo resaltan su papel como soporte para el desarrollo de la vegetación y los cultivos sin embargo la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en adelante FAO), define al suelo como un componente esencial de la "Tierra" y de los "Ecosistemas", en el sentido de que "ambos son conceptos más amplios que abarcan la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, y además abarca también las consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas" (FAO, 2020, pág. 1). Por otro lado, se considera que:

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. No obstante, lo más conocido, es

que el suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial. (Burbano-Orjuela, 2016, pág. 118)

3.1.1.2 Cobertura del Suelo

Al igual que otros conceptos, es fundamental definir el de cobertura del suelo ya que comúnmente se confunde con la definición de uso del suelo. "La cubierta terrestre es la cubierta biofísica observada en la superficie de la tierra" (Di Gregorio, 2005, pág. 1).

De acuerdo a Falcón García (2014), la cobertura "son aquellas superficies naturales o artificiales que cubren el suelo y que pueden ser tanto de origen natural (bosque, sabanas, lagunas, etc.) como a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre" (pág. 5).

Respecto a lo anterior la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (en adelante CONABIO), considera que "El término cobertura del suelo se refiere a la descripción del material físico en la superficie de la tierra, diferenciándose así del término uso del suelo" (CONABIO, 2020, pág. 1).

3.1.1.3 Uso del Suelo

El uso del suelo ha sido definido como el propósito para el cual los humanos explotan la cobertura terrestre. Incluye la manera en que los atributos biofísicos de la tierra son manipulados, así como la intención detrás de esa manipulación, esto es, el propósito para el cual el suelo es usado. (Henríquez Dole, 2012, pág 14)

Al respecto Di Gregorio (2005) afirma que "el uso de la tierra se caracteriza por los arreglos, actividades e insumos que las personas emprenden en un determinado tipo de cobertura terrestre para producir, cambiar o mantener" (pág. 1).

En la definición anterior el autor establece una relación entre las características del ecosistema natural y las acciones de las personas en su medio.

3.1.1.4 Cambio de Uso del Suelo

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (en adelante IPCC) menciona que “un cambio de uso del suelo es un cambio del uso o gestión del suelo por los seres humanos, que puede originar una modificación de la cubierta terrestre” (IPCC, 2013, pág. 202). Así mismo, el informe establece estos cambios tienen un impacto que afecta algunas propiedades del sistema climático del planeta, pudiendo ocasionar efectos climáticos locales o globales.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (en adelante RLGEPA) en Materia de Impacto Ambiental, el cambio de uso del suelo se refiere a la “modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación” (Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 2014, pág. 2).

3.1.1.5 Percepción Ambiental

Una de las principales disciplinas que se ha encargado del estudio de la percepción ha sido la psicología y en términos generales, tradicionalmente este campo ha definido a la percepción como el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización. (Vargas Melgarejo, 1994, pág. 48)

La percepción ambiental se define como “el proceso cognitivo de la conciencia que responde tanto a las sensaciones captadas del mundo natural y social, como también a la organización mental de su significación y simbolización” (Arizpe et al., 1993; Ingold, 2002, en Solórzano Murillo, 2008, pág.16).

Por su parte Tarrío (2009), citando a Lazos y Paré en el 2000 concibe a las percepciones ambientales como “las creencias y opiniones que tienen los individuos y grupos sociales sobre determinados aspectos de su realidad inmediata” (pág. 36).

Las percepciones ambientales son entendidas también, como “la forma en que cada individuo aprecia y valora su entorno, e influyen de manera importante en la toma de decisiones del ser humano sobre el ambiente que lo rodea (Fernández Moreno, 2008).

En México resultan en una temática emergente, centrada principalmente en áreas rurales, y analizada desde un enfoque predominantemente antropológico. Por lo que resulta importante tomar un enfoque integrador que contemple aspectos sociales, ecológicos y físicos, con el fin de conocer y fortalecer los vínculos entre la conservación ecológica y la cultural en contextos determinados.

3.1.1.6 Servicios Ecosistémicos

Ofertar alimentos y agua potable, así como la regulación de enfermedades y del clima representan algunos de los servicios que los ecosistemas prestan y que posibilitan la existencia humana (FAO, 2020).

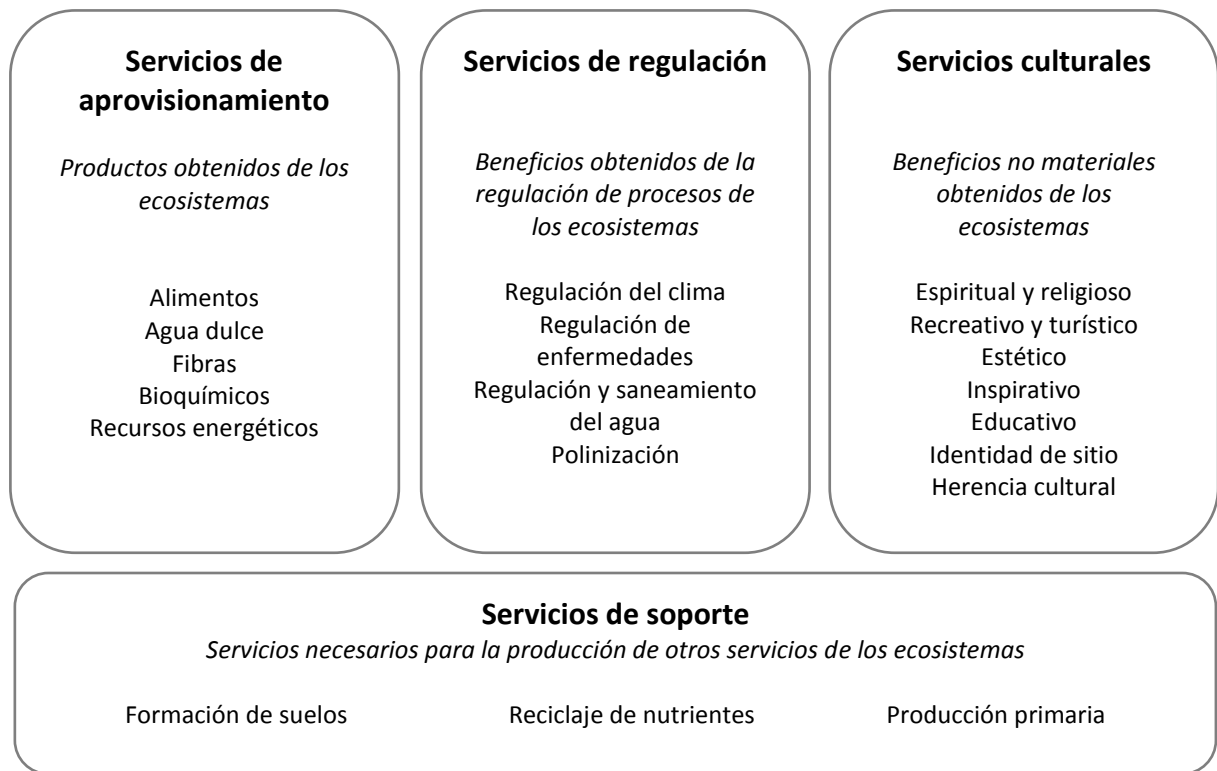
La definición de servicios ecosistémicos propuesta por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (en adelante EM) y que los conceptualiza como "los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas" ha sido una de las más aceptadas hasta el momento, sin embargo existen otras que permiten una mayor comprensión del concepto y que amplían las posibilidades de aplicación en diferentes trabajos de investigación. De esta manera el concepto ha considerado e incorporado elementos de los ecosistemas tales como las condiciones y los procesos presentes en ellos; los bienes y los servicios obtenidos de sus funciones; las funciones que realizan en sí; los procesos ecológicos y los componentes naturales (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2011).

En cuanto a su clasificación, es sobresaliente la propuesta por la EM (Figura 1), la cual considera servicios de soporte, culturales, de aprovisionamiento y los de regulación;

La clasificación que realiza la EM se hace partiendo de la idea central de que existe una relación directa entre las condiciones del ecosistema y el bienestar humano, y considera beneficios agrupados en categorías entre los que se mencionan agua, madera y leña, para la categoría de servicios de aprovisionamiento; servicios que controlan la afectación que pueden tener eventos climáticos, enfermedades, o la calidad del agua, para la categoría de los servicios de regulación; aquellos como la recreación, espiritualidad y educación y que se consideran beneficios no materiales, para los servicios culturales; y aquellos que son la base para la generación de los demás, la formación de suelo, los ciclos biogeoquímicos y la producción primaria, para los servicios de soporte, (Sánchez Porras, Silva Gómez, & Pérez Avilés, 2015).

Figura 1

Clasificación de los servicios ecosistémicos (MA, 2005)



Nota. Fuente: tomado de Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2011.

3.2 Marco legal

El cambio de uso de suelo puede considerarse un problema complejo en alusión al concepto de sistema complejo. En este sentido es un proceso de causas e impactos diversos, la normatividad aplicable a este proceso por lo tanto es amplia y diversa también. Dentro del marco normativo existente que se relaciona con el cambio de uso de suelo se encuentran la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; diversos tratados internacionales, leyes, reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Normas Mexicanas (NMX), decretos, acuerdos, constituciones estatales, leyes estatales y bandos municipales, así como regulaciones varias, algunas de las cuales se mencionan en este capítulo.

3.2.1 Internacional

México ha sido un país que por diferentes razones ha tenido una gran participación en la firma de acuerdos y tratados internacionales a favor del medio ambiente. Algunos de ellos, si bien no de manera explícita, regulan el uso de suelo y su gestión, si lo consideran como un derivado del derecho de las personas al medio ambiente sano, de la conservación de suelos forestales, la protección de los mismos, la diversidad biológica que hay dentro de ellos, los niveles de deforestación y de reforestación de los países miembros de los tratados referentes al tema (Barrientos Reyna, 2015). A continuación mencionaremos algunos de los acuerdos y tratados a los que México se ha adherido y que guardan relación con el tema de cambio de uso de suelo. Inicialmente debemos tomar en cuenta que:

Por tratados celebrados por México, debe entenderse cualquier acuerdo internacional celebrado por escrito entre Estados y regido por el derecho internacional, ya conste en un instrumento único o en dos o más instrumentos conexos y cualquiera que sea su denominación particular" (artículo 2, inciso a), de la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados de 1969), así como aquellos celebrados entre México y organizaciones internacionales (Secretaría de Relaciones Exteriores [SRE], 2020).

3.2.1.1 Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Protocolo de Kioto y Acuerdo de París

Los tratados internacionales firmados por México relacionados con el cambio de uso de suelo tienen que ver con aquellos que tratan el fenómeno del cambio climático. Lo anterior debido a la relevancia que el cambio de cobertura y uso del suelo (en adelante CCUS) representa en la liberación y el almacenamiento de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático.

Uno de los compromisos ambientales adquiridos por México en materia de cambio climático es la Convención Marco de las Naciones Unidas (en adelante CMNUCC) para este tema. El objetivo principal de la Convención fue el de definir los lineamientos que permitieran estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera impidiendo así las interferencias humanas en el sistema climático mundial (UNEP, 2002; PEF, 2009, citado en Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2014).

Con la firma de este tratado, el país se comprometió entre otras a las siguientes acciones:

b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático. (SRE, 1992, pág. 6)

c) Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos. (SRE, 1992, pág. 6)

d) Promover la gestión sostenible y promover y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, inclusive la biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos. (SRE, 1992, pág. 6).

e) Cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático; desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados para la ordenación de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura, y para la protección y rehabilitación de las zonas, particularmente de África, afectadas por la sequía y la desertificación, así como por las inundaciones. (SRE, 1992, pág. 6).

Dentro de estos compromisos no se mencionan como tal el cambio de uso de suelo o el uso del suelo, sin embargo en diferentes informes del IPCC se ha concluido que el manejo de los terrenos puede liberar o secuestrar el CO₂ y otros gases de efecto invernadero (GEI) contenidos en el suelo.

Derivado de la CMNUCC surgió en 1997 el Protocolo de Kioto, en el cual se determinó una reducción por parte de los países desarrollados y las economías en transición del 5% en sus emisiones para el periodo 2009-2012 en relación a las realizadas en 1990; los compromisos para los países no anexados al Protocolo, entre ellos México, consistieron en la elaboración de inventarios nacionales de emisiones, estudios de adaptación y mitigación así como comunicaciones nacionales (SEMARNAT, 2019).

Durante la vigésima primera Conferencia de las Partes (COP 21) celebrada en París se estableció el Acuerdo de París, acuerdo que sustituye al Protocolo de Kioto y cuyo principal objetivo es complementar los compromisos y las actividades contra el cambio climático ya definidas anteriormente. El acuerdo establece la intención de que el incremento de la temperatura mundial no rebase los 2°C durante este siglo y tratar de detenerlo en 1.5°C (Naciones Unidas, 2020).

Los compromisos para nuestro país en relación al Acuerdo de París son generar mediante procesos limpios el 35% de la energía que producirá en 2024 y el 43% de la producida en 2030, así como reducir la emisión de gases de efecto invernadero de vida corta en un 25% y en 51% la de carbono negro (WRI, 2019).

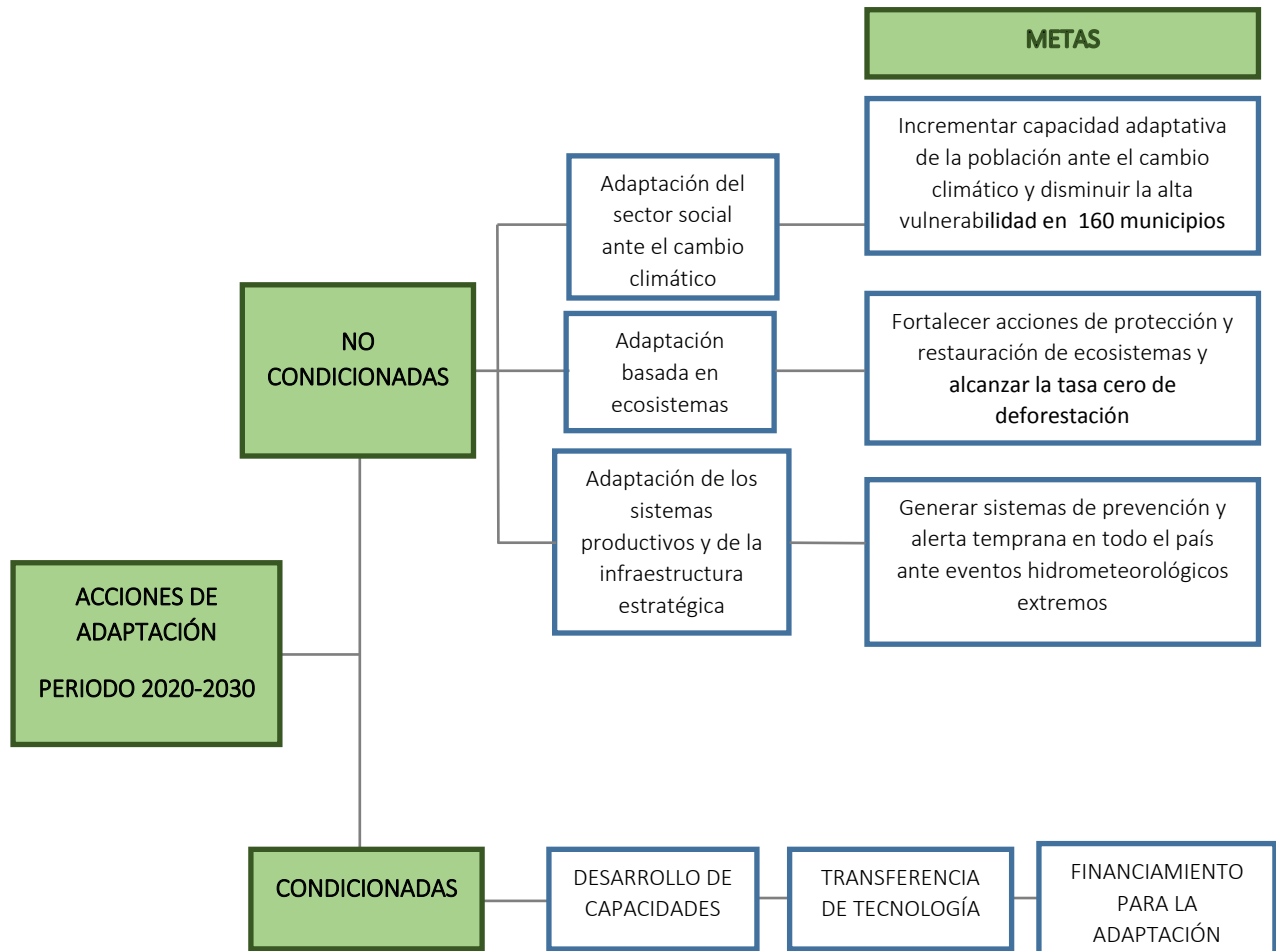
Respeto a lo anterior, México ha establecido las denominadas Contribuciones Previstas y Denominadas a Nivel Nacional (en adelante INDC, por sus siglas en inglés), las cuales de cierto modo limitan y orientan las acciones, proyectos, y políticas en las que se involucre a los ecosistemas terrestres o marinos, contribuyendo así al control del cambio de uso de suelo.

La Contribución de México considera aspectos de adaptación y mitigación (Figura 2). El primero de estos aspectos o componentes contiene medidas que el país puede solventar con sus propios recursos (medidas no condicionadas) y algunas otras (medidas condicionadas) que requieren gestiones para la obtención de recursos adicionales y mecanismos apropiados de transferencia de tecnología (INECC, 2016).

Dentro de las acciones de adaptación no condicionadas al cambio climático propuestas en la INDC de México, se definieron algunas actividades bajo el enfoque de Adaptación basada en ecosistemas. La INDC mexicana plantea llevar a cabo acciones dirigidas al fortalecimiento de acciones de protección y restauración de ecosistemas y el establecimiento de la tasa cero de deforestación (Tabla 1). Específicamente se plantea la Reforestación de cuencas altas, medias y bajas considerando sus especies nativas; el incremento de la conectividad ecológica y la captura de carbono mediante conservación y restauración de ecosistemas, y sinergias de acciones REDD+; así como Garantizar la gestión integral del agua en sus diferentes usos, aspectos que de alguna manera condicionan el cambio de uso de suelo.

Figura 2

Estrategia de adaptación no condicionada y condicionada según la INDC de México



Nota. Fuente: Adaptado de (INECC, 2016).

Tabla 1*Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020 – 2030*

Sector social	Adaptación basada en ecosistemas	Infraestructura estratégica y sectores productivos
Lograr la resiliencia del 50% de los municipios más vulnerables del país	Alcanzar en el 2030 la tasa cero de deforestación	Instalar sistemas de alerta temprana y gestión de riesgo en los tres niveles de gobierno
Incorporar enfoque climático de género y derechos humanos en todos los instrumentos de planeación territorial y gestión de riesgo	Reforestar las cuencas altas, medias y bajas considerando sus especies nativas	Garantizar y monitorear tratamientos de aguas residuales urbanas e industriales en asentamientos humanos mayores a 500,000 habitantes
Incrementar los recursos financieros para la prevención y atención de desastres	Incrementar la conectividad ecológica y la captura de carbono mediante conservación y restauración	Garantizar la seguridad de infraestructura estratégica
Establecer la regulación del uso del suelo en zonas de riesgo	Aumentar la captura de carbono y la protección de costas mediante la conservación de ecosistemas costeros	Incorporar criterios de cambio climático en programas agrícolas y pecuarios
Gestión integral de cuencas para garantizar el acceso al agua	Sinergias de acciones REDD+	Aplicar la norma de especificaciones de protección ambiental y adaptación en desarrollos inmobiliarios turísticos costeros
Asegurar la capacitación y participación social en la política de adaptación	Garantizar la gestión integral del agua en sus diferentes usos (agrícola, ecológico, urbano, industrial, doméstico)	Incorporar criterios de adaptación en proyectos de inversión pública que consideren construcción y mantenimiento de infraestructura

Nota. Fuente: Adaptado de (INECC, 2016).

La INDC nacional toma en cuenta la situación apremiante de los ecosistemas del país y el riesgo que corre su capacidad para generar servicios ecosistémicos “por lo tanto el plan de adaptación basado en ecosistemas consiste en la conservación de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos” (Santillán, 2017).

3.2.1.2 Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sustentable

La Agenda 2030 fue aprobada por los Estados Miembros de las Naciones Unidas en el año 2015; la Agenda establece los 17 Objetivos del Desarrollo sostenible (Figura 3), cuyos propósitos fundamentales son la erradicación de la pobreza, el combate a la desigualdad y la injusticia, así como la atención del cambio climático con fecha límite en el año 2030 (Naciones Unidas México, 2019).

Figura 3

Objetivos de Desarrollo Sostenible



Nota. Fuente Modificado de (Naciones Unidas, 2019)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas se enfocan en la atención y el combate del crecimiento económico, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social (Naciones Unidas México, 2019).

Respecto al tema de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sustentable, México elaboró la Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 en México, en ella se discuten las metas que el país debe perseguir y los ajustes que se deben hacer para alcanzarlas.

Los objetivos establecidas en la Estrategia que presentan relación con el tema del uso del suelo son los objetivos **2 Hambre cero**, el cual tiene que ver con la acciones encaminadas a detener la malnutrición para lo cual es necesario abandonar prácticas productivas como el monocultivo y otras que degradan los recursos comunes y sustituirlas por aquellas que establezcan un sistema

productivo sostenible; **3 Salud y bienestar**, en el que se señala que el diseño y planeación territorial integral será de importancia vital; **6, Agua limpia y saneamiento**, cuya meta general es alcanzar el acceso universal y equitativa del agua así como su cuidado, la mejora de su calidad y su uso y de los procesos de extracción y la protección y restablecimiento de los ecosistemas; **11, Ciudades y comunidades sostenibles**, el que para el caso nacional requiere transversalidad de recursos normativos y financieros de planeación territorial, desarrollo complementario y armónico del sector rural asociado con las ciudades del país y su integración a la dinámica productiva urbana y la consideración de instrumentos como el ordenamiento ecológico y territorial; y **15 Vida de ecosistemas terrestres**, en el para alcanzar las metas generales de este objetivo se plantea la participación de los habitantes, la orientación de superficies a los esquemas de manejo sostenible, la protección de áreas de resguardo para comunidades y especies de distribución restringida, y el fomento del aprovechamiento sostenible (Jefatura de la Oficina de la Presidencia de la República, 2019).

3.2.2 Constitucional

3.2.2.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la ley suprema del país. En el aspecto ambiental el derecho constitucional mexicano a través de diversos ordenamientos jurídicos ha integrado la protección del medio ambiente inicialmente en 1917 cuando se incorporó en el Art. 27 Constitucional la conservación de los recursos naturales y el principio de función social de la propiedad y posteriormente en 1987 al modificar el Art. 73 en el que se integra la reforma ecológica (SEMARNAT, 2018)

En cuanto al cambio de uso del suelo y sus coberturas, existen dentro de la Constitución disposiciones que si bien no lo regulan como tal, si deber ser consideradas para diseñar e implementar políticas de uso, conservación, restauración, que se relacionen con cambios en la cobertura y el uso del suelo propiamente.

El artículo 4o de la Constitución es, en palabras de algunos autores, un conjunto de derechos enfocados al bienestar de las personas. El artículo hace referencia a diferentes garantías individuales a partir del año 1983 el derecho a la protección de la salud y en relación íntima con esta, a partir de 1999, el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

El ambiente de acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente (2018) está constituido por "el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados" (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [LGEEPA], 2018, pág. 2); al respecto se ha demostrado que los cambios en las coberturas y los usos del suelo ponen en riesgo a la mayoría de estos elementos limitando así el ejercicio de este derecho en particular. La constitución, mediante el artículo 4º, al determinar el derecho al medio ambiente sano hace un señalamiento, indirecto, a los cambios de cobertura y uso del suelo.

El artículo 27 de la Constitución se refiere al tema de la propiedad. La Constitución, mediante este artículo, otorga y protege los derechos en cuanto a la propiedad de la tierra, establece que la nación es quien transmite el dominio de la propiedad, para crear la propiedad privada, la propiedad social y la propiedad pública. En el párrafo segundo del artículo se especifica que es la nación quien debe regular el aprovechamiento de sus recursos naturales para solventar las diferentes necesidades de la misma y sugiere el cuidado y conservación de dichos recursos; otorga el dominio directo de dichos recursos y de los bienes continentales y marinos, y en este sentido reconoce a los núcleos agrarios, ejidos y comunidades, como entidades capaces de contraer obligaciones relacionadas con este dominio; indica también que la integridad de los terrenos de los grupos indígenas será protegida por la ley.

La regulación en materia ambiental, de acuerdo al artículo 73 de la Constitución debe ser realizada por diferentes instancias y órdenes de gobierno, las cuales aunque independientes, pueden concurrir para cumplir objetivos de interés común, tales como la regulación de los asentamientos humanos. El artículo 73 constitucional indica que el Congreso de la Unión posee facultad para:

Expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de las entidades federativas, de los municipios y, en su caso, de las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, en materia de asentamientos humanos, con objeto de cumplir los fines del artículo 27 constitucional (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2019, Art. 73, Fracc. XXIX-C).

Otro de los actores importantes en la regulación ambiental son los municipios. El artículo 115 Constitucional hace referencia a su existencia y su papel como base territorial y de organización política y administrativa de los estados; la existencia y autonomía de los municipios es importante para la regulación y la orientación del uso del suelo en el sentido de que se ha comprobado que

en ocasiones las estrategias locales superan a las de escala mayor por el origen de las políticas propuestas, y por otro lado porque esta misma autonomía permite la determinación de actividades que impactan en el territorio. Entre algunas de las facultades que el artículo 115 menciona para los municipios se encuentran las relacionadas con la zonificación, los planes de desarrollo municipal, las reservas territoriales, los planes de desarrollo regional, la utilización del suelo, la tenencia de la tierra urbana, la construcción, las reservas ecológicas y su ordenamiento, y los programas de transporte público (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2019, Art. 115, Fracc. V).

3.2.3 Leyes, Reglamentos, Normas Oficiales

3.2.3.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA desarrolla, precisa y sanciona las disposiciones que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contiene respecto a los ecosistemas, los hábitats naturales, las poblaciones de especies y otros componentes de la biodiversidad, así como las relacionadas con la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas de su jurisdicción (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 2018).

Respecto al uso del suelo y su modificación, la ley menciona algunos conceptos y mecanismos que lo orientan o regulan. En este sentido la ley considera el concepto de "vocación natural" al sugerir que los ecosistemas presentan condiciones, desarrolladas a través del tiempo sin la intervención directa del hombre, que les permiten sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos. A partir de esta idea se puede deducir que la modificación de esas condiciones podría crear alteraciones negativas en ellos, afectando su capacidad para sostener las actividades que venían desarrollando así como los beneficios tangibles e intangibles derivados, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, por lo que la regulación o inducción del uso del suelo resulta necesaria.

El instrumento considerado para llevar a cabo ese trabajo de regulación e inducción dentro de esta ley es el ordenamiento ecológico, el cual define como el "instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias del deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos" (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 2018, Art. Tercero, Fracción XXIV).

La Ley considera diferentes modalidades de ordenamiento ecológico (Artículo 19 BIS de la Ley): General del Territorio; Regionales; Locales; y Marinos.

Un tercer elemento que se relaciona con el uso del suelo y que se considera en esta ley son los asentamientos humanos. Al respecto la ley menciona que “la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, debe considerar una serie de criterios que la regulen” (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 2018, Art. 23).

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente es una ley extensa, de la cual se pueden definir políticas de uso del suelo que beneficien no solo a las sociedades humanas, sino que consideren la salud de los ecosistemas. Lo anterior sin embargo debe articularse con estrategias de tipo social que conduzcan a la apropiación de dichas políticas.

3.2.3.2 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable al igual que la LGEEPA desarrolla, precisa y sanciona disposiciones que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contiene, pero en este caso las dirigidas a los aspectos forestales del país.

La Ley indica que la política nacional en materia forestal deberá tomar en cuenta una serie de principios rectores que guiarán dicha política (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2020, Art. 29) entre ellos:

Asegurar la permanencia y calidad de los bienes y servicios ambientales, derivados de los procesos ecológicos, asumiendo en programas y proyectos, normas y procedimientos la interdependencia de los elementos naturales que conforman los recursos susceptibles de aprovechamiento a fin de establecer procesos de gestión y modelos de manejo integral de los recursos naturales. (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2020, Art. 29, Fracc. V)

La Ley también considera e indica que en la planeación y realización de acciones dirigidas a regular, promover, restringir, prohibir, orientar y en general inducir las acciones de los particulares en los campos social, ambiental y económico, se deberán observar, por parte de las autoridades competentes diferentes criterios de política forestal y que dichos criterios tendrán una naturaleza

de tipo social, ambiental y silvícola, y económicos (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2020, Art. 30, 31, 32, 33)

Un tema importante considerado en la ley y relacionado con este trabajo de investigación es el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Al respecto se establece que:

La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2020, Art. 93)

Algunas otras disposiciones de la ley se relacionan con el cambio de uso de suelo en terrenos incendiados, y en cuyo caso deberán haber pasado 20 años del suceso para que la autorización de cambio pueda ser factible.

3.2.3.3 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

El Reglamento de la Ley Forestal es un ordenamiento cuyo objeto es desarrollar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración (Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2014, Art. 1).

Respecto al uso del suelo el reglamento contiene algunos apartados de interés. Menciona que “los terrenos forestales seguirán considerándose como tales aunque pierdan su cubierta forestal por acciones ilícitas, plagas, enfermedades, incendios, deslaves, huracanes o cualquier otra causa” (Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2014, Art. 119),

En el caso de núcleos agrarios, ejidos o comunidades el cambio de uso de suelo debe realizarse cumpliendo los requisitos exigidos por la ley y el reglamento, uno de ellos y de gran importancia tanto para el posesionario como para el núcleo agrario es el acta de asamblea en la que se acepte el cambio la modificación en el uso del suelo en el terreno respectivo (Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2014, Art. 12, Fracc. IV).

3.2.3.4 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano

La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de México es un cuerpo normativo que tiene por objeto ordenar el uso del territorio y el establecimiento de los conglomerados demográficos y sus sistemas de convivencias, así como determinar las áreas destinadas a la fundación de centros de población y las áreas para su crecimiento, los usos particulares y los fines públicos a desarrollar en zonas o predios determinados del centro de población, tomando en consideración los elementos naturales y las obras materiales que integren los conglomerados demográficos así como la participación ciudadana (Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, 2016, Art. 1, Art 3).

3.2.3.5 Ley General de Vida Silvestre

El objeto de esta ley es “establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción” (Ley General de Vida Silvestre, 2018, Ar. 1).

Respecto a lo anterior, ley define el hábitat como “el sitio específico en un medio ambiente físico, ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado” (Ley General de Vida Silvestre, 2018, Art. 3). Uno de los impactos inmediatos al realizar modificaciones en la cobertura y el uso del suelo es la afectación del hábitat de las especies que lo habitan, por lo que esta ley resulta de importancia en el tema. En este sentido la Ley establece que las autoridades competentes deberán prever “la conservación de la diversidad genética, así como la protección, restauración y manejo de los hábitats naturales, como factores principales para la conservación y recuperación de las especies silvestres” (Ley General de Vida Silvestre, 2018, Art. 5); y, haciendo alusión a los principios de precaución y precautorio, menciona que dichas autoridades deberán además prever “las medidas preventivas para el mantenimiento de las condiciones que propician la evolución, viabilidad y continuidad de los ecosistemas, hábitats y poblaciones en sus entornos naturales (Ley General de Vida Silvestre, 2018, Art. 5, Frac. 2).

3.2.3.6 Ley Agraria

La Ley Agraria "es reglamentaria del artículo 27 Constitucional en materia agraria y de observancia general en toda la República" (Ley Agraria, 2018, Art. 1).

Respecto al uso de la tierra, la Ley indica que los ejidos, a los que les reconoce personalidad jurídica en el artículo 9, podrán adoptar la explotación colectiva de las tierras ejidales cuando su asamblea así lo resuelva, que corresponde a los ejidatarios el derecho de uso y disfrute sobre sus parcelas y los derechos que el reglamento interno de cada ejido les otorgue sobre las demás tierras ejidales y los demás que legalmente les correspondan, considerando tierras ejidales las que han sido dotadas al núcleo de población ejidal o incorporadas al régimen ejidal (Ley Agraria, 2018, Art. 11, 14 y 43).

Es importante mencionar que la propiedad social en nuestro país considera, además de la ejidal, la propiedad comunal, cuyo reconocimiento como tal tiene su origen en la ejecución de alguno de los procedimientos considerados en el artículo 98 de la ley; el uso de las tierras de carácter comunal, su división en distintas porciones según distintas finalidades y la organización para el aprovechamiento de sus bienes son facultades de la propia comunidad (Ley Agraria, 2018, Art. 100).

Lo anterior resulta de importancia para la regulación y orientación del uso del suelo así como las modificaciones que los diferentes terrenos puedan sufrir ya que a más de 100 años de la promulgación de esta ley, actualmente más del 50% de la estructura de la tenencia de la tierra en el país se encuentra en manos de 29 mil 442 ejidos y 2 mil 343 comunidades, es decir, aproximadamente 1,003,000 km² (Patiño Flota & Espinoza Villela, 2015)

3.2.3.7 Ley Minera

Una actividad de alto impacto hacia el medio ambiente, la transformación del paisaje y el deterioro de las capacidades de los ecosistemas como generadores de bienes y servicios para el hombre es la minería, en particular la minería a pequeña escala que se desarrolla tanto en terrenos de propiedad privada como de propiedad social, como sucede en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México.

La Ley minera y sus apartados constituyen una herramienta más para orientar y limitar los usos del suelo, en particular la minería, y sus efectos.

La Ley Minera establece que:

Se sujetarán a las disposiciones de esta ley la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial y de las sales y subproductos de éstas. (Ley Minera, 2014, Art. 2)

La exploración y explotación de los minerales o sustancias a que se refiere el artículo 4 de la ley, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial, y de las sales y subproductos de éstas, sólo podrá realizarse por personas físicas de nacionalidad mexicana, ejidos y comunidades agrarias, pueblos y comunidades indígenas a que se refiere el artículo 2º constitucional reconocidos como tales por las Constituciones y Leyes de las Entidades Federativas, y sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, mediante concesiones mineras otorgadas por la Secretaría. (Ley Minera, 2014, Artículo 10)

Para el caso de la zona de estudio debe mencionarse que la minería existente queda exenta de las disposiciones consideradas en esta ley toda vez que los productos que se extraen y comercializan son derivados de las rocas o los productos de su descomposición y que solo pueden utilizarse para la fabricación de materiales de construcción y debido a que su explotación se realiza por medio de trabajos a cielo abierto (Ley Minera, 2014, Art. 5, Frac. IV y V).

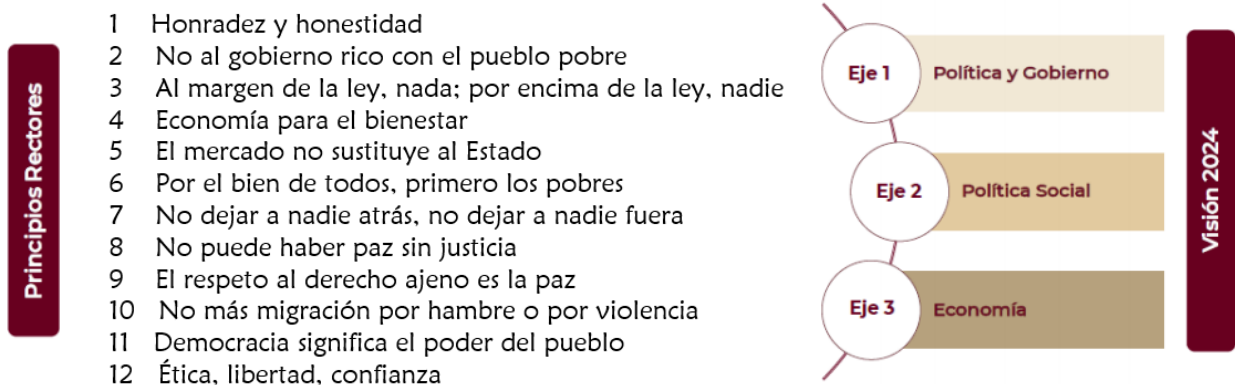
3.2.3.8 Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo es el Instrumento en el que el Gobierno de México enuncia los problemas nacionales y enumera las soluciones que habrá de aplicar durante el sexenio; a la par el Plan constituyen un documento en el que "se plasman los objetivos que se pretende alcanzar y los medios para lograrlo" (Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, 2019).

En este nuevo periodo, 2019-2024, el Programa considera Principios rectores (12), Ejes centrales (3) y la visión hacia 2024 (Fig. 3a).

Fig. 3a

Estructura del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024



Nota: Fuente, Secretaria de Hacienda y Crédito Público, 2019.

En el tema ambiental el Plan considera en el Eje general 2. Política social, que el desarrollo sostenible es indispensable para el bienestar, por lo que se debe impulsar considerando los impactos que las políticas y programas generen en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. En este sentido, el Plan enlista una serie de Programas orientados a impulsar dicho desarrollo; entre ellos se mencionan el programa Sembrando vida y el Programa de Desarrollo Urbano y Vivienda (Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, 2019, pág. 37).

Así mismo, en el Eje general 3. Economía, se proponen programas adicionales que pretenden impulsar el sector agrario nacional y motivar la autosuficiencia alimentaria, lo que sin duda involucra al suelo como el medio en el cual se establecen las áreas de cultivo y producción agropecuaria del país. Programas de interés en este contexto son, entre otros, el Programa de Precios de Garantía para los cultivos de maíz, frijol, trigo panificable, arroz y leche; el programa de Crédito ganadero a la palabra; y el de Distribución de fertilizantes químicos y biológicos (Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, 2019, pág. 55-58).

3.2.3.9 Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023

El Plan de Desarrollo del Estado de México es un instrumento de planeación en el que se identifica la problemática estatal, y se proponen una serie de objetivos, metas y líneas de acción para atenderla.

Respecto al tema ambiental el Plan se propone como objetivo, en el denominado Pilar 3 Territorial, adoptar medidas para combatir el cambio climático y mitigar sus efectos, para lo cual considera líneas de acción que de manera indirecta condicionan el uso del suelo y las modificaciones de las que puede ser sujeto. Se mencionan en este sentido la homogeneización y la vinculación de instrumentos de planeación territorial, ambiental y urbano, la conservación de la cobertura vegetal, la implementación del ordenamiento territorial y el impulso a la participación ambiental (Gobierno del Estado de México, 2018).

3.2.3.10 Programa Regional III Chimalhuacán

Los Programas Regionales son complementarios del Programa Estatal de Desarrollo; en ellos se incluyen, a nivel región geográfica estatal, los proyectos y acciones a considerados como prioritarios o estratégicos, en función de los objetivos y metas fijados en el Programa de Desarrollo Estatal y sus Programas Sectoriales (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México, 2020).

Al igual que el Plan de Desarrollo del Estado de México el Programa Regional III se encuentra compuesto por 4 pilares de acción:

1. Pilar social
2. Pilar económico
3. Pilar territorial
4. Pilar seguridad

Entre las líneas de acción propuestas en el Programa resultan de interés para el tema de uso del cambio de cobertura y uso del suelo las referidas a la población y al territorio, entre las cuales se mencionan la preservación armónica de los ecosistemas, la biodiversidad y el medio ambiente, la gestión sostenible de los bosques, la reducción de la deforestación, la contribución al ordenamiento territorial y desarrollo urbano y metropolitano inclusivo, competitivo y sostenible (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México, 2020).

3.2.3.11 Plan de Desarrollo Municipal de Ixtapaluca 2019-2023

El Plan de Desarrollo Municipal, es el instrumento de Planeación Municipal, en el que se expresan las prioridades, los objetivos, las estrategias y las líneas de acción generales en materia económica, política y social para promover y fomentar el desarrollo integral y el mejoramiento en la calidad de

vida de la población y orientar la acción de este orden de gobierno y los grupos sociales del municipio hacia ese fin (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019).

En el caso particular del municipio de Ixtapaluca, al cual pertenece la comunidad de Coatepec, el Plan de Desarrollo Municipal menciona respecto al uso del suelo que, de la superficie urbana y urbanizable, los usos habitacionales representan el 86%, los centros y corredores urbanos conjuntan el 3.6%, las áreas de equipamiento el 5.8%, en la cual se incluye la superficie definida a la construcción de un Puerto Seco, y un 3.9% de superficie adicional para usos industriales. En cuanto a los usos no urbanos se encuentran integrados por el Área Natural Protegida del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Zoquiapan y Anexas, así como por las áreas de bosque externas al parque y por superficies agrícolas, lo que representa el 96% de la superficie no urbanizable. En este sentido se menciona que la estrategia para el desarrollo urbano del municipio consiste en la ordenación de los usos del suelo, la consolidación de las áreas existentes, la incorporación de zonas con vocación urbana y la reestructuración del territorio (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019).

3.3 Marco teórico

3.3.1 Antecedentes

El concepto de "cambio de uso de suelo", traducción literal de *land use change*, se acuñó a finales del siglo XIX en el ámbito de las ciencias sociales (geografía humana, principalmente) y en agronomía, dado que "el uso del suelo" es el resultado de la actividad del hombre sobre la cubierta del suelo, es decir, se trata de patrones primordialmente culturales. Posteriormente, con el uso de la fotografía aérea se acuña el término "cubierta" y se formula la dupla "Cambio de uso/cubierta del suelo" (CCUS) (Land use/cover change o LUCC por sus siglas en inglés), siendo, hasta la década de los 70, una noción dominante en las ciencias de la tierra. Después de los años 90 los estudios respecto de este tema tienen un auge sin precedente, las tendencias y los usuarios cambian, no obstante el abordaje teórico al concepto CCUS, en cada ámbito disciplinario, difiere de manera significativa (Velázquez, Bocco, & Siebe, 2014).

Respecto a lo anterior Torres-Rojo, Magaña-Torres, & Moreno-Sánchez, 2016, menciona que en México hay esfuerzos por realizar la cartografía del uso del suelo y para evaluar la dinámica espacio-temporal de la cubierta vegetal, análisis conocido como de cambio de uso/cobertura del suelo (Berry et al., 1996). Muchos de estos análisis se han realizado con objetivos, criterios (evaluación y clasificación de coberturas) y escalas diversas, por lo cual los análisis de cambio de

cobertura/uso del suelo no son homogéneos, y los resultados no son comparables en la mayoría de los casos.

El análisis de la dinámica de cambio de uso de suelo en México, se ha realizado en formas diversas: 1) análisis espaciales comparativos que identifican con varias escalas los patrones de cambio (Mendoza y Dirzo, 1999; Velázquez et al., 2002; 2003); 2) los que identifican una relación causal entre variables institucionales (Bray et al., 2004; 2008) socioeconómicas y físicas con el uso de modelos dinámicos o estáticos estatales (Torres y Flores, 2001) municipal (Deininger y Minten, 2002) locales o regionales (Dirzo y García 1992; Mendoza y Dirzo, 1999; Ochoa y González, 2000; Trejo y Dirzo, 2000; Chowdhury, 2006; Castillo-Santiago et al., 2007), en una comunidad (Alix-García et al., 2005; Alix-García, 2007; López, 2012) o de un pixel (Muñoz et al., 2003). Todos tienen ventajas y desventajas metodológicas dado el nivel territorial usado y la información disponible.

Para México existen estudios sobre el cambio de la cobertura, muchos de ellos se dirigen sólo a la pérdida de bosque mientras que otros al cambio de la cobertura en general. En ambos casos, los resultados varían debido a las diferencias en el área de estudio, el tiempo de análisis, datos utilizados, metodologías para la elaboración de mapas y detección de cambios, detalle en la descripción de las clases, consideraciones cartográficas tales como la proyección, escala de mapeo o resolución, área mínima cartografiable, etc. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2020).

3.3.1.1 Investigaciones previas

Tomando en cuenta lo anterior se citan a continuación algunos trabajos que se revisaron durante la realización del presente trabajo y que sirvieron como antecedentes en su elaboración.

Eguía Lis, (1994) realiza un estudio cuyos objetivos principales son establecer hipótesis sobre la serie de transformaciones vegetales que se han venido dando a partir de la última glaciación, hasta llegar a la época prehispánica y colonial en la región de Tenango del Aire y zonas aledañas en el Estado de México, hacer una evaluación aproximada del uso del suelo y el grado de impacto sobre las comunidades vegetales, y evaluar los cambios, en términos de extensión y distribución de la cobertura vegetal y destino de uso de suelo, entre los años de 1956 y 1983. Utilizando A partir de la información paleobiológica, paleobotánica, así como de distribución de la vegetación y flora más recientes en la Cuenca de México, se estableció una distribución hipotética del paisaje en los años 6000-500 anteriores a 1994 y con base en la interpretación de cartografía histórica se elaboraron mapas de distribución hipotética vegetal para el periodo prehispánico. Los cambios en

el paisaje así como de uso de suelo durante el periodo colonial en el área de estudio, se identificaron a partir de la información contenida en dieciocho mapas, que abarcan desde 1574 hasta 1865. La base general de los mapas correspondientes a los años 1956 y 1983 fueron fotografías aéreas pancromáticas en blanco y negro, escala 1:50,000 para el año 1956 y escala 1:80,000 para el año 1983. Se elaboraron dos mapas de vegetación y uso del suelo, uno escala 1:50,000 y otro escala 1:80,000, utilizando como plano base la carta topográfica Amecameca elaborada por la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL). Para llevar a cabo la comparación del área de cada rodal entre los mapas de diferentes escalas, se hicieron una serie de ampliaciones en el mapa de escala 1:80,000 con el fin de uniformizarlos. Las superficies fueron calculadas por el Método de Pesado (Stranderb, 1975). Finalmente se obtuvieron mapas que muestran el porcentaje de cambio por uso de suelo durante los últimos 500 años. Se concluye que originalmente la región estuvo ocupada por extensas áreas de bosque templado de pino-encino y mesófilo de montaña; al final del periodo prehispánico la zona impactada era de aproximadamente 11% del total del área, durante la colonia el área de impacto cubría un 33% y para 1983 se observó un impacto del 90% aproximadamente. El estudio concluye que el grado de modificación del paisaje dependió tanto de la presión demográfica y demanda de los recursos bióticos como del método de explotación y el desarrollo tecnológico de la sociedad que emplea el medio.

González-Hernández (2016) analiza el cambio de uso del suelo agrícola y forestal del Distrito Federal en el periodo 2005-2013. Utilizando imágenes de satélite SPOT 5, cuatro de ellas pancromáticas de 2.5 metros de resolución espacial, cuatro multiespectrales de 10 metros de resolución y cuatro fusiones, que cubren la totalidad de la Ciudad de México, interpretación de fotografías aéreas de alta resolución de áreas rurales específicas de la ciudad, se detectaron áreas con presencia de cambios, persistencias, pérdidas y ganancias en cada uso de suelo. En este trabajo se encontró que más de 1,190 ha de bosque fueron deforestadas en el periodo de ocho años de análisis; las zonas agrícolas perdieron más de 1,100 ha; las zonas urbanas registraron un incremento de más de 2,300 ha en ese mismo periodo.

En **2019 Hernández-Robles**, determinó la dinámica de cambio de uso de suelo y coberturas vegetales ocurridas en el periodo 1993-2015, en el área del derrame de lava del volcán Xitle en la Ciudad de México. La generación de datos requirió la elaboración de cartografía de uso del suelo y vegetación mediante el método de clasificación interdependiente con la interpretación visual de ortofotos digitales y una imagen satelital SPOT 6 usando el software ArcMap versión 10.5. El análisis de la información se realizó mediante una matriz de tabulación cruzada, la obtención de

indicadores de cambio e índices de permanencia, así como la estimación de las tasas de cambio para el periodo de estudio.

Para lo anterior se usaron la Carta de uso del Suelo y Vegetación Serie I de INEGI, escala 1:50,000 del año 1997; Ortofotos digitales, cuatro, escala 1:20,000, de INEGI; imagen SPOT6 de alta resolución espacial (2.5 y 6 metros), bandas pancromática, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, de fecha febrero de 2015. Los ortofotos digitales fueron corregidos geoméricamente en el programa ENVI versión 5.3 mediante puntos de control terrestre y el uso de imágenes SPOT previamente rectificadas.

Las clases o categorías empleadas en el trabajo se determinaron a partir de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie I clave E-14-A-49 del INEGI, (1977).

Los resultados indican que 382.21 ha de las 7,882.69 ha que comprenden el área del derrame han sufrido alguna modificación en el uso del suelo y cobertura vegetal en el lapso de 22 años. De lo anterior, la infraestructura urbana registro un incremento de 261 ha, por lo que se concluye que el principal factor de cambio en el área está relacionado a procesos de urbanización, reduciendo el matorral en 110.51 ha, el bosque en 90.81 ha y afectando otras categorías como la agricultura, las zonas sin vegetación aparente y el pastizal. Los indicadores de cambio e índices de permanencia utilizados en el estudio demuestran que la dinámica de cambio en el área del derrame no es muy amplia y que las categorías analizadas tienden más a persistir que a ganar o perder superficies. Finalmente se observa que las tasas de cambio para la mayoría de los usos del suelo y coberturas vegetales son bajas y presentan un valor negativo.

En **2013, Acevedo & Delibes-Mateos**, realizan una revisión de trabajos para determinar los efectos de los cambios en los usos del suelo en las especies cinegéticas en el sur de España a partir del año 1960 y hasta principios del año 2000, así como sus repercusiones para la gestión. El trabajo de revisión arrojó que entre las décadas de 1960 y 1990 la región de estudio presentó aumento de zonas urbanizadas y la intensificación de zonas agrícolas. Por otro lado los cultivos agrícolas se incrementaron y los cultivos herbáceos en secano disminuyeron en superficie ocupada. De la superficie perdida de cultivos herbáceos en secano un porcentaje se transformó en cultivos leñosos. Sin embargo en las zonas de montaña las parcelas de secano se abandonaron y se transformaron en pastizales y matorrales, lo que deduce una zona de intensificación productiva en las zonas mecanizables y una renaturalización del medio en áreas donde la agricultura era una actividad marginal. Respecto a lo anterior y en relación con la fauna menor de carácter cinegético, los autores del estudio observaron que durante las últimas décadas las poblaciones de

perdiz y conejo tuvieron una tendencia aparentemente regresiva, en tanto que con la liebre sucedía lo contrario. El motivo de lo anterior aparentemente fue el aumento de las áreas de matorral y arbolado como consecuencia del abandono de las prácticas agrícolas.

Las especies de caza mayor y los efectos de los cambios de uso de suelo sobre ellas, presentaron escenarios diferentes. El abandono de las actividades tradicionales en las zonas rurales de la alta montaña propició una homogeneización del paisaje dominado por la vegetación natural y por la baja presión humana, en la que especies como el jabalí, el ciervo y la cabra montés, pudieron expandirse e incrementar sus poblaciones.

La revisión realizada por los autores del estudio comentado los ha llevado a afirmar que los usos del suelo, por lo tanto los cambios que en ellos se producen, son capaces de modular los patrones de distribución y abundancia de especies como los ungulados silvestres que presentan un elevado valor ecológico y socioeconómico.

Arriaga Rivera (2014) realizó un estudio cuyo objetivo principal fue comparar y cuantificar la ocupación del uso del suelo municipal en el periodo 1980-2000 mediante el diseño de un módulo desarrollado en el software Delphi y operado bajo la plataforma de Idrisi Kilimanjaro; el estudio utilizó imágenes Landsat en las que se destaca el uso del suelo.

Dentro de los resultados relacionados con el cambio de uso de suelo en este trabajo el autor destaca que el uso urbano aumentó significativamente, pasó de 19.236 a 21.293 km²; el agropecuario disminuyó de 85.415 a 82.468 km²; el forestal aparentemente creció ya que al inicio del periodo estudiado consideraba 149.218 km² en tanto que al final del ejercicio la superficie ocupada por esta categoría paso a 164.701 km²; la categoría sin vegetación disminuyó pasando de 39.835 a 15.734 km²; y el pastizal creció pasando de 25.268 a 34.775 km²ha. En el caso del uso forestal y el incremento en superficie registrado para esta categoría se argumenta que parte de la superficie clasificada como sin vegetación pasó al forestal para el año 2000, debido tal vez a los trabajos de reforestación y obviamente a su inclusión dentro de esta última categoría. En cuanto a la transición entre categorías el uso urbano registra un incremento de 9.566 km² procedentes de áreas categorizadas como agropecuarias; el forestal registró un incremento de 12.241 km² procedentes de la categoría sin vegetación y 13.860 km² del pastizal; el pastizal registró un aumento de 11.152 km² procedentes del área forestal.

En 2014 **Falcón García**, analiza la dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, y evalúa la influencia de las políticas públicas en una región compuesta por diferentes ejidos del estado de

Quintana Roo a partir de la implementación del Plan Piloto Forestal de 1984. La evaluación de la dinámica de cambio consideró el uso de imágenes Landsat TM e imágenes SPOT. Las imágenes fueron objeto de tratamiento digital para el mejoramiento y realce de la información contenida en ella. El proceso de clasificación se realizó utilizando el método de clasificación interdependiente propuesto por FAO (1996). Para llevar a cabo la interpretación visual de cada una de las imágenes obtenidas se hizo uso de una leyenda que consideró los tipos de cobertura/uso del suelo presentes en el área. Los mapas generados fueron sometidos a un proceso de evaluación de fiabilidad con base los trabajos realizados por Mas en 2011. En cuanto a la evaluación de la influencia que las políticas públicas han tenido sobre la dinámica del cambio de la cobertura/uso de suelo el autor realizó entrevistas a miembros de la autoridad ejidal de los diferentes núcleos agrarios participantes. Las entrevistas estuvieron dirigidas a recabar información acerca de la situación actual de sus Áreas Forestales Productiva (AFP), o en su caso sobre su Manejo Forestal Comunitario (MFC), y sobre las actividades agropecuarias históricas.

Entre los resultados obtenidos en el estudio se mencionan la obtención de mapas de cobertura/uso del suelo, 24 mapas, a partir de los cuales se realizaron matrices de cambio por ejido. Las matrices de cambio permitieron identificar los incrementos y decrementos en las superficies de las categorías identificadas en el estudio.

En cuanto a la relación entre la dinámica de cambio y la información social generada en la revisión bibliográfica que para tal fin se llevó a cabo, así como la obtenida en las entrevistas, se identificó que en la región estudiada se presentaron casos en los que existen ejidos que han logrado consolidar sus técnicas de manejo sustentable y proporcionar un valor agregado a sus recursos forestales, y también existen ejidos que se han encontrado con un sinnúmero de tropiezos para lograr avanzar en este rubro, y que por lo tanto se han visto en la necesidad de apostar por financiamientos de tipo agropecuario, y el fomento de este uso del suelo.

En **2015, De la Torre Paredes**, evaluó la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación en el municipio de Nicolás Romero en los años 1970, 2005 y 2011, así como sus implicaciones en la provisión de servicios ecosistémicos por medio de un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA).

El SIGMA se refiere, de acuerdo al autor del trabajo, como el “conjunto de herramientas geoinformáticas que almacenan información del medio biótico (riqueza específica, abundancia relativa, distribución de especies de flora y fauna, etc.), del medio abiótico (geología, edafología, hidrografía, clima), y del medio socioeconómico (estructura y condición social, condición

económica e histórico-cultural), cuya gestión y análisis de datos permite la salida de información temática que permite obtener una caracterización medioambiental, que puede utilizarse en la planificación del manejo y gestión de los recursos naturales".

Los insumos utilizados en este trabajo consideran fuentes de información análoga y digital entre la que figuran cartas de uso de suelo y vegetación elaboradas por INEGI, escala 1:50,000, cartas edafológicas y geológicas, de la misma escala y elaboradas también por el instituto; Censo de Población y Vivienda (2005-2010), elaborados por INEGI; datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250,000 (2005, 2011); imágenes pancromáticas de la interfaz Google Earth (2014); Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013); Normales Climatológicas de 64 estaciones meteorológicas (SMN, 2010); y Red Hidrográfica 2.0 escala 1:50,000 (INEGI, 2010). Fue necesario el uso de ArcView 3.1, Google Earth, Microsoft Excel y Quantum Gis, para el procesamiento de la información, y la obtención de resultados. También se hizo uso de algunos índices y modelos entre los que se mencionan el Sistema de clasificación de Köppen, modificado por García; el Índice pluviométrico de Lang; el Índice de aridez mensual de Gaussen; la Tasa de Crecimiento Anual Geométrico Simplificado por Bocaz; entre otros.

El trabajo se realizó en 3 fases principales, la primera de ellas dedicada a la recopilación de información relacionada el medio natural y socioeconómico, el procesamiento y registro de esta en diferentes sistemas y bajo diferentes consideraciones y formatos; la segunda fase correspondió a la elaboración de la cartografía temática para lo cual se realizó un análisis espacial de la información vectorial obtenida en la etapa anterior, para la posterior elaboración de mapas temáticos de curvas de nivel, climáticos (temperatura, precipitación y evapotranspiración), cartografía de riqueza de especies, y la correspondiente al subsistema social. En una tercera fase se procedió a la aplicación de modelos para evaluar la calidad y fragilidad de la vegetación, la integridad ecológica y los servicios ecosistémicos. Para evaluar la dinámica de cambio de uso de suelo se realizaron las reclasificaciones homologadas de información digitalizada y de ficheros de formas disponibles en el portal de INEGI para comparar la superficie (en hectáreas) y pixel por pixel. Los datos vectoriales se rasterizaron con la misma escala que el resto de la cartografía temática. Con base en la superficie vegetal se realizó una matriz de transición para representar la cantidad y el tipo de cambio en los tres años. Para realizar la propuesta de modelos territoriales para evaluar la calidad y fragilidad de la vegetación se consideraron las características intrínsecas del municipio y con base en la literatura se describió cada indicador propuesto. Una vez aplicados, ambos modelos se fusionaron para obtener un análisis de la integridad ecológica de Nicolás Romero. Finalmente se aplicó un modelo para realizar la estimación de la capacidad del

municipio de proveer servicios ecosistémicos para los cuales se realizó una adaptación de categorías a evaluar.

Dentro de los resultados obtenidos se mencionan la elaboración de un total de 18 mapas temáticos del medio natural (13 del subsistema biótico y 5 del sistema biótico), 9 mapas del medio socioeconómico y 6 mapas producto de la aplicación del SIGMA en modelos territoriales.

En **2017, Frágoso López**, con el apoyo de sistemas de información geográfica y utilizando imágenes espectrales de mediana resolución tomadas por el sensor Landsat, así como información obtenida a través de la participación comunitaria para identificar factores y problemáticas del cambio de uso del suelo, evalúa el cambio de cobertura y uso de suelo en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo,

La detección de cambios de uso de suelo, se realizó a partir de una secuencia multitemporal de imágenes corregidas de forma radiométrica y geométricamente. Para el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el periodo determinado se utilizó el software ENVI 4.5, las imágenes corregidas fueron clasificadas mediante el proceso conocido como clasificación supervisada de imágenes multiespectrales. Posteriormente los resultados de los procesos de clasificación de imágenes fueron vectorizados y procesados en el programa ArcGis 10.2, obteniendo una cobertura vectorial y realizando una intersección de las coberturas de uso de suelo elaboradas. El paso siguiente consistió en trabajar en la tabla de atributos de las coberturas dando como resultado los usos de suelo correspondientes a los años inicial y final del estudio así como la cuantificación de la superficie para cada caso. La tasa de deforestación se obtuvo usando la ecuación propuesta por FAO, 1966. Una vez realizado el proceso anterior y corroborados los datos en campo se elaboraron los mapas temáticos correspondientes, los cuales dieron un panorama visual del cambio que ha existido en la zona de estudio.

En la parte social del estudio se hizo uso de técnicas y herramientas de investigación que permitieron a las comunidades realizar un autodiagnóstico y gestión de su planificación y desarrollo. Las actividades realizadas en este aspecto fueron la Evaluación o diagnóstico, la Planeación, la Gestión, la Integración de propuesta y el Análisis o aprobación a las asambleas de los ejidos involucrados. Básicamente lo que se buscó en esta etapa de Evaluación Rural Participativa (ERP) fue usarla como instrumento de análisis de la situación actual en el aspecto social, focalizando su aplicación a la identificación de las necesidades, potencialidades y limitaciones de uno de los ejidos participantes, y enfocarla a las actividades de éxito de otros de los ejidos, para posteriormente realizar comparaciones en cuanto a las realidades sociales,

económicas y políticas de los núcleos agrarios. El trabajo mediante ERP buscó también entender y comprender la problemática desde un punto de vista social, en el que existieran dos situaciones diferentes o realidades diferentes, a las que la gente tuviera oportunidad de proponer alternativas de solución con la finalidad de que sus recursos naturales sean una opción en el mejoramiento de su calidad de vida al mismo tiempo que considere la conservación y cuidado del recurso para futuras generaciones.

Entre los resultados obtenidos de este trabajo se determinó que de manera general todas las categorías identificadas presentaron cambios en aumento o disminución de cobertura, siendo las más notables el bosque de encino pino que se redujo en un 16.88%, y el bosque perturbado, el cual aumentó en un 11.75%. Adicionalmente, las ERP realizadas permitieron identificar problemas de deforestación en uno de los ejidos considerados en el estudio, así como sus causas, entre las que se encuentran la tala legal e ilegal, las plagas e incendios, la desorganización de ejidatarios, una economía limitada, la corrupción, entre otras. Por otro lado, y en contraste a lo encontrado en el primero, en el segundo ejido, similar en condiciones biofísicas, se encontraron situaciones de éxito debidas a que no hay repartos directos de recursos económicos hacia sus integrantes y los fondos son utilizados para obras comunitarias, reinversión a las áreas forestales y a la inversión en otros proyectos como el ecoturismo.

Los trabajos citados anteriormente tienen como objeto de estudio el cambio de uso del suelo para la comprensión de la dinámica del cambio, la disminución o incremento de las superficies, coberturas o usos del suelo a través del tiempo, así como las etapas, los métodos, insumos y procesos considerados para tal fin, sin embargo, los estudios del cambio de la cobertura y del uso del suelo también se han realizado para analizar su efecto en elementos específicos de los ecosistemas.

López Vazquez, Balderas Plata, Chávez Mejía, Juan Pérez, & Gutiérrez Cedillo en 2014 llevan a cabo un análisis de los cambios de uso de suelo en 14 municipios de la región mazahua del Estado de México y determinan las implicaciones sociales y económicas que se derivan de este proceso. El estudio se sustenta en la geografía socioeconómica de Bonfil (1996) y los procesos de cambio de uso del suelo de Fernández y Prados (2010). Los insumos utilizados en el estudio son básicamente imágenes satelitales Landsat TM con resolución espacial de 30 metros, a partir de las cuales se definieron coberturas de interés para el análisis. Los mosaicos en los que se definieron las coberturas antes mencionadas se importaron y procesaron en Idrisi Selva 17.0, posteriormente usando el procedimiento de cambios basados en clasificación supervisada por el método de máxima probabilidad con el software IDRISI Taiga 17.0, se hizo una clasificación independiente. Así

mismo, el cambio del uso del suelo se examinó mediante tabulación cruzada de las imágenes clasificadas del 2000 y 2010. Se obtuvieron mapas clasificados de uso del suelo 2000 y 2010 y también se elaboró una tabulación cruzada donde se muestra la superficie y los porcentajes para cada año de uso de suelo, ganancias, pérdidas, persistencia y porcentajes. El trabajo incluyó recorridos de campo en espacios geográficos aleatorios dentro del área de estudio con la finalidad de observar y registrar en distintas épocas del año, los espacios con cambios de uso de suelo, donde se verificaron los resultados obtenidos de las imágenes de satélite observando los cambios a simple vista cercanos en las vías de comunicación, como construcciones en proceso o en obra negra. El estudio incluyó además el cálculo de la tasa de pérdida anual de deforestación con base en la fórmula elaborada por FAO en 1996, y el cálculo de la tasa de crecimiento de población de acuerdo con Maldonado, 2005.

Los resultados del trabajo muestran entre otros una pérdida de bosque; social y culturalmente se pierde una fuente de bienes para los habitantes locales; pérdida o disminución del hábitat de animales silvestres, algunos de ellos comestibles o de alguna otra importancia cultural local. En particular, la deforestación está relacionada con la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la erosión de los suelos, entre otros. Esto es importante en áreas rurales, donde existen numerosas presiones sobre el uso del suelo por agricultura, silvicultura y actividades de conservación y recreación.

En la cobertura de asentamientos humanos el autor concluye para el año 2000, se observa un incremento en el número de viviendas, vías de comunicación, zonas industriales, centros comerciales y escuelas. Además la tasa de crecimiento poblacional para ese lapso de 10 años en el área mazahua calculada fue de 1.9% a partir de los Censos de Población y Vivienda de INEGI 2000 y 2010, a este paso se incrementaría la futura demanda de más suelo para asentamientos humanos, áreas verdes y mayor producción de alimentos.

En el periodo analizado de 10 años ocurren cambios en 49.39 % del área mazahua. Los principales procesos de cambio originados por la actividad humana son el cambio de uso del suelo de bosque a pastizales, el de pastizal a agricultura de riego y hacia agricultura de temporal, y el cambio de agricultura de riego y temporal al de asentamientos humanos. El cambio de la cubierta forestal en particular ocasiona dos impactos básicos para los habitantes del área mazahua: el primero es la reducción de bosque y el segundo es la disminución de la capacidad de captación de agua como bien y servicio ambiental, consecuencia de procesos de degradación del suelo.

Derivado de lo anterior se presenta una recuperación de zonas agrícolas lo cual incrementa la demanda de agua para las actividades agrícolas y ocasiona su disminución en los cuerpos de agua.

Por otro lado, la modificación del modo de vida regional altera el uso de suelo, se identifica un modo de vida más "urbano" que se hace evidente al aumentar de manera gradual el número de viviendas y de población.

3.3.1.2 Estudios Relacionados con la Percepción

Serra Pompei, Vide Pifarre, Briansó Martínez, Carrasco Dominguez, & Amorós Monrabá (2014) en el contexto de que en la comunidad de Curral, Velhó, los servicios ecosistémicos (SEs) ofrecidos por el mangle, son poco visibles, reconocidos y protegidos, y que tanto la legislación como las políticas que pretenden gestionar estos ecosistemas no actúan de acuerdo de la importancia que representan, a partir de la percepción de la comunidad realizan un análisis de los SEs proveídos por estos ecosistemas, con el objetivo de demostrar la importancia que tienen y para involucrar a la comunidad en la solución de la problemática ambiental, ya sea en lo toma de decisiones o a partir de su participación en actividades de protección o la denuncia de actividades insostenibles. Para ello se apoyan de una serie de metodologías de investigación social entre las que se mencionan los Free listings, las Entrevistas estructuradas, la Observación participante y los Grupos focales.

El estudio consideró una fase de revisión de literatura en profundidad para identificar y caracterizar los SEs de los manglares, así como una fase de investigación en la cual se aplicaron diferentes técnicas y/o instrumentos de recolecta de información, específicamente: Observación participantes, para establecer contacto con la comunidad, conocer la cultura y la organización social local; Grupos focales, como una modalidad de entrevista grupal abierta y estructurada con preguntas orientadoras que permitió que los entrevistados, discutieran y elaboraran, desde la experiencia comunitaria, conocimientos sobre los sistemas ecosistémicos de los manglares, sus usos y vínculos con el modo de vida comunitario; Free listings, también llamados listados libres, fueron utilizados para identificar los ESs y su importancia por medio del orden de prioridad de estos servicios en la vida de la comunidad; y encuestas de valoración, realizadas utilizando un diseño de la escala de Likert con el objetivo de evaluar la importancia de cada uno de los SEs de los manglares.

En la aplicación de estos métodos fueron identificados nuevos SEs de carácter psicológico por los pescadores/as de la pesca artesanal, entre los que figuran la “tranquilidad”, “salud”, y “riqueza”; dentro de producción se identificó un nuevo servicio: “renta”. Por lo que se concluye que es importante tener en cuenta la opinión de las comunidades adyacentes para preservar los flujos ecosistémicos que proporciona el manglar.

Bautista, Balancán-Zapata, Navarro-Alberto, & Bocco, en 2011, bajo la premisa de “pensar de manera global, pero actuar de manera local”, y de que la primera acción en el trato de la problemática ambiental debería ser la elaboración de diagnósticos ambientales sociales, miden en la península de Yucatán la percepción de la sociedad en torno a los problemas ambientales de esta región. El trabajo es también un ensayo en el que se trata de desmitificar el poder omnímodo de las bases de datos digitales, evaluarlas de forma crítica ante las pretensiones de objetividad de los datos estadísticamente elaborados y derivados, por ejemplo, de cartografía digital, controlando así intentos de manipulación de los datos y la información que de ellos resulta; mostrar que la participación de la sociedad en la elaboración de los diagnósticos ambientales genera responsabilidad política, permite racionalizar las controversias y resolver disputas, dar transparencia a la toma de decisiones y lograr mayor participación de estas, disminuir errores y actos de corrupción, fortalecer las instituciones, entre otras ventajas que, deberían ser aprovechadas por los tres niveles de gobierno para realizar una toma de decisiones asertiva.

Para ello se recurrió al uso de encuestas estructuradas como fuente de investigación primaria directa; se aplicaron 159 cuestionarios en la ciudad de Mérida, en el estado de Yucatán, durante febrero y marzo de 2006, en las que se solicitó información sobre la población encuestada, la identificación de los problemas ambientales, el compromiso de la sociedad con la solución de los problemas identificados, la identificación de los responsables de atender los problemas ambientales y la reasignación del gasto público para atender los problemas ambientales. En este estudio se utilizó muestreo al azar.

Los tres principales problemas ambientales percibidos por la sociedad fueron: contaminación del acuífero, erosión de playas y pérdida de la biodiversidad. Con respecto a la contaminación del acuífero se identificó que hay una abundancia de este recurso pero que existe un riesgo por la falta de drenaje en la zona urbana y por la facilidad con que se contamina. Existe un alto porcentaje de entrevistados que están dispuestos a aportar recursos económicos en favor de acciones que prevengan o remedien los problemas ambientales, sin embargo las aportaciones económicas se harían solo si el gobierno fuera el responsable directo de organizar las acciones

tendientes a resolver el problema. Se hizo notar que, en la percepción de los problemas ambientales, los individuos tienen un sesgo geográfico por el conocimiento de su entorno.

Fernández Tarrío, Porter-Bolland, & Sureda Negre, (2010) mencionan que “actualmente se acepta que los problemas ambientales son también problemas sociales” (pág.36). Y que para intentar solucionarlos, se requiere información rigurosa sobre la percepción social de los temas involucrados en la problemática. Los investigadores consideran que el estudio de los conocimientos, las percepciones y valoraciones sobre el medio ambiente es un instrumento importante para conocer la implicación social en los temas ambientales. De esta forma nos podemos dar una idea de cómo las problemáticas ambientales influyen en la vida cotidiana de los habitantes, para contribuir a la búsqueda conjunta de alternativas para solucionarlas.

Por lo anterior, los investigadores aplicaron una encuesta a los alumnos de 4º año escolar y a los alumnos de 1º de secundaria. Realizaron además, entrevistas semiestructuradas a algunos profesores y al director de la escuela telesecundaria. El análisis de los resultados de las encuestas y entrevistas semiestructuradas se hizo categorizando las respuestas obtenidas en cada pregunta, utilizando el programa Dyane Versión 3.0 y Excel versión 20013 para el diseño de gráficas.

Los resultados obtenidos indican que los jóvenes parecen tener una mayor sensibilidad hacia aspectos naturales de su entorno, en tanto que los niños dan mayor importancia a aspectos sociales. En ambos casos reconocen los problemas ambientales que afectan a su ejido y perciben que la reserva existente en sus ejidos debería de conservarse, el conocimiento que tienen de ella, sin embargo, es bajo, lo cual puede ser debido a la poca comunicación con los padres sobre este tema y la desarticulación del currículum escolar con esta.

3.3.2 Fundamentos Teóricos de la Investigación

El estudio de las relaciones entre las sociedades humanas y el medio ambiente se ha llevado a cabo utilizando diferentes enfoques, teorías, y procedimientos a lo largo de la historia. Calzada, 2018, en un análisis histórico respecto de esta relación y específicamente referido al proceso de Cambio de Uso de Suelo y Vegetación menciona que aunque los diferentes estudios realizados pretenden entender cómo y porqué se da el cambio en el territorio, cada uno posee diferentes ventajas y limitaciones, presentándose diferencias entre ellos en cuanto al marco epistemológico, la aproximación al fenómeno, la escala espacio temporal, el tipo de cobertura de interés y los factores considerados. De esta manera, los marcos epistemológicos en los que se han planteado los estudios de cambio de uso del suelo y sus coberturas han sido el positivismo y el constructivismo,

en tanto que la aproximación al fenómeno de estudio se ha realizado mediante las corrientes teóricas del estructuralismo (basado en patrones, agentes), y el funcionalismo. En general las teorías consideradas para el análisis del cambio de uso de suelo se pueden agrupar en campos específicos del conocimiento, siendo los más comunes las el económico, la antropología o la sociología y la ecología o geografía física.

Henríquez Dole, 2012, considera tres enfoques desde los cuales se puede realizar el estudio del cambio de uso del suelo y sus coberturas, siendo estos los Diagramas de Flujo, en el que se consideran al menos tres elementos involucrados, el factor natural, el factor social y el cambio de uso de suelo, la Teoría de la Respuesta Multifase, en la que se argumenta que cuando ocurre un incremento sostenido de población la sociedad recurre a una amplia gama de medios para proteger su relativo estatus en la sociedad y maximizar nuevas oportunidades, y la Teoría de la Complejidad, en la que se argumenta que procesos simples pueden combinarse para producir sistemas holísticos, sin que el solo hecho de la existencia de múltiples variables garantice complejidad.

Hasta el momento no existe una teoría unificada que explique el cambio, sin embargo progresos significativos se han hecho para alcanzar el entendimiento, desde las diferentes perspectivas teóricas, del cambio. La comunidad científica reconoce la necesidad de enfocar el estudio del cambio de cobertura y uso del suelo como un sistema humano-medio ambiente o socio-ecológico.

El análisis del uso del suelo y los cambios de su cobertura sigue siendo un tema de actualidad y será en adelante un tema a considerar en cada una de las acciones humanas que involucren una transformación o modificación de las condiciones naturales.

4. Diseño de la Investigación

4.1 Tipo de investigación

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema (Hernández Sampieri, 2014).

El estudio del cambio de uso de suelo se ha desarrollado principalmente bajo un paradigma de investigación positivista en la que se ejecuta una metodología cuantitativa, mediante la cual se

obtienen datos los cuales se analizan estadísticamente para obtener un resultado. El alcance de estos trabajos es básicamente descriptivo aunque existen otros abordajes del problema en los que el alcance puede ser incluso correlacional. El caso que se presenta en este trabajo, sin embargo, responde al escenario comentado inicialmente con un enfoque cuantitativo en el apartado de la identificación y determinación de las coberturas y usos del suelo, así como su dinámica a través del tiempo, y un enfoque cualitativo para la colecta de la información relacionada con la percepción ambiental y la valoración de los Servicios Ecosistémicos locales.

El paradigma positivista postula que la realidad es observable y medible, es el paradigma de las ciencias llamadas duras que permiten conocer la realidad en forma objetiva (Vargas-Leal, 2014). En el positivismo, la realidad es descrita a partir de los atributos que tiene el objeto, o los objetos, por eso se llama paradigma objetivo, por eso la realidad es objetiva, porque es interpretada a partir de los atributos que existen en los objetos;

El positivismo se inició como un modelo de investigación en las ciencias físicas o naturales y posteriormente se lo adoptó en el campo de las ciencias sociales (Ricoy, 2006, en Ramos, 2015).

En cuanto al tipo de enfoque o alcance de estudio descriptivo busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Es decir pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren. Esto es, su objetivo no es como se relacionan éstas, su valor radica en su utilidad para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de los fenómenos, suceso, comunidad, contexto o situación (García, 2011).

4.2 Localización del Contexto de Investigación

4.2.1 Área de estudio

La comunidad de Coatepec, se localiza en la sección norte del municipio de Ixtapaluca (Fig. 4), en el oriente del Estado de México, entre las coordenadas 98°52'31.56" y 98°43'13.36" de longitud oeste y entre las coordenadas 19°23'39.36" y 19°22'51.55" de latitud norte, a unos 30 minutos y 47 km de la Ciudad de México; colinda al norte con los municipios de San Vicente Chicoloapan y Texcoco, al sur con el pueblo de San Francisco Acuautla, al este con el pueblo de Río Frío y con la comunidad de Santa Rita Tlahuapan (Puebla), y al oeste con los municipios de San Vicente Chicoloapan y Los Reyes La Paz. La comunidad se encuentra ubicado en la parte baja y media de la Sierra de Río Frío, a una altura media de 2, 400 msnm; los climas presentes en la región son el

templado subhúmedo y semifrío subhúmedo; con lluvias en los meses de junio, julio, agosto y septiembre; cuenta con una superficie ejecutada de 5,244.923 ha (Anexo 2), las cuales se encuentran bajo el régimen de propiedad social, es decir ejidal (1,169.236 ha) y comunal (4,075.687 ha); posee una población aproximada de 11,518 habitantes (INEGI, 2021), en crecimiento constante.

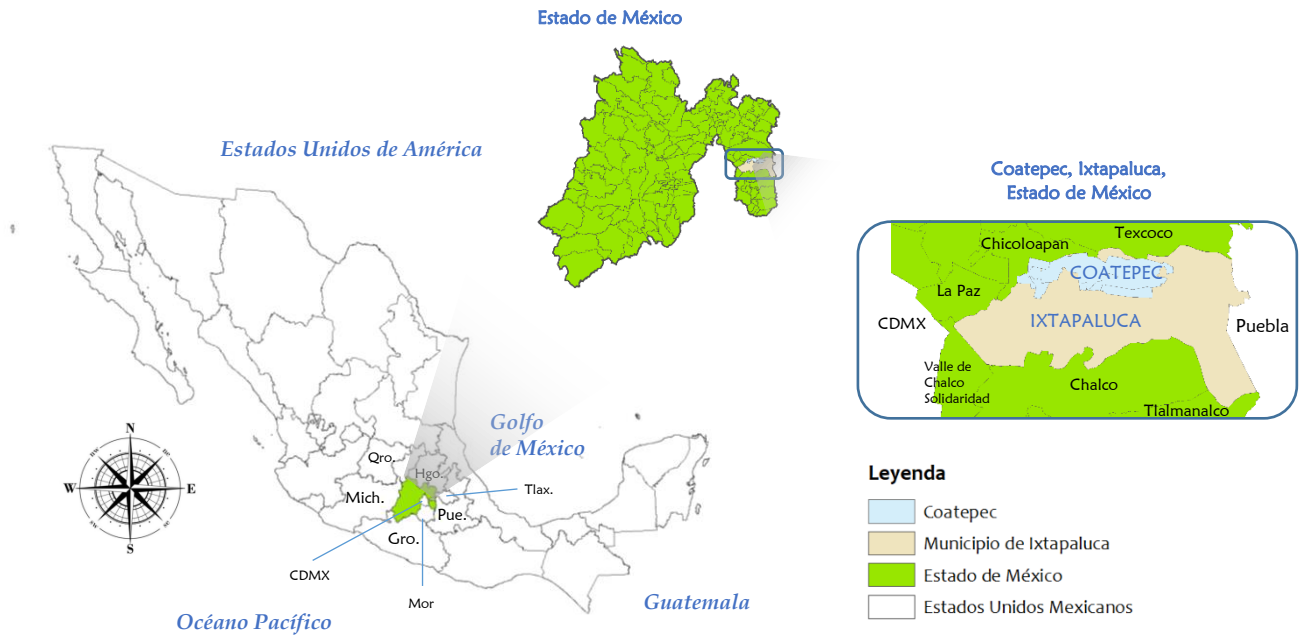
Coatepec, junto con Chimalhuacán y Chicoloapan, formó parte del circuito geográfico conocido como "Chichimecatlalli". En la época prehispánica y durante la colonia la comunidad fue tributaria, por lo que el uso del suelo estuvo relacionada en alguna medida con los productos que debían entregar por este motivo. Después de la Independencia, y debido a que los campesinos tenían ya derechos sobre sus tierras sin la intromisión de hacendados, caciques o algún otro personaje, las actividades económicas más importantes fueron la colecta, venta de leña y carbón. Durante el Porfiriato, Coatepec se vuelve una población magueyera productora principalmente de pulque (López, 2007).

En la actualidad el pueblo de Coatepec depende de la extracción minera de la zona, actividad que se encuentra regulada por el Comisariado de Bienes Comunales y Ejidales, y de la agricultura. En la región municipal se hacen evidentes problemas derivados del incremento de la población como son la expansión de la frontera agrícola, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad, y la urbanización entre otros.

En cuanto al municipio de Ixtapaluca, este se ubica en la sección oriente del Estado de México (Figuras 4 y 5), a 32 km de la Ciudad de México, a una altura de 2,235 msnm, ocupando una superficie aproximada de 31,827 ha; las vialidades de mayor importancia presentes dentro del territorio municipal son las carreteras México-Puebla y México-Cuautla; el municipio colinda con los municipios de Texcoco, San Vicente Chicoloapan, Los Reyes La Paz, Tlahuapan (Puebla), Valle de Chalco Solidaridad, Chalco, y Tlalmanalco (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019, pág. 126).

Figura 4

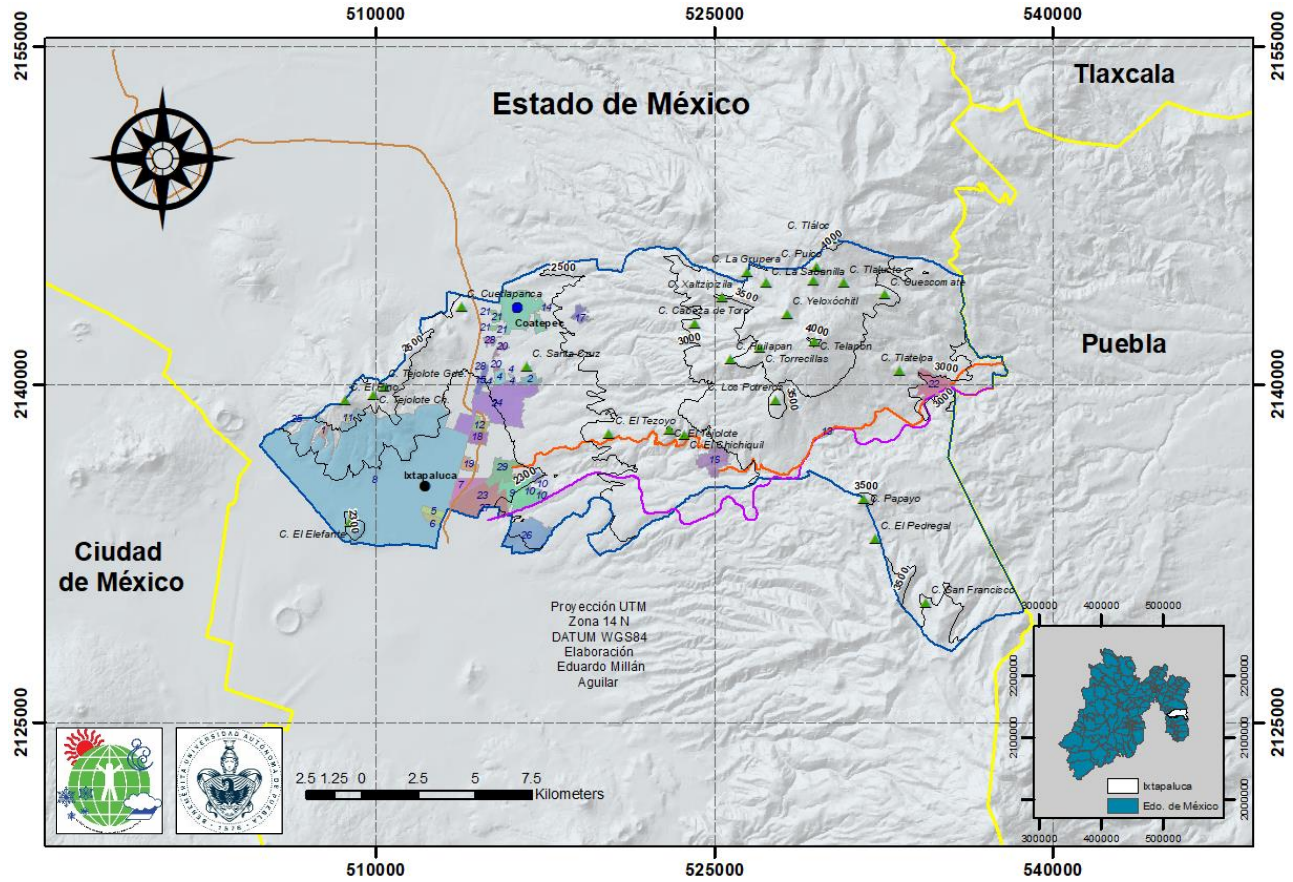
Ubicación del área de estudio



Nota: Fuente, elaboración propia con datos vectoriales de INEGI

Figura 5

Mapa del Municipio de Ixtapaluca



Simbología

- Ixtapaluca
- Coatepec
- ▲ Elevaciones principales
- 2300 Curvas de nivel
- Carr. Libre México - Puebla
- Circuito Exterior Mexiquense
- Autopista México - Puebla
- Límite Estatal
- Límite municipal de Ixtapaluca
- Área urbana

Localidades

- 1 Ampliación 6 de Junio
- 2 Ampliación San Francisco
- 3 Coatepec
- 4 Colonia Julio Chávez López (UPREZ)
- 5 Ejido El Capulón
- 6 El Jaral (El Capuñ)
- 7 El Patronato del Maguay (Santa Rosa)
- 8 Ixtapaluca
- 9 Jorge Jiménez Cantú
- 10 La Cañada
- 11 La Guadalupeana
- 12 Linderos de Ixtapaluca (El Tablón)
- 13 Llano Grande
- 14 Lomas de Coatepec
- 15 Los Hornos
- 16 Manuel Ávila Camacho
- 17 Pueblo Nuevo (San Isidro Labrador)
- 18 Puente del Tablón
- 19 Puente El Mezquite
- 20 Rancho Francisco Santillan (Atizintla Tres)
- 21 Rancho Verde
- 22 Río Frio de Juárez
- 23 San Buenaventura
- 24 San Francisco A cuautla
- 25 San Isidro
- 26 San Jerónimo Cuatro Vientos
- 27 San Marcos Huixtoco
- 28 Santa Ana
- 29 Zoquiapan

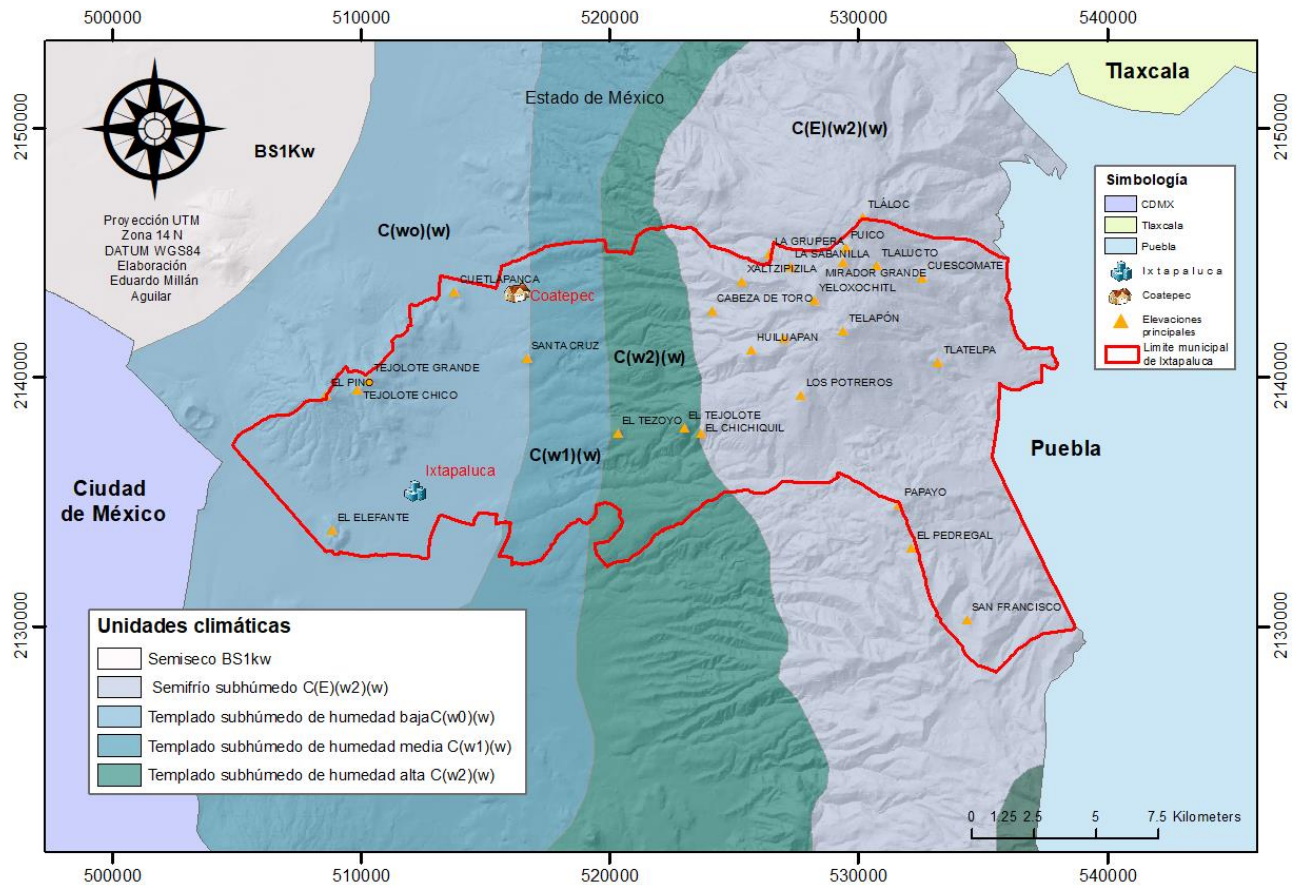
Nota: Fuente, elaboración propia con base en datos vectoriales de INEGI

4.2.2 Clima

Derivado de las condiciones presentes en el municipio de Ixtapaluca, las unidades climáticas presentes presentan poca variación y corresponden a los climas templados y semifrío (Figura 6). El clima semifrío subhúmedo presenta lluvias en verano, se clasifica como el de mayor humedad y ocupa un 48% del territorio municipal. El clima templado subhúmedo tiene tres variantes de acuerdo a su grado de humedad: uno, de mayor humedad, presente en el 25.81% del municipio; un segundo, de menor humedad, ocupando el 14.46%, y un tercero de humedad media (11.73% del territorio municipal, las tres variantes de este tipo de clima presentan lluvias en verano (INEGI, 2009), el rango de temperatura municipal oscila entre los 6 y los 16°C, en tanto que el rango de precipitación va de los 600 a los 1,100 mm (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019; INEGI, 2009).

Figura 6

Unidades climáticas de Ixtapaluca



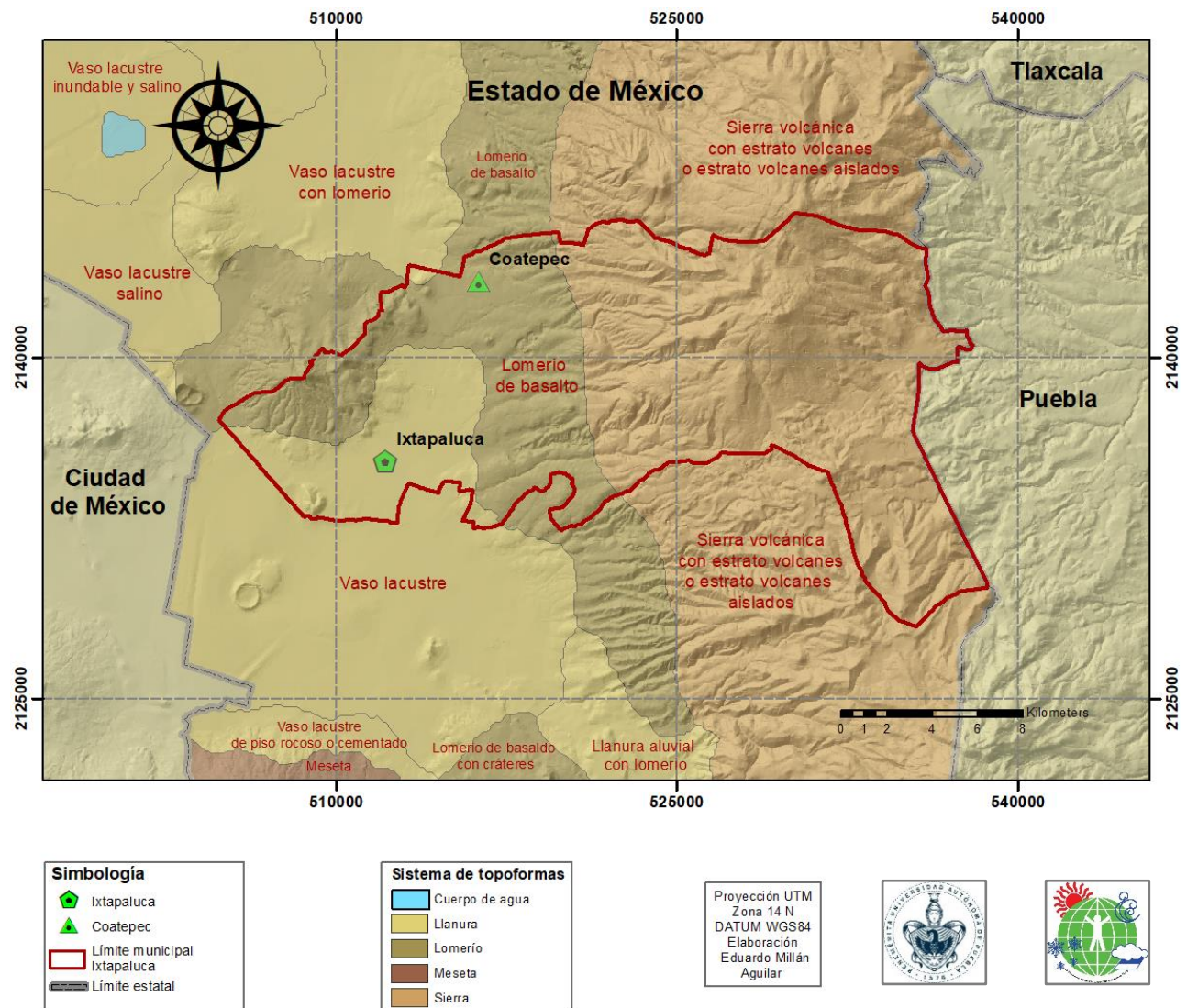
Nota: Fuente, elaboración propia con base en datos vectoriales de INEGI

4.2.3 Orografía y Relieve

El territorio municipal presenta elevaciones del terreno entre las que se encuentran los cerros conocidos como Cuetlapanca, Santa Cruz, El Pino, Tejolote Chico, El Cerro del Elefante, La Sabanilla, Cuescomate, Yeloxóchitl, Cabeza de Toro, Telapón, Tláloc, Papagayo y San Francisco, entre otros (Figura 7). Las topoformas presentes corresponden a sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados, lomerío de basalto, vaso lacustre y vaso lacustre con lomerío (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019; INEGI, 2009).

Figura 7

Orografía municipal



Nota: Fuente, elaboración propia con base en datos vectoriales de INEGI

4.2.4 Hidrología

El territorio de Ixtapaluca se encuentra inmersa dentro de la Región hidrológica del Río Balsas (RH18), y la Región hidrológica del Río Pánuco (RH26), en las Cuenca del Río Atoyac (RH18A) y la Cuenca del Río Moctezuma (RH26D), y en las subcuencas Río Atoyac-San Martín Texmelucan (RH18Ad) y Lago de Texcoco y Zumpango (RH26Dp) (Figura 8); las corrientes existentes son de tipo intermitente y corresponden a Coatlinchán, El Capulín, Arroyo Las Jícaras, La Cruz y Santo Domingo, entre otras (INEGI, 2009), La única corriente que se puede considerar permanentes es el Canal de la Compañía, el cual es un drenaje a cielo abierto que corre en el límite sur del municipio (INEGI, 2009; Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019).

4.2.5 Geología

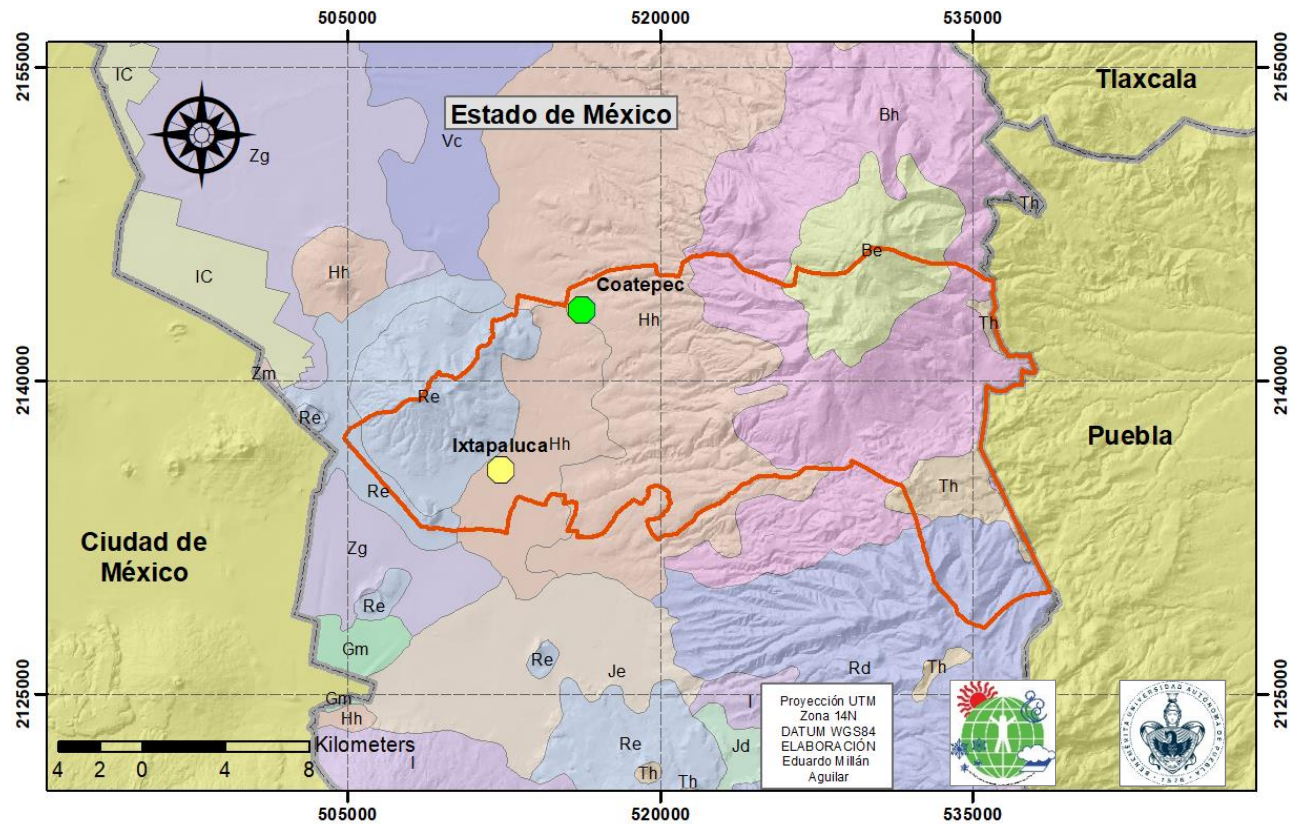
El territorio municipal presenta un origen volcánico (Figura 9); el tipo de roca presente en el subsuelo corresponde a rocas sedimentarias como la brecha sedimentaria, la toba intermedia, la brecha volcánica básica y la brecha volcánica intermedia; del mismo modo se presentan rocas ígneas extrusivas como las andesitas, y la toba básica. Los suelos presentes tienen orígenes lacustre y aluvial. El periodo de formación de las rocas y suelos municipales corresponden a la Era cenozoica en los periodos Neógeno y Cuaternario (INEGI, 2009).

4.2.6 Edafología

Los elementos naturales presentes en el área municipal han determinado los tipos de suelos que podemos encontrar en dicha área (Figura 10). Los suelos municipales se presentan en franjas, siguiendo un orden altitudinal. De esta manera en la parte de menor altitud del municipio (2300 msnm), en donde se encuentran las áreas urbanizadas y las áreas agrícolas, siguiendo la Clasificación de Suelos FAO/UNESCO 1968, modificada por DETENAL en 1970, podemos encontrar el Feozem en su subtipo háplico; en la parte media del municipio (2500-3000 msnm aprox.), zona en donde se desarrollan las actividades agrícolas que se mezclan con las áreas forestales, naturales e inducidas, encontramos suelos del tipo Regosol en su subtipo eutrico; en rangos de altitud mayor (3000-3500 msnm) y ya plenamente de uso forestal encontramos el Cambisol en su subtipo húmico y Andosol en su subtipo húmico; finalmente en las partes de mayor altitud del municipio (4000 msnm) se ubican los suelos del tipo Cambisol en su subtipo eutrico (INEGI, 2009; Ayuntamiento, 2019).

Fig. 10

Edafología



Simbología

- Ixtapaluca
- Coatepec
- Límite municipal Ixtapaluca
- Límite Estatal

Suelos dominantes

- Be Cambisol eutríco
- Bh Cambisol húmico
- Hh Feozem haplico
- Rd Regosol distrito
- Re Regosol eutríco
- Th Andsol húmico

Texturas y fases

SUELO	DESCRIPCIÓN	TEXTURA	FASE FÍSICA
Be	CAMBISOL EUTRICO	MEDIA	LITICA PROFUNDA
Bh	CAMBISOL HUMICO	MEDIA	ND
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	DURICA
Rd	REGOSOL DISTRICO	MEDIA	ND
Re	REGOSOL EUTRICO	GRUESA	ND
Th	ANDOSOL HUMICO	MEDIA	PEDREGOSA

Nota: Fuente, elaboración propia con base en datos vectoriales de INEGI

Respecto al tema de los suelos municipales el INEGI menciona que:

Los suelos de tipo Andosol son suelos que tienen un origen volcánico, constituidos principalmente por ceniza, con un alto contenido de alófono lo cual les otorga ligereza y untuosidad, colores oscuros, retención significativa de humedad, y rendimientos agrícolas bajos debido a la poca asimilación del fósforo contenido en ellos por las plantas; el suelo de tipo Cambisol generalmente es un suelo joven, poco desarrollado que se caracteriza por presentar una capa con vestigios del tipo de roca sobre el que se desarrolla, con posibilidad de contener acumulaciones pequeñas de arcilla, fierro o carbonato de calcio o manganeso, con usos definidos en función del clima en el que se presenten y con moderada y alta susceptibles a la erosión; por su parte los suelos definidos como Regosol coinciden con los Cambisoles pues son suelos poco desarrollados, sin capas diferenciadas, generalmente de colores claros, lo cual indica bajo contenido de materia orgánica, muy parecidos a la roca de la cual proceden, someros, de fertilidad variable y productividad condicionada a la profundidad y a la pedregosidad que presente. El Feozem es un suelo que posee una capa superficial de tonos oscuros, suave, con alto contenido de materia orgánica y nutrientes, son suelos de profundidad considerable generalmente utilizados para la agricultura en zonas planas aunque también se presentan con menor profundidad en zonas de laderas con rendimientos bajos y facilidad para erosionarse (INEGI, 2004).

4.2.7 Flora y Fauna

El municipio de Ixtapaluca presenta una vegetación características de las áreas templadas de nuestro país. Se pueden encontrar en él especies arbóreas forestales correspondientes a géneros como el *Pinus*, *Abies*, y *Quercus*; especies arbóreas frutales como el capulín, el tejocote, el nogal, entre otros; diferentes especies herbáceas medicinales como la hierbabuena, la ruda, el diente de león, el marrubio, y la manzanilla; algunas otras especies vegetales para el consumo humano y animal como la acelga, la calabaza, el chayote, el maíz, el frijol, el haba, la malva, el nabo, los nopales, las verdolagas, el pericón, hongos, trigo, cebada, cebada, etc.; y algunas otras de vegetación secundaria como la escobilla, la jarilla, y la mala mujer. En cuanto a la fauna esta se puede dividir entre la de uso doméstico y la de carácter silvestre. De la larga lista que se reporta en algunas fuentes bibliográficas se observan en especies silvestres el tlacuache, el hurón, algunas especies de rapaces como las lechuzas y los búhos, algunas otras como murciélagos, víboras de diferentes especies, arañas, etc. Entre las especies domesticadas sobresalen las gallinas, los cerdos, los guajolotes, las vacas, patos, gansos, caballos, borregos, y chivos (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019).

4.2.8 División Política y Territorial

El municipio de Ixtapaluca está compuesto por colonias, distribuidas en diferentes localidades que se pueden considerar originarias y en algunas nuevas y cada vez más numerosas unidades habitacionales. El Bando Municipal del año 2019 considera la existencia de 9 pueblos o comunidades entre las que se encuentra Coatepec además de San Francisco Acuatla, Tlapacoya, Tlapizahuac, Tlapacoya, Ixtapaluca, Ayotla, Río Frío de Juárez, Cerro del Tejolote, y Manuel Ávila Camacho, dichas comunidades se suscriben en delegaciones y subdelegaciones, 12 y 13 respectivamente (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019).

4.2.9 Población

En el año 2010, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de ese año Ixtapaluca contaba con 52 localidades y una población total de 467,361, mientras que para el año 2019 CONAPO estimó una población de 553,673 habitantes (Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019). Lo anterior se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2

Población total y tasa de crecimiento del municipio de Ixtapaluca

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (No. de habitantes)	Tasa de crecimiento
2000	297,570	-----
2005	429,033	7.59
2010	467,361	1.72
2015	495,563	1.17
2019	553,673	2.80

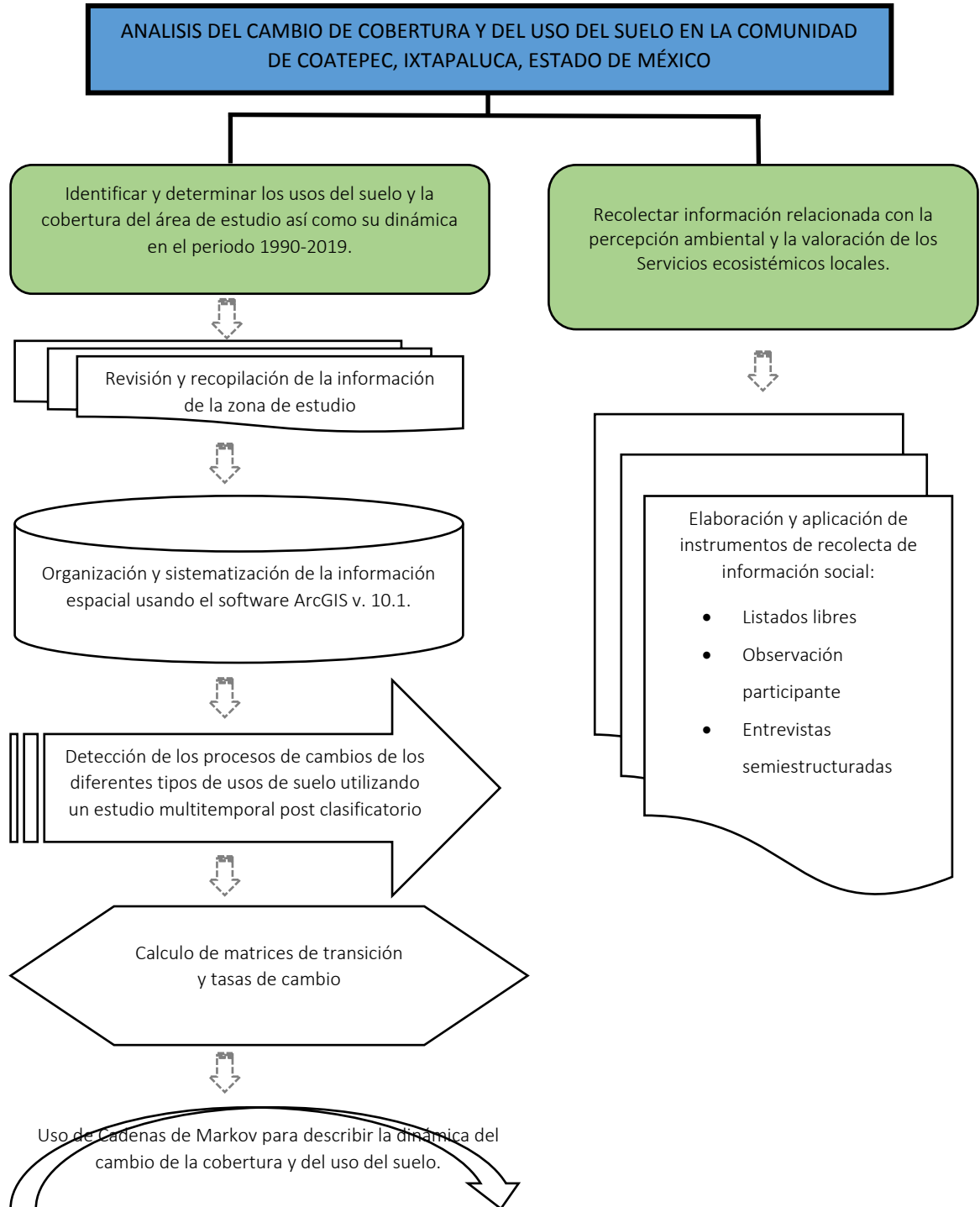
Nota. Fuente: modificado de Ayuntamiento de Ixtapaluca, 2019.

De acuerdo a los resultados del Censo de Población y Vivienda realizado por INEGI en el año 2020, la población total del municipio de Ixtapaluca corresponde a 542,211 habitantes (INEGI, 2021).

4.3 Metodología

Figura 11

Metodología



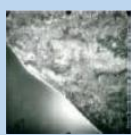



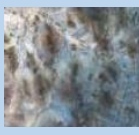

4.3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas en este trabajo fueron diversas, entre ellas se encuentran:

- Conjunto de datos vectoriales de las cartas de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, Series I, II, III, IV, V y VI, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI (Figura 6).

Tabla 3

Características generales de las cartas de uso de suelo y vegetación, de Serie I a VI.

	SERIE I	SERIE II	SERIE III	SERIE IV	SERIE V	SERIE VI
Periodo de elaboración	1978-1991	1995-2000	2002-2005	2007-2010	2011-2014	2015-2017
Fecha de datos de campo	1978-1990	1996-1999	2002-2003	2007-2008	2012-2013	2015
Año de referencia de la información	1985	1993	2002	2007	2011	2014
Escala	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000
Imágenes						
Datos	Fotografías Aéreas	Espacio mapas impresos	LANDSAT TM (30m)	SPOT 5 (10m)	LANDSAT 5 TM (30m)	LANDSAT 8 (30m)
Metodología	Producto Mapa Analógico	Producto Mapa Analógico	Información digital	Información digital	Información digital	Información digital

Nota: Fuente, tomado de INEGI, 2017a

La información de Uso del Suelo y Vegetación de las Series de INEGI cuenta con seis cubrimientos en escala 1:250,000, denominados: Serie I (SI), elaborada entre 1979 y 1991 Serie II (SII), entre 1993 y 1999, Serie III (SIII), entre 2002 y 2005, Serie IV (SIV) entre 2006 y 2010, la Serie V (SV) entre 2011 y 2013 y Serie VI (SVI) entre 2014 y 2016 (INEGI, 2017b).

La cartografía Serie I fue elaborada a través de la interpretación de fotografías aéreas pancromáticas en escalas 1:75,000 y 1:80,000, tomadas de 1974 a 1981. Esta cartografía no fue sometida a evaluación de fiabilidad; sin embargo, se utiliza intensamente en México y se le

considera fiable. Para la elaboración de la Serie II, el INEGI llevó a cabo una actualización de la cartografía serie I con base en la interpretación visual de espaciomapas, los cuales fueron derivados de la composición a color de imágenes Landsat TM (combinación de bandas del infrarrojo y visible 4, 3, 2) impresos a escala 1:250,000. El sistema clasificatorio es aún más detallado que el de la serie I con más de 600 categorías. La Serie III incorpora imágenes de satélite LANDSAT TM con una resolución de 30 metros en cada imagen; la cartografía Serie IV utiliza imágenes de satélite SPOT 5, con una resolución de 10 metros; la Serie V fue elaborada con imágenes de satélite LANDSAT 5 TM, con una resolución de 30 metros; y la cartografía Serie VI fue elaborada con imágenes de satélite LANDSAT-8. La validación de la información contenida en todas las series fue validada con recorridos de campo realizados en periodos particulares para cada serie (INEGI, 2017a).

Otras fuentes e información importantes para el trabajo fueron:

- Informantes/entrevistados de la comunidad de estudio
- Espacios públicos y privados de la comunidad de estudio en los que se realizó la técnica de colecta de información social denominada Observación participante, y que fueron específicamente la plaza denominada “el adoquín”, algunas calles de la comunidad, la Unidad Deportiva “Coatepec”, el Auditorio Comunal, y los alrededores de la comunidad.
- Fuentes documentales diversas entre las que destacan los Planes de Desarrollo Municipal 2016-2018 y 2019-2021.

4.3.2 Sistema de Clasificación de Uso del Suelo y Tipo de Vegetación

El sistema de clasificación de uso del suelo y tipo de vegetación usado en este trabajo es el contemplado por las Series de uso de suelo y vegetación de INEGI, con algunas modificaciones para las categorías de bosques, usos antrópicos y fases de vegetación secundaria para bosques (Tabla 4)

Las Series de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI agrupan los diferentes ecosistemas vegetales de acuerdo a los trabajos realizados por Jerzy Rzedowski en los años 1978 y 2005, así como los de Faustino Miranda y E. Hernández en 1963. En este sistema, las clases están organizadas con base en las características de los diferentes tipos de vegetación, de tal forma que se definen en primer orden los grandes grupos de vegetación, que a su vez comprenden los tipos de vegetación con afinidad ecológica y fisonómica.

Tabla 4

Reclasificación de clases de cobertura y usos del suelo de la zona de estudio

SERIE IV INEGI	RECLASIFICACIÓN	Serie VI INEGI
Zona urbana	ANTRÓPICO	Área desprovista de vegetación Urbano construido
Agricultura de riego	AGRICULTURA DE RIEGO	Agricultura de riego semipermanente
Agricultura de temporal	AGRICULTURA DE TEMPORAL	Agricultura de temporal anual Agricultura de temporal permanente
Bosque cultivado	BOSQUE CULTIVADO	Bosque cultivado
Bosque de encino	BOSQUE DE ENCINO	Bosque de encino Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino
Bosque de oyamel	BOSQUE DE OYAMEL	Bosque de oyamel Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel
Bosque de pino	BOSQUE DE PINO	Bosque de pino Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino
Bosque de pino-encino	BOSQUE DE PINO-ENCINO	Bosque de pino-encino
Pastizal inducido	PASTIZAL	Pastizal inducido
Pradera de alta montaña	PRADERA DE ALTA MONTAÑA	Pradera de alta montaña

Nota: Fuente, elaboración propia

4.3.3 Procesos de Cambios de Uso del Suelo

La detección de los procesos de cambios de las diferentes clases de coberturas y usos del suelo en la comunidad se planteó de manera inicial por medio de un estudio multitemporal post clasificadorio en un periodo de 25 años, específicamente del año 1990 al año 2015, por considerarse un periodo de tiempo en el que los cambios en la superficie terrestre son más notorios. Este análisis requirió un ejercicio de sobre posición de mapas temáticos de fechas diferentes producidos de manera interdependiente para lo cual se utilizó el software ArcMap 10.1. A su vez, la sobre posición de mapas estuvo antecedida por el análisis de los Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación de las Series I, II, III, IV, V y VI de INEGI, así como de las bases de datos digitales que los integran. Se realizó la comparación entre clases (número de clases, tipos), para definir las Series que resultaran comparables para la zona de estudio.

4.3.4 Mapeo de los Procesos de Cambio

El mapeo de los procesos de cambio, magnitud y distribución espacial, se realizó mediante la sobreposición de la Serie IV y la Serie VI de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI mediante ArcView 10.1. El resultado de este ejercicio fueron los mapas de uso de suelo y vegetación correspondientes a los años 2007 y 2015 en los cuales los procesos de cambio se hacen evidentes.

4.3.5 Matriz de Transición

Derivada del mapa resultante de la sobreposición de mapas y del análisis de la base de datos correspondiente se elaboró la matriz de transición, también denominada matriz de cambio o matrices de tabulación cruzada (Tabla 5), la cual permite distinguir las transiciones de las diferentes clases analizadas y detectar los cambios ocurridos de cobertura/uso del suelo, proporcionando información para realizar un análisis de los patrones reales que llevan estos cambios. De esta manera, forman parte de una metodología útil para identificar la dinámica de cambio de coberturas/uso del suelo, como resultado de cruzar al menos dos mapas de diferente fecha, representando el proceso más utilizado en estudios de detección de cambios (Pontius et al., 2004, López_Vazquez y Plata_Rocha, 2009; en Hernández_Robles, 2019).

La matriz de transición representa en las filas las clases de coberturas y usos del suelo en la fecha inicial (t1) y en las columnas las categorías del mapa en la fecha final (t2). La diagonal principal muestra la cantidad total de la unidad de estudio que permaneció estable de una fecha a otra, sin cambio, mientras que fuera de esta diagonal se hallan las transiciones de ambas fechas para cada categoría.

Tabla 5

Matriz de transición

	Tiempo 2				Total tiempo 1	Pérdidas
	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4		
Tiempo 1						
Categoría 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	$P_1 +$	$P_1 + - P_{11}$
Categoría 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	$P_2 +$	$P_2 + - P_{22}$
Categoría 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	$P_3 +$	$P_3 + - P_{33}$
Categoría 4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	$P_4 +$	$P_4 + - P_{44}$
Total tiempo 2	P_{+1}	P_{+2}	P_{+3}	P_{+4}	1	
Ganancias	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	$P_{+3} - P_{33}$	$P_{+4} - P_{44}$		

Nota: Fuente, Modificada de Hernández Robles, 2019.

4.3.6 Tasas de Cambio

La tasa de cambio es un indicador de presión que permite conocer la magnitud y velocidad con que se está presentado este proceso, su evaluación es necesaria para conocer la dinámica y magnitud del cambio, así como sus efectos (Falcón García, 2014). Dicha tasa de cambio se define como la diferencia de las áreas entre el tiempo inicial y el tiempo final del análisis (t_1 y t_2 , respectivamente), en la que la representación porcentual de la superficie total que cada uso incrementa o disminuye en un intervalo de tiempo.

Para determinar las tasas de cambio fue necesario determinar las superficies ocupada por tipo de uso de suelo y tipo de vegetación; las tasas de cambio se calcularon de acuerdo a la ecuación 1, propuesta por FAO, 1996:

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/t} - 1 \quad (1)$$

Dónde: δ_n es la tasa de cambio anual
 S_1 es la superficie de las coberturas en la fecha inicial
 S_2 la superficie de coberturas de la fecha actual y,
T periodo de tiempo analizado

Para expresar en porcentaje (%) el dato es necesario multiplicar por 100.

4.3.7 Pérdida anual Neta

La determinación de la pérdida anual promedio de superficie para cada tipo de vegetación se llevó a cabo con la ecuación 2 (Díaz-Gallegos, Jean-Francois, & Velázquez Montes, 2008):

$$P_a = \frac{(S_2 - S_1)}{t} \quad (2)$$

Dónde: P_a pérdida anual en superficie,
 S_1 superficie de la cobertura en la fecha inicial,
 S_2 superficie de la cobertura en la fecha final
T periodo de tiempo analizado

4.3.8 Matriz de Probabilidades de Cambio

A partir de la matriz de transición en la que se detectaron los de cambios entre clases de coberturas y usos del suelo se elaboraron matrices de probabilidad de transición para cada una de las clases de coberturas y usos de suelo considerados en el estudio. Una matriz de transición de probabilidades es el resultado de dividir cada una de las celdas de la matriz de transición de uso de suelo, que representa la superficie en hectáreas de cada clase de uso de suelo y tipo de vegetación, entre el total de la superficie de la clase analizada (Tabla 5). Se supone que la probabilidad de transición (P_{ij}) de cada clase de la matriz es proporcional a la superficie remanente de la misma clase entre el año de inicio y el año final del análisis (López Granados, Bocco, & Mendoza Cantú, 2001). La expresión matemática se representa en la ecuación 3:

$$P_{ij} = \frac{S_{ij}(\text{fecha inicial})}{S_j(\text{fecha final})} \quad (3)$$

Donde:

- P_{ij} probabilidad de transición
- S_{ij} superficie del elemento "ij" de la matriz de transición de cobertura/uso de suelo en fecha inicial
- S_j superficie de la clase de cobertura/uso de suelo "j" en fecha final.

Se cumple que:

$$\sum P_{ij} = 1$$

La distribución de probabilidad de transición de un estado a otro puede representarse por la matriz de transición $P = (p_{ij})$ donde cada elemento de la posición (i, j) representa la probabilidad p_{ij} .

Matriz de probabilidad

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.30 & 0.40 & 0.00 & 0.30 \\ 0.60 & 0.00 & 0.40 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.30 & 0.70 \end{pmatrix}$$

4.3.9 Cadenas de Markov

Los modelos de cadenas de Markov proporcionan un estudio empírico del proceso de conversión de cambios de cobertura del suelo. Están fundamentados en datos observados y su representación de las condiciones actuales, incluyendo las condiciones relacionadas con las medidas realizadas, como las dinámicas espacial y temporal (Peña Llopis, 2007).

Las cadenas de Markov son herramientas utilizadas para la modelización del cambio en el tiempo de una variable aleatoria que comprende una secuencia de valores en el futuro, cada uno de los cuales depende únicamente del estado inmediatamente anterior y no de otros estados pasados. (Bai, Del Campo, & Robin Keller, 2016)

Una cadena de Markov de tiempo discreto (DTMC) es una sucesión de variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_n , que se caracteriza por la llamada propiedad de Markov que establece que la distribución de probabilidad del estado siguiente X_{n+1} depende sólo del estado X_n y no depende de los estados previos $X_{n-1}, X_{n-2}, \dots, X_1$.

La cadena se mueve de un estado a otro y la probabilidad p_{ij} de moverse del estado s_i al estado s_j en un paso es llamado probabilidad de transición y puede escribirse como

$$p_{ij} = P_r (X_1 = s_j | X_0 = s_i)$$

Bajo el supuesto de que las probabilidades de transición dependen sólo del intervalo de tiempo entre el año inicial y el año final de análisis, se considera que el proceso estocástico es homogéneo.

El análisis del cambio de uso de suelo a través del método de cadenas de Markov permite profundizar en proyecciones territoriales y realizar análisis probabilísticos y estadísticos de los problemas bajo estudio. Las cadenas de Markov representan una clase de procesos estocásticos de gran interés para aplicaciones prácticas. En particular, las cadenas de Markov de tiempo discreto (DTMC) permiten modelar las probabilidades de transición entre estados discretos mediante la ayuda de matrices. Para la aplicación del modelo de Markov se han generado diversos paquetes de computación (Bai, et al., 2017).

Uno de los paquetes diseñados para trabajar con cadenas de Markov es Markovchain para R; este es un paquete específicamente dedicado al análisis de DTMC (Spedicato, 2017), es una

herramienta eficiente para crear, gestionar y analizar cadenas de Markov; tiene como objetivo lograr una mayor flexibilidad en el manejo de DTMC, con la ventaja de que otras soluciones existentes no poseen, proporcionando clases S4 para Cadenas de Markov homogéneas y no homogéneas. Además, de ser un software libre.

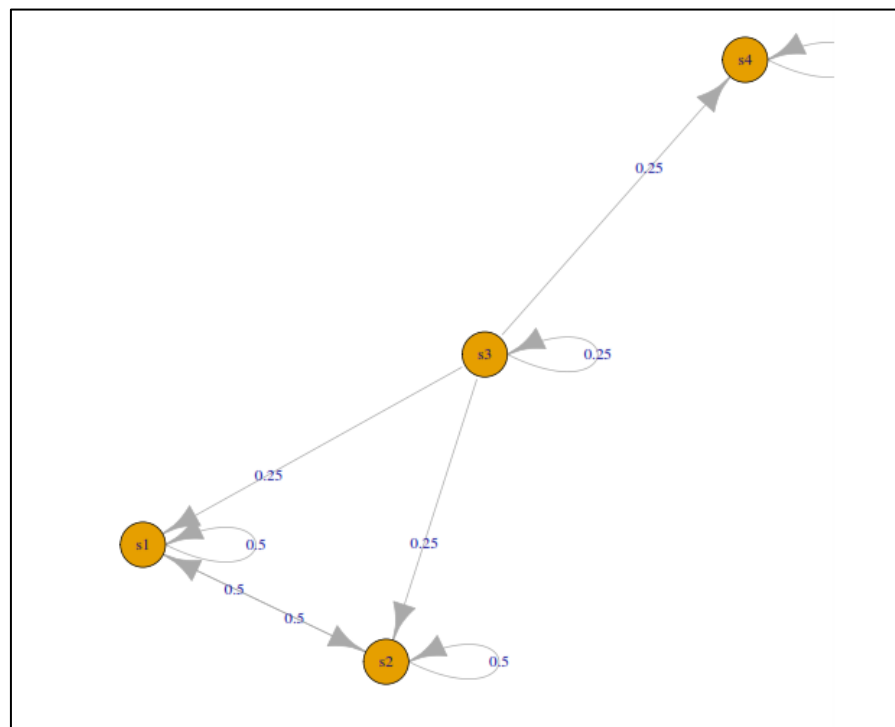
4.3.10 Dinámica de Cambios

A partir de las matrices de probabilidad de transición se construyeron los modelos de flujos que muestran la dinámica entre los principales usos de suelo y tipos de vegetación (ver Anexo 1). Las matrices markovianas de transición se realizaron con el paquete Markovchain en el programa R versión 0.6.9.6 (Spedicato, 2017).

En la Figura 12 los estados se representan con círculos y las probabilidades de transición con arcos.

Fig. 12

Representación gráfica de Modelo de Markov (Spedicato, 2017)



Nota: Fuente, elaboración propia

4.3.11 Instrumentos de Investigación de Aspectos Sociales

El análisis cuantitativo de los cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS) en este trabajo, se concluye con la estimación de la dinámica de cambios mencionada en el apartado anterior, y con ello se completa la evaluación en su modo más tradicional. Sin embargo, como lo afirman Valverde, Camarero, Ordoñez, Partucci, & Bojanich (2015) “el campo de investigación acerca de las problemáticas ambientales es relativamente nuevo y está en construcción, las propuestas ya elaboradas no alcanzan a abordar su complejidad” (pág. 1), y “dentro de la complejidad de los conflictos, encontramos que los actores sociales que presentan reclamos son quienes presentan mayor vulnerabilidad, y podrían no estar siendo considerados en los procesos de toma de decisión o negociación” (pág. 4).

Aunque hoy en día existe un acuerdo generalizado sobre la complejidad inherente en el CCUS, así como la necesidad de abordarlo a través de una visión interdisciplinaria, pocos estudios abordan esta complejidad a incluir factores ecológicos, factores ecológicos, sociopolíticos, e institucionales, y todavía menos integran distintos marcos teóricos para generar acciones, como la formulación de políticas públicas o la toma de decisiones sobre el territorio (Calzada, 2018).

En este sentido, y tomando en cuenta las limitaciones en cuanto a tiempo, el estudio integra el aspecto social y el enfoque cualitativo mediante la aplicación de diferentes técnicas de investigación que contribuyan a la definición del perfil comunitario respecto al tema ambiental, permitan la comprensión del CCUS local y sirvan como un marco a considerar en la elaboración de estrategias relacionadas con la conservación, la educación, la protección ambiental y el diseño de planes y programas relacionados.

Con base en lo anterior, tomando como punto de referencia el estudio realizado por Serra Pompei, Vide Pifarre, Briansó Martínez, Carrasco Dominguez, & Amorós Monrabá, (2014) titulado “*Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho. Análisis de los servicios ecosistémicos producidos por los manglares a partir de la percepción de la comunidad de Curral Velho*”, se procedió a realizar para el caso de la comunidad de Coatepec:

- 1) Entrevistas semiestructuradas
- 2) Listados libres
- 3) Observación participante

La recolección de los datos desde el enfoque cualitativo resulta fundamental, sin embargo la medición de variables para realizar inferencias y análisis estadístico no es el propósito principal. En el enfoque cualitativo se consideran de mayor importancia los datos que se pueden obtener de las personas, seres vivos, comunidades, situaciones o procesos en profundidad y que posteriormente que se traducirán en información. Debido a la naturaleza de dichas fuentes de información, los datos de interés son percepciones, creencias, pensamientos, experiencias, y otros expresados en el lenguaje de los participantes, que se analizan y comprenden para responder a las preguntas de investigación y generar conocimiento (Hernández Sampieri, 2014)

4.4 Fase de Campo

4.4.1 Evaluación de Exactitud de los Mapas

La evaluación de la confiabilidad de los mapas y de las bases digitales geográficas es un tema que está cobrando mucho interés; en gran medida, por el rápido desarrollo y aplicación de los SIG. Cuantificar la confiabilidad de un producto cartográfico, permite a los usuarios del mapa valorar su ajuste con la realidad y, así, asumir el riesgo de tomar decisiones con base en esta información cartográfica; además, ayuda también a conocer y modelar el error que resulte del cruce de varias capas con cierto grado de error en un SIG. (Burrough, 1994; Goodchild et al., 1992; Luneta et al., 1991, Walsh et al., 1987, citados en Francois Mas, Díaz Gallegos, & Pérez Vega, 2003, pág. 54).

La consideración de un ejercicio de evaluación de mapas resulta importante para este trabajo de investigación además porque dentro de las posibles utilidades a las que se aspira llegar se encuentran la de constituir un documento de referencia para propósitos como el fomento de la educación ambiental, la implementación de planes e instrumentos de política pública relacionada con la conservación, el aprovechamiento racional y el manejo de los recursos comunes; así como constituir fuente de conocimiento respecto a la situación que guarda el medio natural en el que se desarrollan las comunidades; establecer un sistema de información sobre las tierras en que dichos recursos se clasifiquen según la utilización. El desarrollo de esta actividad toma como referencia, y a partir de ella se establece una adaptación, los trabajos realizados por Francois Mas, Díaz Gallegos, & Pérez Vega, (2003), y de Camacho Sanabria, (2017).

Los trabajos de Mars y Camacho-Sanabria consideran las siguientes etapas en la validación de mapas:

- a) El diseño del muestreo, que consiste en la selección de las unidades de muestreo.
- b) La evaluación del sitio de verificación, que permite obtener la clase correspondiente a cada unidad de muestreo.
- c) El análisis de los datos, que consiste generalmente en la elaboración de una matriz de confusión y el cálculo de índices de confiabilidad.

En la adaptación de los trabajos de Mars y Sánchez se optó por lo siguiente:

- La unidad de muestreo elegida para este trabajo es el punto.
- En relación al tipo de muestreo se optó por definir como área de muestreo la superficie correspondiente a la comunidad de Coatepec Ixtapaluca, toda vez que describe un área rectangular que considera todas las coberturas y tipos de uso de suelo determinadas en el análisis realizado y porque se distribuye en un rango altitudinal que considera los estratos fisiográficos del municipio.
- No se determina un tamaño de muestra en relación a la superficie de muestreo, en su caso se determina realizar el muestreo de 2 puntos de verificación por categoría de cobertura y uso de suelo. Los datos recogidos en estos sitios de muestreo son localización (coordenadas), clase de cobertura/uso del suelo presente, altitud, fotografía.
- El análisis de los datos considera la elaboración de una variante de matriz de confusión o matriz de error, que permite comparar la información de los sitios de verificación con los mapas de uso de suelo y vegetación (categorías clasificadas en los mapas). Dicha matriz está integrada por filas que representan las clases de referencia. Las columnas integran las categorías del mapa y la diagonal constituye el número de sitios o puntos de verificación para los cuales hay correlación entre los datos de referencia y las categorías del mapa, mientras los marginales expresan errores de asignación.

4.4.2 Aplicación de las Entrevistas, Listados Libres, Observación Participante

En la aplicación de las diferentes técnicas para la obtención de la información relacionada con la percepción ambiental de la comunidad de estudio y de sus servicios ecosistémicos se requirió la aproximación del investigador a la realidad estudiada. En los párrafos siguientes se describen de manera general las actividades y las consideraciones respectivas a las diferentes técnicas aplicadas.

4.4.2.1 Entrevistas

Se ha definido a la entrevista como una situación construida o creada con el fin específico de que un individuo pueda expresar ciertas partes esenciales sobre sus referencias pasadas y/o presentes, así como sobre sus anticipaciones e intenciones futuras (Kahn y Cannel en Vela-Peón, 2001). La entrevista cualitativa se constituye como una alternativa a los procesos de investigación tradicionales. Permite tener acceso a la realidad social y analizarla. La entrevista cualitativa, además de constituirse en una técnica de recolección de información, puede ser considerada como una estrategia para la generación de conocimientos sobre la vida social.

Para el caso de la comunidad de estudio y la aplicación de entrevistas se elaboró una guía de entrevista (**Anexo 4**) con un total de 15 preguntas orientadoras, divididas en dos bloques. El primero de ellos estuvo orientado a captar el conocimiento que la población tiene de los elementos y factores naturales de su comunidad, la percepción de la problemática ambiental presente, y la identificación de los beneficios que tienen de los ecosistemas locales. La segunda con preguntas que buscaron identificar si ellos participan directamente en la toma de decisiones respecto al uso del suelo (Álvarez-Gayou, 2003).

Para la aplicación de estas entrevistas no se determinó una muestra, en el entendido de que no se trata de una actividad con enfoque cuantitativo. El tipo de muestreo que se realizó fue teórico o intencionado, siguiendo un proceso de acumulación de entrevistas adicionales hasta lograr un "punto de saturación" en el que se habían captado la información de interés de manera que los resultados de una nueva entrevista no aportaban información de relevancia. Se aplicó de manera individual, tomando en cuenta la disponibilidad de las personas para responder la entrevista. Un caso particular fue el de las autoridades del Comisariado de Bienes Comunales y del Comisariado Ejidal en turno. A ellos se les visitó en sus oficinas, con la consideración de ser personajes con poder de decisión y con influencia en un sector considerable de la población de la comunidad.

Una vez que se contó con la guía de entrevista, se inició explicando al entrevistado el propósito de esta actividad; en los casos que la persona aceptó ser entrevistada se realizaron una serie de pregunta/comentario respecto a lugar de origen, familia a la que pertenecía, familiares, edad, escuela a la que asistió, fiestas patronales, entre otros, con la finalidad de crear un ambiente de confianza y comodidad tal que el informante proporcione información más completa y confiable. El desarrollo de los temas considerados en las secciones de la Guía de entrevista se realizó derivando las preguntas/comentarios iniciales para orientar la plática hacia dichos temas. Durante

este proceso se evitó en lo posible el uso de tecnicismos, y la duda o corrección de las respuestas del entrevistado.

Las entrevistas tuvieron una duración aproximada de 30 minutos en promedio, el registro de la información se hizo mediante la toma de notas en papel ya que el uso de medios electrónicos (grabadora) no fue del agrado de los entrevistados. Al final de la entrevista se procedió a agradecer la disponibilidad del entrevistado, y se ofreció la posibilidad de acceder al material elaborado producto del trabajo de investigación.

En el análisis de la información de la entrevista se realizó la transcripción de la información, la profundización y la separación del contenido por categoría, utilizando un enfoque inductivo; es decir que, de lo capturado durante la entrevista se trató de darle sentido en el contexto del objeto de estudio, orientando la información en busca de explicaciones, formulando proposiciones teóricas.

4.4.2.2 Observación participante

Desde que tenemos conocimiento de la existencia del ser humano, la observación ha sido la piedra angular del conocimiento. Incluso durante el desarrollo de la persona, desde que el niño tiene uso de la vista, inicia su relación y su conocimiento del mundo a través de la observación (Álvarez-Gayou, 2003). Todos hacemos uso de la observación cotidianamente, sin embargo, en la observación formal (aquella que es sistémica y propositiva), observar no implica únicamente obtener datos visuales; en la observación participan todos los sentidos. En "The American Heritage Dictionary of the English language" se define la observación como "el acto de notar un fenómeno, a menudo con instrumentos, y registrándolos con fines científicos".

Tradicionalmente se ha hablado desde el paradigma cuantitativo de dos tipos de observación: la no participante y la participante. La ilusión positivista de que el investigador podía separarse por completo y logra la objetividad no se acepta en la investigación cualitativa. En los textos cualitativos solo se habla de observación participante.

La Observación participante (OP) es un método de la investigación cualitativa que permite dar cuenta de los fenómenos sociales a partir de la observación de contextos y situaciones en que se generan los procesos sociales. A partir de lo anterior se logra llegar a la comprensión de los fenómenos sociales (pág. 3). La OP pretende evitar en cierta medida la distorsión que se produce

al aplicar instrumentos experimentales y de medición, los cuales no recogen información más allá de su propio diseño.

La observación participante requiere del desarrollo de actividades que se ejecutan secuencialmente y que se pueden convertir en actividades permanentes, así como de la consideración de aspectos metodológicos que permiten una mayor eficiencia en el desarrollo de la técnica y una mayor calidad y cantidad de información colectada. Taylor, 1994, Sánchez, 2001 y Álvares-Gayou, 2003, mencionan el diseño de la investigación, la selección del o de los escenarios en los que se desarrollará la observación participante, el acceso a ese escenario, la recolección, el registro y el tratamiento de datos, y la reflexión crítica respecto a la información colectada, como actividades importantes dentro de la OP; así mismo consideran la identificación y el acercamiento con los porteros (responsables de las organizaciones que favorecen o permiten acceso del investigador al escenario) y con los informantes, el establecimiento de un ambiente de confianza y sinceridad (*rapport*), la adecuada formulación de preguntas, el aprendizaje del lenguaje, la elaboración de notas de campo, entre otros como aspectos que contribuyen en la correcta ejecución de la técnica y la generación de resultados adecuados.

En el presente estudio se optó por adoptar las modalidades pasiva, moderada, activa de la observación participante (OP), los tipos de campo fueron de carácter público, casi público y privado, el método utilizado fue el etnográfico. Los escenarios en los que se realizó la OP fueron el auditorio de la comunidad, en el que se llevan a cabo las elecciones del Comisariado de Bienes Comunes, así como diferentes eventos relacionados con el aprovechamiento de los recursos comunes de la comunidad como por ejemplo la firma de contratos para la explotación de los yacimientos de material para construcción, y la elección del comité de agua potable, entre otros; la plaza de la comunidad, en la que se realizó la consulta ciudadana para la elaboración del Plan de Desarrollo Municipal; y los alrededores y área urbana de la comunidad en donde se desarrollan las diferentes actividades económicas y sociales de la población. El acceso a esos escenarios no tuvo mayor dificultad; no fue necesario contactar personajes que fungieran como porteros ni informantes; la toma de datos por su parte se realizó mediante notas de campo con un formato adecuado al tipo de información obtenida. Se trató de que las notas de campo incluyeran descripciones de las personas presentes, acontecimientos, acciones, etc. Dichas notas de trabajo fueron objeto de reflexión constante para la obtención de conclusiones que aportaron a definir la percepción ambiental de la comunidad y para complementar la información obtenida en relación con el CCUS de la comunidad.

La Observación participante no se llevó a cabo durante todo el día, si no por lapsos que involucraron algunas horas o durante la duración de los eventos, que en su caso fue de horas solamente. Fue la misma situación para el caso de la plaza de la comunidad, las áreas deportivas o sus calles.

Se tuvo la oportunidad de asistir a la elección del Comité de Agua Potable de la comunidad (Figuras 13a, 13b, 13c, 13d), la cual se realizó en el auditorio de la comunidad y al IV Foro de Consulta y Participación Ciudadana para la Formulación del Plan de Desarrollo Municipal 2019 – 2021 (Figuras 14a, 14b, 14c), titulado Desarrollo Económico Sustentable y Eficiente; temas como transporte, seguridad, producción agrícola, infraestructura productiva, entre otros se presentaron en ponencias de 3 minutos.

Figuras 13a, 13b, 13c, 13d

Elección de Comité de Agua Potable en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México.



13a



13b



13c



13d

Nota: Fuente, imágenes propias obtenidas durante la ejecución de las técnicas cualitativas

Figuras 14a, 14b, 14c

IV Foro de consulta y participación ciudadana para la elaboración del Programa de Desarrollo Municipal de Ixtapaluca, Estado de México, periodo 2019-2021.



14a, Asistencia al IV Foro de Consulta y Participación Ciudadana



14b. Ponencias



14c. Convocatoria

Nota: Fuente, imágenes propias obtenidas durante los recorridos por la comunidad de Coatepec

El IV Foro de Consulta y Participación Ciudadana se realizó el 23 de febrero del 2020, en la explanada de la comunidad de Coatepec, asistieron personas de diferentes localidades del municipio: San Francisco Acuautla, Ixtapaluca, Río Frío, Cuatro Vientos, Ayotla, Tlapacoya, etc. El Foro representaba la oportunidad de manifestar las preocupaciones y las propuestas de los habitantes para ser consideradas en un documento de planeación de carácter oficial, hecho por demás importante dado que el documento existente venía conteniendo casi la misma información en los últimos periodos municipales. El nuevo Plan de Desarrollo Municipal ya se presentó y se puede descargar del sitio electrónico del municipio, presenta actualización en algunos temas sin embargo hay otros, caso del apartado de fauna, en los que la información contenida es similar a la del Plan anterior.

Las ponencias presentadas en este IV Foro, con el tema Desarrollo e Impulso Económico, Industrial y Comercial en general permitió observar, ser testigo, del conocimiento que las personas del municipio tienen respecto a la problemática ambiental y las propuestas que se tienen para fomentar el desarrollo en concordancia con el cuidado del medio ambiente. En particular, los proyectos propuestos por los ponentes de la comunidad de Coatepec giraron en torno a la creación de productos elaborados con materias primas de origen natural mediante la consideración de la estructuración de una cadena productiva en la que todos los eslabones que la integren se tengan en la comunidad.

4.4.2.3 Listados Libres

El free listing (listas libres) es una técnica empleada para la recolecta de información basada en una pregunta clave sobre un tema de interés para el estudio. El objetivo de este método fue identificar, mediante el análisis de la respuesta del entrevistado, los servicios ecosistémicos (ESs) presentes en la comunidad de estudio, así como su orden de importancia en la vida de habitantes de la comunidad.

Para el caso del presente trabajo de investigación, se elaboró un listado de conceptos, el principal de ellos el bosque, a partir de los cuales se pretendió identificar el tipo de servicio ecosistémico ofertado, de acuerdo a la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), y clasificarlos de acuerdo a su importancia o valor para los habitantes locales.

La aplicación de esta técnica se realizó mediante la aplicación de la pregunta inicial de “¿Qué significado tiene para usted?”, seguida de cada uno de los conceptos términos definidos anteriormente. Enseguida, en la hoja de registro de respuestas se anotó lo que cada persona

respondió. En casi todas las ocasiones el entrevistado respondía con más de una idea, por lo que hubo que categorizarlos de acuerdo a la clasificación de la EM y determinar su grado de importancia.

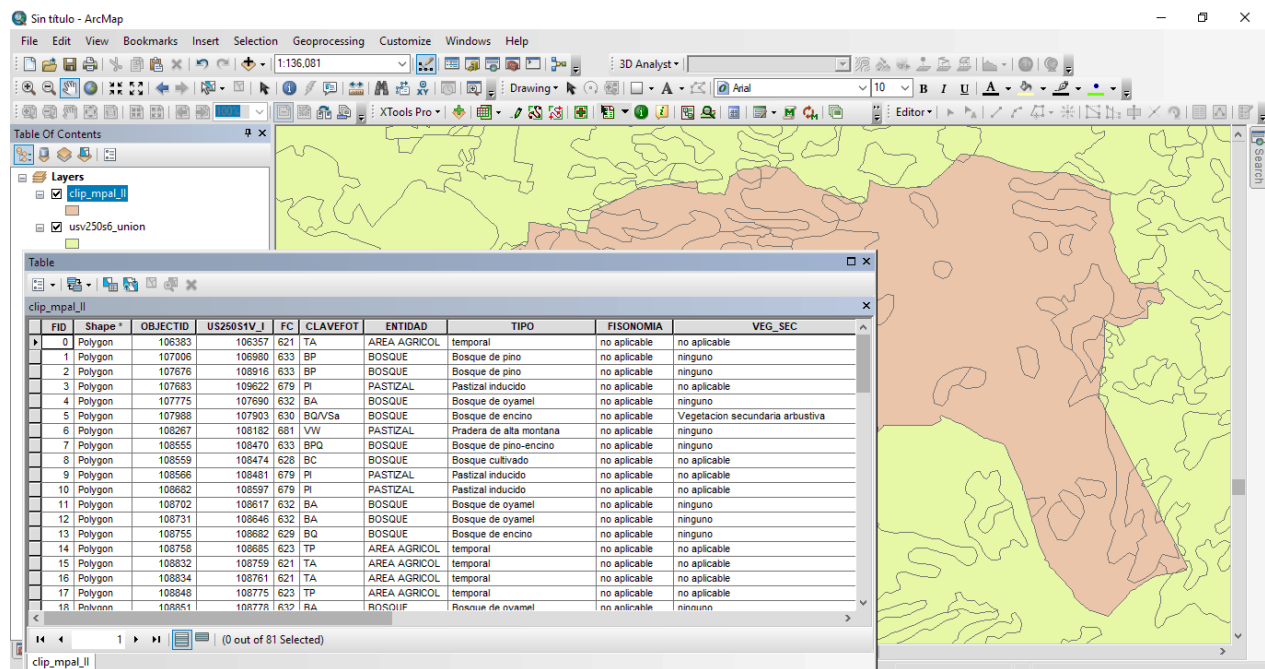
Finalmente, en todos los casos, para el tratamiento y el análisis de los datos recogidos mediante las diferentes técnicas mencionadas, estos se organizaron en tablas y gráficos a través del software Microsoft Excel V.2013. De esta manera se pudo tener una mayor claridad respecto a la información colectada y su coincidencia entre técnicas, permitiendo elaborar ideas generales que complementan la información obtenida mediante el análisis cuantitativo respecto al cambio de las coberturas y el uso del suelo en el área de estudio.

5. Resultados

Se realizó el análisis de las bases cartográficas de Uso del Suelo y Vegetación elaboradas por el INEGI, series II a la VI, año de referencia 1994-2017, escala 1:250,000. Este análisis estuvo precedido por la revisión y recopilación de información de la zona de estudio, la delimitación del área de interés y su recorte en las coberturas de Uso de suelo y vegetación obtenido del sitio web del INEGI y procesado en el software ArcGis 10.1. En este mismo software se realizó la consulta y extracción de la información contenida en las bases de datos (Fig. 15), la cual posteriormente se trabajó en Excel 2013 y Acces 2007.

Figura 15

ArcGis 10.1 Consulta de información temática Uso del suelo y vegetación.



Nota: Fuente, imagen obtenida de los procesos del conjunto de datos vectoriales de INEGI

El proceso de análisis de bases cartográficas permitió elegir finalmente las series IV y VI para integrar un sistema de información geográfica que permitió elaborar mapas y tablas de procesos de cambio, definir las clases de coberturas y usos de suelo del área de estudio, a partir de las cuales posteriormente cuantificar tasas de cambio entre clases de cobertura y usos del suelo en el periodo de estudio considerado a nivel municipal.

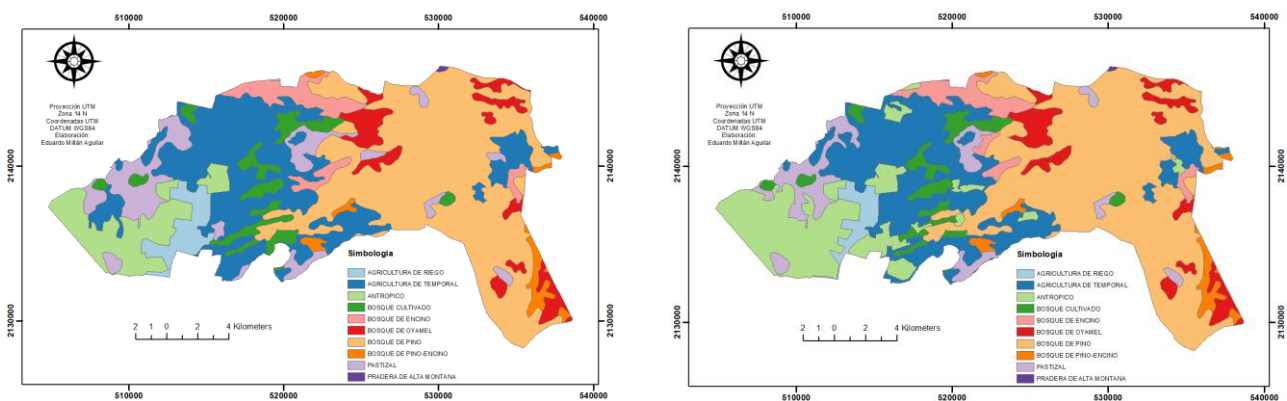
Para llegar a lo anterior fue necesario realizar un trabajo de reclasificación de las diferentes clases de uso de suelo y vegetación incluidas en las bases de datos de los mapas digitales de INEGI y su sobreposición en ArcGis. Se recalculó el área de la zona de estudio y se tuvo especial cuidado para no modificar los datos de superficie total, número de registros y el número de archivos (extensiones) que componían el archivo shape original.

5.1 Mapeo de los Procesos de Cambio

En la Figura 16 se puede observar la conversión entre las diferentes clases de coberturas y usos del suelo que se presentaron durante el periodo 2007-2015.

Figura 16

Mapas de uso de suelo y vegetación del municipio de Ixtapaluca años 2007 - 2015



Nota: Fuente, elaboración propia a partir de datos vectoriales de INEGI

En la parte alta del municipio (cota 3000 y superior), que se distribuye en la sección norte y oriente del mismo, los cambios observables son menores. Esta zona, dominada por el Bosque de pino (Bp), presenta zonas de pastizal, y agricultura de temporal, así como bosque de oyamel y bosques en mezcla de especies de pino y encino (Bp-e), en las que la presencia humana motiva el cambio de las áreas inmediatas a los escasos centros urbanos presentes. Los cambios visibles son hacia usos urbanos (habitacional principalmente).

En la parte media del municipio las áreas de agricultura de temporal (2300-2900 msnm) han avanzado hacia las áreas de Bosque de encino (Be), el Bosque cultivado (Bc), y pequeñas

fracciones de Pastizal (Pz). Algunas áreas de cultivo de temporal de esta zona intermedia, han sido convertidas hacia usos urbanos (habitacionales, minas de arena).

En la zona de menor pendiente del municipio, la sección poniente es la zona con mayor cambio. Los procesos presentes aquí son de conversión, de pastizales, y áreas agrícolas de temporal y de riego hacia usos antrópicos.

Tabla 6

Clases de cobertura y uso del suelo para el análisis del cambio y la dinámica municipal

No	CLASE	CLAVE
1	Antrópico	Ao
2	Agricultura de riego	Ar
3	Agricultura de temporal	At
4	Bosque cultivado	Bc
5	Bosque de encino	Be
6	Bosque de oyamel	Bo
7	Bosque de pino	Bp
8	Bosque de pino-encino	Bp-e
9	Pastizal	Pz
10	Pradera de alta montana	Pam

Nota: Fuente, elaboración propia

5.2 Matriz de Detección de Cambios

La sobreposición de los mapas reclasificados y sus respectivas bases de datos permitió generar el mapa de procesos de cambio y su respectiva base de datos, la que mediante su procesamiento en Excel permitió generar la matriz de transición correspondiente (Tabla 7).

Tabla 7

Matriz de transición de uso de suelo y tasa de cambios municipal para el periodo 2007-2015.

Categoría	2015 (T ₂)										Total 2007 (ha)	Tasa de cambio (%)	
	Ar	At	Ao	Bc	Be	Bo	Bp	Bp-e	Pz	Pam			
2007 (T ₁)	Ar	671.78	0.48	424.41						0.00		1,096.66	3.28
	At	2.07	6,767.66	921.43	7.27	1.28		6.71	8.26	6.41		7,721.09	0.51
	Ao	1.53	1.14	2,644.78						2.40		2,649.85	-3.55
	Bc		118.93	93.35	1,407.62	0.15		1.75		2.34		1,624.14	0.90
	Be		86.08	92.72	0.45	1,179.16	0.79	1.64	0.00			1,360.83	0.37
	Bo				0.29	0.20	1,705.22	13.22	2.64			1,721.57	0.02
	Bp		74.50	24.17	2.50	4.32	8.27	12,430.17	1.02	2.87	0.01	12,547.83	-0.04
	Bp-e		1.73	0.01		0.59	1.15	4.13	653.94	0.38		661.92	-0.04
	Pz		103.74	355.23	1.18	101.62	1.62	162.43		1,961.77		2,687.58	2.07
	Pam							0.22			13.33	13.55	0.10
Total 2015 (ha)		675.37	7,154.26	4,556.10	1,419.30	1,287.33	1,717.04	12,620.27	665.86	1,976.16	13.35	32,085.02	

Nota: Fuente, elaboración propia

De la matriz de transición se pueden concluir algunos cambios en cuanto a las coberturas y usos del suelo municipal. Podemos observar que las clases Antrópico (Ao), Bosque de pino (Bp) y Bosque de pino-encino (Bp-e) por ejemplo, presentan una ganancia en superficie ocupada. En caso de la clase antrópico el resultado es el esperado y en la realidad es muy visible. Al crecimiento poblacional natural de la comunidad se suma el incremento poblacional producto de la migración de personas provenientes de la Ciudad de México y de otros estados del país, lo cual se puede apreciar en la creación de nuevas colonias en la periferia de la comunidad. El Plan de desarrollo municipal menciona que la comunidad de Coatepec está integrada por el Pueblo de Coatepec, la colonia Tetitla y Pueblo nuevo, así como por otras siete colonias de nueva creación. Durante recorridos por las áreas mencionadas anteriormente se pudo constatar que el número de colonias de reciente creación sigue incrementándose. En el caso de las clases Bosque de pino (Bp) y Bosque de pino-encino, el incremento podría ser debido a que en la reclasificación de tipos de uso de suelo y vegetación las áreas denominadas "vegetación secundaria arbustiva" se agruparon a estas categorías. Esta reclasificación debe ser motivo de análisis.

En los casos de pérdida de cubierta original se determinó que la Agricultura de riego (Ar, 421.29 ha) y el Pastizal (Pz, 711 ha) fueron las clases que más superficie perdieron. El Pastizal (Pz) cedió

para el uso Antrópico (Ao) 355.23 ha, en tanto que la Agricultura de riego (Ar) le cedió 424.41 ha. El cambio se da para cambiar el uso de suelo a un suelo urbano/habitacional en la mayoría de los casos.

5.3 Tasas de Cambio

La matriz de transición elaborada considera también información respecto a las tasas de cambio de las diferentes clases identificadas en la zona. Para determinar las tasas de cambio se utilizaron las superficies para cada uso de suelo y tipo de vegetación, y se calcularon las tasas de deforestación, de acuerdo con la ecuación de la FAO (1996).

La tasa de cambio, también llamada tasa de deforestación, para la clase denominada Agricultura de riego (Ar), con un valor de 5.88 %, significó una pérdida de 421 ha, es decir una pérdida anual de 47 ha en el periodo 2008-2017. En el caso de la clase Pastizal (Pa) se presenta una tasa de cambio de 3.77%, es decir una pérdida de 711 ha, con una pérdida anual de 79 ha para esta clase.

5.4 Matriz de Probabilidades de Cambio

Se elaboró una matriz de Markov de primer orden, para conocer la probabilidad de cambio para el periodo 2007-2015 (Tabla 8). Las categorías que tiene mayor probabilidad de permanecer en el tiempo son, Antrópico (Ao), Bosque de oyamel (Bo), Bosque de pino (Bp) Bosque de Pino-Encino (Bp-e) y Pastizal (Pz). La clase que tuvo una menor probabilidad de permanecer en el mismo tipo de cobertura, fue la de Agricultura de riego (Ar).

Tabla 8

Matriz de probabilidad de cambio periodo 2008-2015

		2015									Total	
		Ar	At	Ao	Bc	Be	Bo	Bp	Bp-e	Pz		Pam
2007	Ar	0.61	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
	At	0.00	0.88	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
	Ao	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
	Bc	0.00	0.07	0.06	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
	Be	0.00	0.06	0.07	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
	Bo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	1
	Bp	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	1
	Bp-e	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	0.00	0.00	1
	Pz	0.00	0.04	0.13	0.00	0.04	0.00	0.06	0.00	0.73	0.00	1
	Pam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.98	1

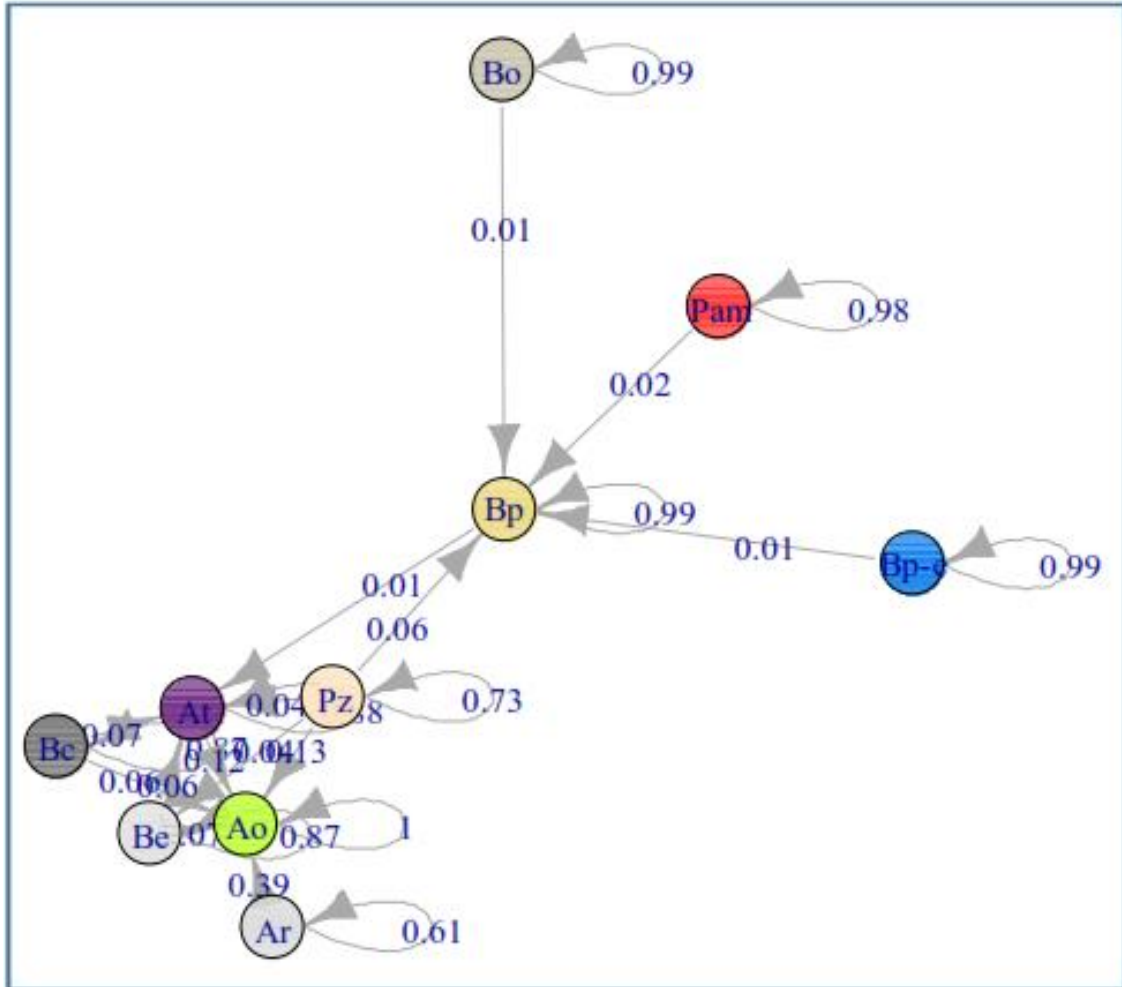
Nota: Fuente, elaboración propia

5.5 Dinámica de Cambios

El Diagrama de flujo de probabilidades de transición siguiente muestra la probabilidad de cambio de las clases entre el periodo 2007-2015 (Fig. 18). Con círculos se indican las clases de tipos de vegetación y uso de suelo; las flechas indican la dirección de cambio y el valor indica la probabilidad de cambio de una formación a otra. Se puede observar que la clase Antrópico (Ao) tiene altas posibilidades de permanecer en la misma categoría (1.00), y que es la categoría hacia la que las restantes pueden migrar. La Agricultura de riego, por ejemplo, muestra una alta probabilidad de migrar hacia un uso Antrópico (Ao), de hecho este cambio se puede ver claramente en gran parte del municipio, áreas que se ubican en la parte de menor pendiente, con los suelos más profundo, vías de comunicación en buenas condiciones han dejado de ser productoras de alfalfa, maíz, y frijol, son ahora áreas dedicadas al desarrollo de unidades habitacionales.

Figura 18

Diagrama de flujo de las probabilidades de transición de coberturas y usos del suelo en el periodo 2007-2015.



Nota: Fuente, elaboración propia

5.6 Evaluación de la Exactitud de los Mapas

El proceso de cruzamiento de las Series de vegetación y uso del suelo permitieron obtener el mapa de procesos de cambio de coberturas y usos de suelo de la zona de estudio para el periodo 2007-2015, dicho mapa señala las diferentes coberturas y usos del suelo de la zona de estudio. Derivado de los recorridos de campo y del registro de información correspondiente se pudo verificar que la información contenida en el mapa y en la realidad coincidiera. En la mayoría de los casos las coberturas y usos de los mapas correspondieron correctamente con la realidad.

Las zonas agrícolas son fácilmente reconocibles en campo, en ellas se observa que la agricultura que se practica es de temporal principalmente. Una gran proporción de las superficies agrícolas se dedica al cultivo de la avena, producto que sustituyó a los cultivos tradicionales de maíz, frijol, y haba que predominaban anteriormente. Los cultivos agrícolas se presentan desde la cota 2000 hasta las superiores a los 2500 msnm (Figura 19).

Figura 19

Zonas agrícolas de la zona de estudio.



Nota: Fuente, imágenes propias obtenidas durante los recorridos de campo

Las zonas forestales por su parte, así como las praderas de alta montaña se encuentran distribuidas en la parte superior de la comunidad. La frontera agrícola avanza discretamente en ellas (Figura 20).

Figura 20

Avance de la frontera agrícola en área forestal



Nota: Fuente, imágenes propias obtenidas durante los recorridos de campo

Una de las actividades con mayor impacto en el medio natural de la zona es la minería a cielo abierto (Figura 21). Las minas se ubican en la zona intermedia de la comunidad, en la parte baja de las formaciones boscosas y en el límite de la frontera agrícola. Su impacto en el medio natural es el más agresivo en relación al generado por otras actividades productivas. El aprovechamiento de los recursos mineros es aprobado por la comunidad a pesar de que existe cierto recelo debido a las consecuencias que las personas perciben por su operación. Desafortunadamente el aprovechamiento de los materiales a aprovechar, arenas y gravas principalmente, requiere la eliminación total de la cubierta vegetal bajo la cual se encuentran dichos depósitos.

Figura 21

Entrada a mina de arena con operación a cielo abierto y maquinaria utilizada para el aprovechamiento



Nota: Fuente, imágenes propias obtenidas durante los recorridos de campo

Una característica de las minería de minerales pétreos de la región es que debido al tipo de material que aprovecha no es regulada por la Ley Minera, en la mayoría de los casos se presenta deficiencias en la operación.

Durante los recorridos se pudo constatar mediante dispositivo de navegación GPS (Garmin eTrex) que las áreas agrícolas se han establecido en zonas cercanas a la cota 3000, la cual de acuerdo al Programa de Manejo del Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan es la cota límite para realizar algún tipo de uso o aprovechamiento. Otros aspectos observados durante los recorridos de campo fue el avistamiento de aves, madrigueras de mamíferos, sobre todo en barrancas, el renacimiento del establecimiento de magueyales y la industria derivada del aprovechamiento de maguey, principalmente el pulque pero según respuestas de las entrevistas realizadas también la producción de pan y otros productos a partir de esta planta.

5.7 Relación de los Resultados de los Aspectos Sociales

Durante la aplicación de las diferentes técnicas de investigación cualitativa utilizadas las personas contestaron más de una respuesta para la pregunta ¿Qué significapara usted?, por lo cual como una forma de hacer más fácil la interpretación de los resultados se organizaron los resultados con un mismo significado en una misma categoría genérica, a partir de lo cual fu posible identificar percepciones comunes respecto al medio natural y los servicios ecosistémicos locales.

Derivado de lo anterior se sabe que los pobladores perciben al bosque como un recurso natural. Se considera más importante que incluso el agua. Las personas entrevistadas, que fueron los

mismos a quienes se aplicaron los listados libres, consideran que la manera en como la comunidad utiliza sus recursos puede causar un impacto negativo en los ecosistemas y entre la comunidad; sin embargo consideran importante el beneficio económico que les representa. Principalmente quienes los transforman o los usan de manera directa.

Los servicios ecosistémicos identificados por la población son primordialmente de aprovisionamiento (agua, pulque, material, destilados), de soporte (producción de oxígeno). También se identifican a los servicios de regulación y servicios culturales (tranquilidad, belleza escénica, distracción).

Respecto al cambio la comunidad, perciben un cambio de una comunidad de carácter forestal no extractiva si no de conservación. Consideran que los bosques en el pasado eran más sanos, extensos y abundantes; perciben un cambio en las áreas agrícolas y urbanas. Las primeras, disminuyen, en tanto que la superficie urbana está en crecimiento. Se considera que un 75% de las superficies de carácter ejidal está vendida y saben que la mayoría de esa superficie es a personas ajenas a la comunidad. Paradójicamente consideran que el crecimiento urbano tiene beneficios de carácter económico y cultural.

La principal amenaza hacia la naturaleza son las actividades antropocéntricas como la deforestación, los incendios forestales, y la apertura de tierras de cultivo; y se identifican actividades productivas nuevas como el trabajo con ocochal, la producción de tabique, la venta de combustibles, el ecoturismo.

6. Discusión

El municipio de Ixtapaluca presenta una distribución homogénea altitudinalmente hablando de las coberturas y los usos del suelo presentes en la comunidad. Las Series de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI permiten identificar 10 clases o categorías para el periodo 2007-2015, siendo las más representativas las correspondientes al Uso antrópico o Urbano, agricultura de riego y la de temporal, y las clases correspondientes a las superficies forestales, en el que podemos encontrar los bosques de oyamel, pino, encino, y la combinación pino-encino. En un trabajo anterior al presente, la única referencia ubicada hasta el momento, Arriaga-Rivera (2014), identifica para el periodo 1989-2000 cinco categorías: urbano, agropecuario, forestal, sin vegetación y pastizal. Cabe mencionar que el objetivo del trabajo de Arriaga-Rivera fue comparar y cuantificar la ocupación del uso del suelo mediante el diseño de un módulo desarrollado en Delphi y operado bajo la plataforma de Idrisi Kilimanjaro, lo cual se basa en el uso de imágenes Landsat de tres diferentes periodos de tiempo 1973, 1996 y 2000.

Para los años de análisis considerados en el trabajo de Arriaga-Rivera, el investigador encuentra que el uso urbano aumentó considerablemente, pasando de 19.23 km² a 21.29 km², en tanto que las superficies agropecuarias disminuyeron pasando de 85.41 km² a 82.47 km². El uso forestal por su parte indica un aumento en cuanto a superficie, pasando de 149.22 km² a 164.70 km². Las áreas sin vegetación reportan una disminución en superficie ocupada pasando de 39.83 km² a 15.73 km², en tanto que el pastizal creció, de una superficie inicial de 25.27 km² a 34.77 km².

En nuestro el presente trabajo las tendencias en cuanto al crecimiento y/o disminución de las superficies urbanas, agrícolas y forestales coinciden, no así en el caso del pastizal, el cual en nuestro trabajo representa la clase con mayor pérdida de superficie ocupada en el periodo de tiempo considerado en tanto que en el trabajo de referencia presenta un crecimiento. En caso particular del pastizal, Arriaga-Rivera reporta superficies considerables de transición de las áreas forestales a los pastizales (11.15 km²), lo cual podría indicar que existían procesos de deforestación más fuertes que los encontrados en el periodo 2007-2015. Lo anterior, sin embargo, se contradice con el incremento del área forestal indicada en el párrafo anterior, sin embargo el estudio reporta que el área forestal incremento por la transición de diferentes tipos de superficies hacia esta cobertura, destacando el caso de las áreas sin vegetación, las cuales apartaron 12.24 km² de superficie a esta clase, una de las mayores transiciones reportadas en el trabajo de referencia.

El uso antrópico, al igual que el uso forestal, posee una importancia predominante en los estudios de cambio de uso de suelo. El impacto de actividades como la minería y el uso urbano-habitacional en la transformación del paisaje, se aprecia de manera inmediata, sin embargo son también importantes por el efecto que causan a largo plazo en el medio ambiente. Los estudios comentados hasta ahora para el área de Ixtapaluca, en la cual se encuentra la comunidad de Coatepec, indican un crecimiento de las superficies de este tipo. Al respecto Gutiérrez-Mendoza en 2008, citando a P. Connolly, 1993, menciona que los factores relacionados con el crecimiento poblacional, y por lo tanto urbano-habitacional, son diversos destacando la prohibición de nuevos fraccionamientos en la ahora Ciudad de México, la elevación de precios de renta y el déficit de vivienda para sectores populares, lo que promovió el desplazamiento de población a esta zona en la que adquirieron terrenos sin servicios y dentro de un mercado de suelo informal. Gutiérrez Mendoza identifica además la apertura de vialidades, la instalación de comercios y servicios para la población, así como la inversión en infraestructura de transporte y de servicios públicos, esto último a través del Programa de Solidaridad en Chalco y Chimalhuacán, como elementos que favorecieron el poblamiento y la conformación de la región oriente. Así mismo, sugiere que la baja producción de las tierras agrícolas, el saqueo y los bajos precios de los productos agropecuarios fueron motivos para que en la década de los 70's se agilizará la urbanización del municipio.

En el caso de la comunidad de Coatepec, Gasca Arizmendi, 2010, menciona que las reformas al Artículo 27 constitucional del 6 de enero de 1992, las cuales otorgaron el dominio pleno de las parcelas ejidales abriendo la posibilidad de celebrar contratos de asociación o aprovechamiento (mediería, aparcería y arrendamiento), así como contratos de compraventa, han derivado en la venta de los terrenos ejidales a personas ajenas al ejido fomentando así el uso habitacional.

En la comunidad de Coatepec el uso urbano se observa en crecimiento, lo cual impacta a las áreas boscosas de la misma. En este mismo sentido es importante el hecho de que la actividad minera se sigue fomentado, y habría que hacer un análisis de costo beneficio de la misma para determinar si esta actividad resulta conveniente. Si bien es cierto la conservación no es realmente lucrativa, en el aspecto económico, habría que valorar su importancia al mediano y largo plazo en la salud, mental y física, y en la sobrevivencia de las personas al contar con medios para la producción de alimentos, agua, y demás servicios indispensables.

7. Conclusiones y Recomendaciones

Los principales procesos de cambio originados por la actividad humana en la zona de estudio son la disminución de las superficies dedicadas a la agricultura de riego, y a la agricultura de temporal; la transformación de las áreas de pastizal hacia una amplia variedad de coberturas y usos distintas a esta clase; y el incremento constante de las coberturas y usos antrópicos.

Los procesos de deforestación, de acuerdo a los cambios registrados en estas superficies en el periodo de estudio analizado, han disminuido, sin embargo el aprovechamiento forestal existe en algunas zonas sin que sea identificado aun en las series de Uso de suelo y vegetación de INEGI. Lo anterior debido a lo reciente de esta actividad en por lo menos la comunidad de Coatepec.

Los estudios cuantitativos pueden ser complementados de manera satisfactoria por los métodos cualitativos ya que generan información que se genera en los primeros resulta insuficiente.

Las modificaciones a la Ley Agraria respecto a la propiedad de los terrenos ejidales y las condiciones socioeconómicas de la población influyen en la toma de decisiones que motivan lotificación y fraccionamiento de los terrenos con este tipo tenencia de la tierra. Los cambios en la cobertura y uso del suelo de la zona de estudio son motivados por factores diversos y las condiciones resultantes de sus interacciones. Algunos de estos factores son el incremento de la población, las políticas definidas para el aprovechamiento de los recursos de uso común, que en ocasiones son contradictorios a las políticas de conservación para estos mismos recursos, el desempleo, y la falta de condiciones para generarlo, la corrupción, el aprecio hacia la naturaleza, las corrientes políticas, la educación, entre otros. El control de los cambios en estos elementos, cobertura y uso de suelo, deben por lo tanto considerar una multitud de aspectos enfocados y articulados para el control los factores que los favorecen.

Bibliografía

- Acevedo, P., & Delibes-Mateos., M. (mayo-agosto de 2013). Efectos de los cambios en los usos del suelo en las especies cinegéticas en el sur de España: repercusiones para la gestión. *Ecosistemas. Revista científica de ecología y medio ambiente*, 22(2), 33-39. Recuperado el 17 de mayo de 2019, de https://www.redalyc.org/pdf/540/Resumenes/Resumen_54028036006_1.pdf
- Alvárez-Gayou, J. L. (2003). *Como hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Paídos.
- Arriaga Rivera, A. (julio-diciembre de 2014). Comparación y cuantificación de los usos del suelo en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México, 1989-2000, mediante teledetección. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 27-61. Obtenido de <https://quivera.uaemex.mx/article/view/9870/8118>
- Ayuntamiento de Ixtapaluca. (2019). Plan de Desarrollo Municipal de Ixtapaluca 2019-2021. Ixtapaluca, Estado de México, México: Ayuntamiento de Ixtapaluca. Recuperado el 16 de enero de 2019, de <https://ixtapaluca.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal/>
- Bai, J., Del Campo, C., & Robin Keller, L. (2016). *Modelos de cadenas de Markov en la práctica. Una revisión de opciones de software de bajo costo*. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de https://faculty.sites.uci.edu/lrkeller/files/2016/06/investigacion_operacional_2016_Bai_delCampo_Keller.pdf
- Barois, I. (15 de Mayo de 2020). *Instituto de Ecología*. . Obtenido de <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/component/content/article/17-ciencia-hoy/473-el-suelo-es-la-neta-del-planeta#:~:text=Isabelle%20Barois,lleno%20de%20vida%20y%20din%C3%A1mico>.
- Barrientos Reyna, M. G. (2015). *Cambio de uso de suelo forestal en México. Su legislación y gestión. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2015/septiembre/0735734/Index.html>
- Bautista, F., Balancán-Zapata, A. M., Navarro-Alberto, J., & Bocco, G. (2011). Percepción social de los problemas ambientales en Yucatán, México. Una visión desde la Geografía. *Teoría y Praxis*,(9), 33-54. Recuperado el 25 de junio de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/4561/456145107003.pdf>
- Berlanga-Robles, C. A. (2010). Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región norte de Nayarit (1973-2000). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*(72), 7-22. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n72/n72a2.pdf>
- Burbano Orjuela, H. (2010). El suelo al servicio de la sociedad y su rol en el contexto de los cambios globales. *Tendencias*, 11(2), 53-62. Recuperado el 4 de mayo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/277275956_El_suelo_al_servicio_de_la_sociedad_y_su_rol_en_el_contexto_de_los_cambios_globales
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 117-124. Recuperado el 4 de mayo de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>

- Camacho Sanabria, R. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo; estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 39-60. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v23n3/1405-0471-mb-23-03-00039.pdf>
- Calzada, P. L., (2018). *Análisis socioambiental de los factores de cambio de uso del suelo y vegetación en el istmo oaxaqueño, México. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio, Ciudad de México, México. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2018/noviembre/0783472/Index.html>
- Camacho Valdez, V., & Ruíz Luna, A. (2011). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *BioCiencias*, 1(4), 3-15. Recuperado el 3 de junio de 2019, de <http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/1721/1/marco%20conceptual%20y%20clasificacion%20de%20los%20servicios%20ecosistemicos.pdf>
- Cigarroa Alonso, K. M. (2018). *Análisis de Cambio de Uso de Suelo del Manglar de la Barra San José, Chiapas, México. [Tesis de Maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]*. Puebla, México.
- Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México. (2020). Recuperado el 14 de marzo de 2020, de <http://copladem.edomex.gob.mx/regionales>
- CONABIO. (18 de Febrero de 2020). *Monitoreo de la cobertura de suelo*. Recuperado el 1 de marzo de 2020, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/cobertura-suelo>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (9 de agosto de 2019). Diario Oficial de la Federación. México, México. Recuperado el 21 de octubre de 2019, de <https://sifide.gob.mx/transparencia/hv/jur/leyes/2019/ConstitucionPoliticaDeMexico09-08-2019.pdf>
- De la Torre Paredes, K. P. (2015). *Evaluación de la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación en Nicolás Romero y sus implicaciones en la provisión de servicios ecosistémicos. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, FES Iztacala]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2015/noviembre/0738220/Index.html>
- DGDC. (Noviembre de 2019). *La UNAM te explica: La historia hidrológico de la Cuenca de México. Fundación UNAM*. Obtenido de <https://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/la-unam-te-explica-la-historia-hidrologica-de-la-cuenca-de-mexico/>
- Di Gregorio, A. (2005). *FAO. Land Cover. Classification System. Classification concepts and user manual*. Recuperado el 7 de mayo de 2019, de <http://www.fao.org/3/y7220e/y7220e00.htm#Contents>
- Díaz-Gallegos, J. R., Jean-Francois, M., & Velázquez Montes, A. (2008). Monitoreo de los patrones de deforestación en el corredor biológico mesoamericano, México. *Interciencia*, 33(12), 882-890. Recuperado el 19 de agosto de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913804.pdf>
- Eguia Lis, P. E. (1994). *Análisis del cambio de la cobertura y uso del suelo en la región de Tenango del Aire y zona aledañas en el Estado de México. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2014/anteriores/microformas/0202768/Index.html>
- Escudero, M. I. (s.f.). *FAO. El cambio climático principales causantes, consecuencias y compromisos de los países involucrados.*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/XII/0523-B2.htm>

- ESRI. (10 de Febrero de 2020). *ArcGis Resources. ¿Que es ArcGis?* Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Falcón García, O. (2014). *Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional. Recuperado el 18 de mayo de 2019, de <http://132.248.9.195/ptd2014/enero/0707773/0707773.pdf>
- FAO. (1996). *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest resources assessment 1990: survey of tropical forest cover and study of change processes*. Roma: FAO forestry paper. .
- FAO. (10 de Mayo de 2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Portal de suelos de la FAO. ¿Qué es el suelo?* Recuperado el 17 de marzo de 2019, de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FAO. (2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. Recuperado el 7 de 05 de 2019, de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Fernández Moreno, Y. (septiembre-diciembre de 2008). ¿Porqué estudiar las percepciones ambientales? *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad.*, 15(43), 179-202. Recuperado el 3 de agosto de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v15n43/v15n43a6.pdf>
- Fernández Tarrío, R., Porter-Bolland, L., & Sureda Negre, J. (enero-marzo de 2010). Percepciones y conocimientos ambientales de la población infantil de una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista de Educación y Desarrollo.*, 12, 35-43. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/12/012_Fernandez_Tarrio.pdf
- Fragoso López, N. A. (2017). *Comparación del cambio de cobertura y uso del suelo a través de Sistemas de Información Geográfica en Acaxochitlán, Hidalgo. [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]*. En línea, Tuxpan, Veracruz, México. Obtenido de https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2019/05/G04_NAUM-ABRAHAM-FRAGOSO-LOPEZ.pdf
- Francois Mas, J., Díaz Gallegos, J. R., & Pérez Vega, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM*(51), 53-72. Recuperado el 19 de octubre de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n51/n51a5.pdf>
- Galeana-Pizaña, J. M., & Jiménez-Ortega, A. D. (30 de agosto de 2020). *Degradación de suelos, pérdida superficie forestal, cambio de uso de suelo vs Manejo y recuperación de suelos en la región Sur-Sureste*. Obtenido de http://sursureste.org.mx/sites/all/themes/fidesur/archivo/erac/Ficha_Degradacion_CUS_rev.pdf
- Gasca Arizmendi, M. B. (2010). *El ejido ante la urbanización y la reforma del Artículo 27 constitucional. El caso de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México. [Tesina, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptb2010/septiembre/0662176/Index.html>
- Gobierno del Estado de México. (2018). *Plan de Desarrollo del Estadode México 2017-2023*. Toluca de Lerdo, Estado de México, México: Consejo Editorial de la Administración Pública Federal.

Recuperado el 4 de febrero de 2019, de <https://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/PDEM20172023.pdf>

Gobierno del Estado de México b. (2018). *Programa Regional III Chimalhuacan 2017-2023*. Recuperado el 19 de febrero de 2019, de <http://copladem.edomex.gob.mx/regionales>

Gutiérrez Mendoza, A. (2008). *Suelo y heterogeneidad de la urbanización en el municipio de Ixtapaluca. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana)*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5455>

Henríquez Dole, L. E. (enero de 2012). *Escenarios futuros de uso de suelo para el análisis del efecto del cambio global en los recursos hídricos aplicado al acuífero de la Mancha Oriental. [Master en Ingeniería hidráulica y medio ambiente, Universitat Politècnica de València]*. Repositorio Institucional. Obtenido de Universitat Politècnica de Valencia. España.: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15479/TFM_Lenin_Henriquez_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández Robles, H. E. (2019). *Dinámica de cambio de uso de suelo y coberturas vegetales en el derrame de lava del volcán Xitle. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2019/diciembre/0799107/Index.html>

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, México: McGraw Hill.

INECC. (15 de noviembre de 2007). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. ZMVM Marco de Referencia*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/268/metro3.html>

INECC. (11 de Noviembre de 2016). *Contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (INDC) para adaptación*. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/contribuciones-previstas-y-determinadas-a-nivel-nacional-indc-para-adaptacion>

INECC. (18 de Mayo de 2018). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Contexto internacional en materia de cambio climático*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/contexto-internacional-17057>

INEGI. (2004). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Guías para la interpretación de Cartografía, Edafología*. Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvin_egi/productos/historicos/1329/702825231736/702825231736_1.pdf

INEGI. (2009). *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ixtapaluca, México. Clave Geoestadística 15039*. Recuperado el 15 de junio de 2020, de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15039.pdf

INEGI. (5 de DICIEMBRE de 2017a). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Comunicado de Prensa Núm. 535/17. INEGI presenta Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2017/especiales/especiales2017_12_01.pdf

INEGI. (2017b). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250,000 Serie VI*. México: INEGI.

- INEGI. (2020). Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) 3.0. México, Aguascalientes, Mexico. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI. (04 de Febrero, 2021). 2020 Censo de Población y Vivienda. Consulta Electrónica. Recuperado el 04 de Febrero de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/consultas/index#>
- IPCC. (2000). *Informe especial del IPCC, Uso de la tierra, Cambio del uso de la tierra y Silvicultura. Resumen para responsables de políticas*. Nairobi: IPCC.
- IPCC. (2013). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio Climático 2013, Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Resumen técnico y preguntas frecuentes*. Recuperado el 16 de noviembre de 2019, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- Jefatura de la Oficina de la Presidencia de la República. (Noviembre de 2019). *Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030*. Recuperado el 21 de Febrero de 2020, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/514075/EN-A2030Mx_VF.pdf
- Josef-Ihl, T., & Bautista-Zúñiga, F. (12 de Diciembre de 2019). *Estado actual de la cobertura y uso del suelo en Michoacán*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/313627931_Estado_actual_de_la_cobertura_y_uso_de_suelo_en_Michoacan
- Lambin, E. F. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 261-269.
- Larqué-Saavedra, B. S., Valdivia Alcalá, R., Islas Gutiérrez, F., & Romo Lozano, J. L. (2004). Valoración económica de los servicios ambientales del bosque del municipio de Ixtapaluca, Estado de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(4), 193-202. Recuperado el 18 de octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37020406>
- Ley Agraria. (25 de junio de 2018). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México, México. Recuperado el 28 de mayo de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13_250618.pdf
- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. (28 de noviembre de 2016). Cámara de Diputados del H Congreso de la Unión. México, Mexico. Recuperado el 20 de mayo de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_011220.pdf
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. (13 de abril de 2020). México: Cámara de Diputados del H Congreso de la Unión. México, México. Recuperado el 7 de mayo de 2020, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_130420.pdf
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (5 de Abril de 2018). México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México, México. Recuperado el 14 de abril de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- Ley General de Vida Silvestre. (19 de Enero de 2018). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ciudad de México, México. Recuperado el 27 de mayo de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_190118.pdf

- Ley Minera. (11 de septiembre de 2014). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Recuperado el 16 de junio de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151_110814.pdf
- López Granados, E. M., Bocco, G., & Mendoza Cantú, M. E. (2001). Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. *Investigaciones geográficas*.(45), 56-76. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n45/n45a5.pdf>
- López Vazquez, V. H., Balderas Plata, M. Á., Chávez Mejía, M. C., Juan Pérez, J. I., & Gutiérrez Cedillo, J. G. (s.f.). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA ergo sum Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 22-2. Recuperado el 27 de abril de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10439327004>
- Mar´. (s.f.).
- MEA. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis*. Washington, DC.: Island Press.
- Naciones Unidas. (18 de septiembre de 2015). *UN.ORG*. Recuperado el 22 de mayo de 2019, de Asamblea General. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S
- Naciones Unidas. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 17 de marzo de 2019, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/news/communications-material/>
- Naciones Unidas. (2020). *Cambio climático*. Recuperado el 16 de febrero de 2020, de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Naciones Unidas México. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 11 de marzo de 2019, de <https://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>
- Olivos-Rubio, M. (2015). *Técnicas e instrumentos de investigación*. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Patiño Flota, E. d., & Espinoza Villela, M. d. (2015). Ley Agraria del 6 de enero de 1915: semilla de la propiedad social y la institucionalidad agraria en México. *Estudios Agrarios. Procuraduría Agraria*, 17-39.
- Peña Llopis, J. D. (2007). *Efectos ecológicos de los cambios de coberturas y usos del suelo en la Marina Baixa (Alicante). Memoria de Titulación, Doctorado en Biología. Universidad de Alicante*. Alicante, España: Universida de Alicante. Recuperado el 21 de febrero de 2019, de <https://www.pik-potsdam.de/en/news/public-events/archiv/alter-net/alumni/tesis-juanpena.pdf>
- Pineda Pastrana , O. (Septiembre de 2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago. [Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo, A. C]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. (2019). Gobierno de México. Recuperado el 10 de enero de 2020, de <https://lopezobrador.org.mx/wp-content/uploads/2019/05/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2019-2024.pdf>

- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. (31 de Octubre de 2014). Cámara de Diputados del H Congreso de la Unión. México, México. Recuperado el 27 de abril de 2020, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS_311014.pdf
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (31 de Octubre de 2014). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Recuperado el 28 de junio de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf
- Reglamento de la Ley Minera. (31 de octubre de 2014). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México, México. Recuperado el 1 de junio de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LMin_311014.pdf
- Reyna, M. G. (2015). Cambio de uso de suelo forestal en México, su legislación y gestión. México, México.
- Ruiz-Angulo, A., & López-Espinoza, E. D. (2015). Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2), 215-225. Recuperado el 21 de julio de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v67n2/v67n2a7.pdf>
- Sánchez Porras, A., Silva Gómez, S. E., & Pérez Avilés, R. (2015). Los servicios ambientales ante un cambio de paradigma. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 6(14), 35-45. Recuperado el 23 de marzo de 2019, de [http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/77/2/6\(14\)-3.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/77/2/6(14)-3.pdf)
- Sánchez-Serrano, R. (2008). La observación participante como escenario y configuración de la diversidad de significados. En M. L. Tarrés, *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. (págs. 97-131). México: Porrúa.
- Santillán, M. L. (19 de 07 de 2017). *DGDC-UNAM. Alterar el suelo contribuye al cambio climático*. Recuperado el 19 de mayo de 2019, de <http://ciencia.unam.mx/leer/633/alterar-el-suelo-contribuye-al-cambio-climatico>
- SEMARNAT. (Septiembre de 2003). *Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Informe de la situación general del medio ambiente en México, 2002. ¿Hacia donde va el suelo?* Obtenido de http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.2_Cambios/index.htm
- SEMARNAT. (junio de 2014). *El medio ambiente en México 2013-2014. Atmósfera. Cambio climático*. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/05_atmosfera/5_2_4.html#inicio
- SEMARNAT. (5 de febrero de 2018). Recuperado el 21 de marzo de 2019, de [https://www.gob.mx/semarnat/articulos/constitucion-politica-mexicana-y-leyes-ambientales-144882#:~:text=Los%20ordenamientos%20jur%C3%ADdicos%20del%20derecho,al%20incorporar%20en%20el%20Art.&text=25%20incorpora%20el%20concepto%20de,\(sostenible\)%20en%20nues](https://www.gob.mx/semarnat/articulos/constitucion-politica-mexicana-y-leyes-ambientales-144882#:~:text=Los%20ordenamientos%20jur%C3%ADdicos%20del%20derecho,al%20incorporar%20en%20el%20Art.&text=25%20incorpora%20el%20concepto%20de,(sostenible)%20en%20nues)
- SEMARNAT. (2019). *El medio ambiente en México 2013-2014. Atmósfera. Cambio climático*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/05_atmosfera/5_2_4.html#inicio

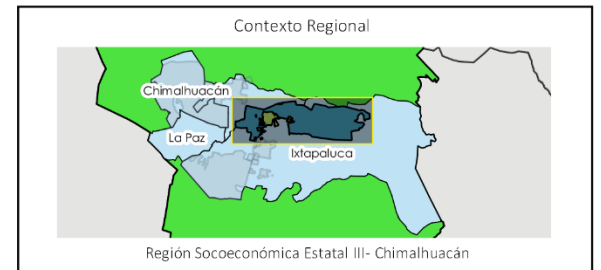
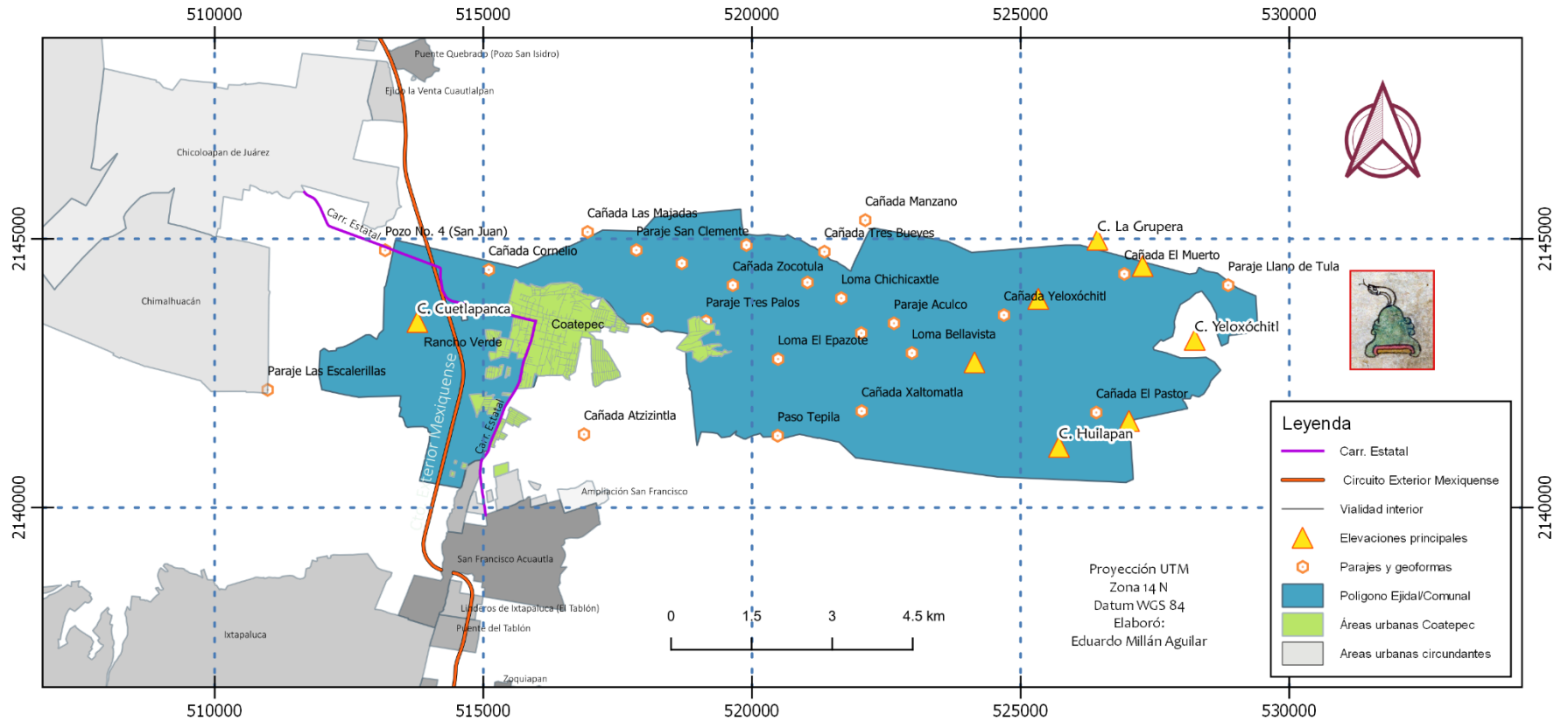
- SEMARNAT. (24 de Noviembre de 2015). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y su Protocolo de Kioto. CMNUCC*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-y-su-protocolo-de-kioto-cmnucc>
- SEMARNAT. (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave de las estadísticas de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Edición 2015*. México.: SEMARNAT.
- Serra Pompei, C., Vide Pifarre, D., Briansó Martínez, M., Carrasco Dominguez, J., & Amorós Monrabá, J. (2014). *Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho. Análisis de los servicios ecosistémicos producidos por los manglares a partir de la percepción de la comunidad de Curral Velho*. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelon. Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental. Proyecto Final de Licenciatura.
- SINACC. (2018). *México ante el Cambio Climático. Sitio oficial de país. Protocolo de Kioto*. Obtenido de <https://cambioclimatico.gob.mx/protocolo-de-kioto/>
- Solórzano Murillo, L. S. (Agosto de 2008). *Percepciones sobre servicios ecosistémicos relacionados con el agua en comunidades rurales de la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional, México, D. F. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2008/octubre/0635200/Index.html>
- SRE. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático*. Recuperado el 12 de enero de 2019, de https://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/ARCHIVOS/NACIONES_UNIDAS-CAMBIO_CLIMATICO.pdf
- SRE. (Marzo de 2020). *Tratados internacionales celebrados por México*. Recuperado el 17 de Febrero de 2019, de <https://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/introduccion.php>
- SSSA. (1 de Julio de 2020). *Soil Science Society of America. Soil basics. ¿What is soil?* Obtenido de <https://www.soils.org/about-soils/basics>
- Tarrío., R. F. (2009). Percepciones y conocimientos ambientales de la población infantil y juvenil de una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista de Educación y Desarrollo*, 35-43.
- Torres-Rojo, J. M., Magaña-Torres, O. S., & Moreno-Sánchez, F. (2016). Predicción del cambio de uso/cobertura arbolada en México a través de probabilidades de transición. *Agrociencia*, 50(6), 769-785. Recuperado el 15 de mayo de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000600769
- Truciós-Caciano, R., Estrada-Ávalos, J., Cerano-Paredes, J., & Rivera-González, M. (oct/nov de 2011). Interpretación del cambio en vegetación y uso del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 359-367. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400359
- UNFCCC. (1992). *UNFCCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- United Nations. (3-14 de junio de 1992). *Agenda 21. Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development*. Recuperado el 13 de enero de 2019, de

<https://web.archive.org/web/20090207083454/http://un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21spchapter1.htm>

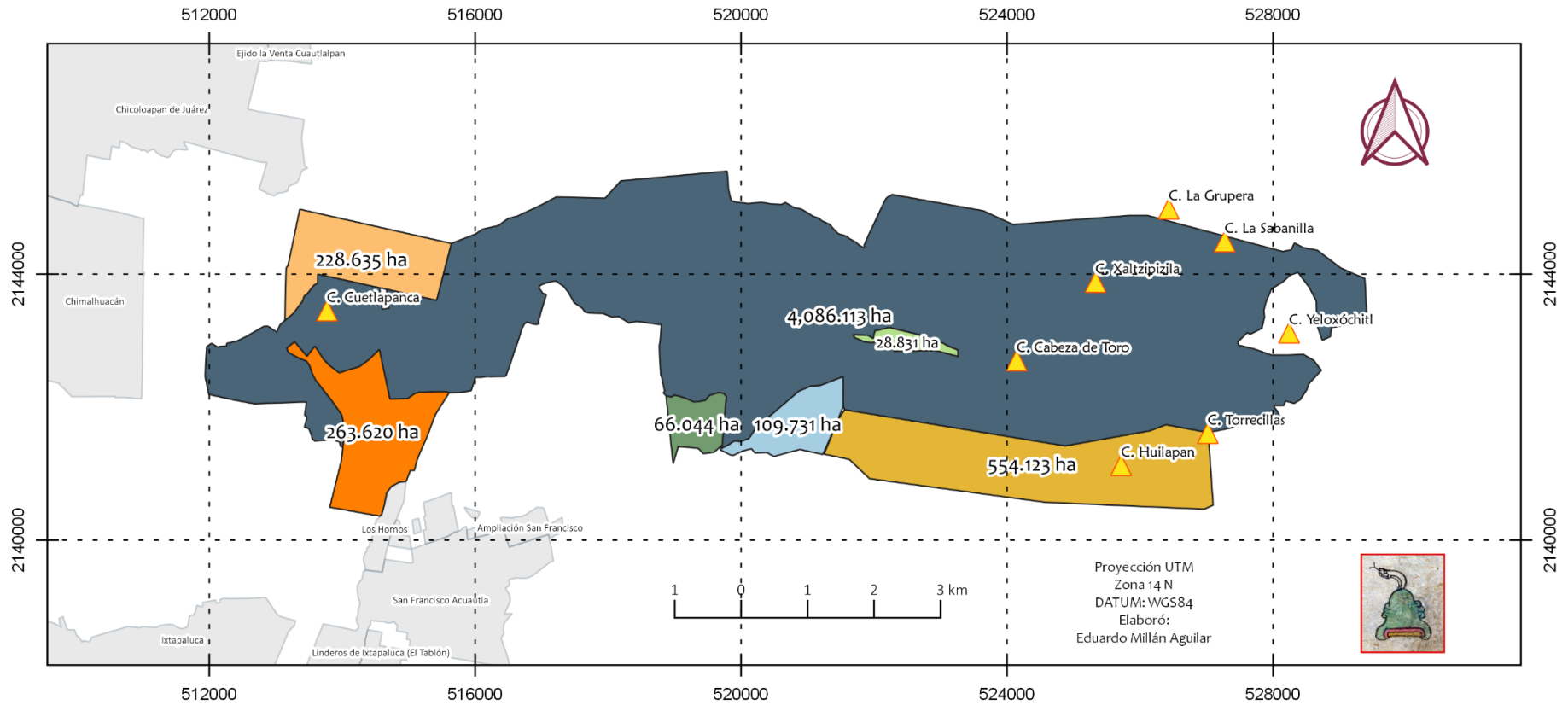
- Valverde, A., Camarero, G., Ordoñez, S., Partucci, H., & Bojanich, L. (2015). *Conflictos socioambientales y territoriales: propuestas teórico-metodológicas para su abordaje*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. Recuperado el 17 de junio de 2019, de <https://cdsa.aacademica.org/000-061/736.pdf>
- Vargas Melgarejo, L. M. (1994). Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*, 4(8), 47-53. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/747/74711353004.pdf>
- Vargas-Leal, X. (4 de Diciembre de 2014). Los dos grandes paradigmas de la ciencia. Guadalajara, Jalisco, México.
- Vela-Peón, F. (2001). Un acto metodológico básico. En M. L. Tarrés, *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. (págs. 63-93). México: Miguel Ángel Porrúa.
- Velázquez, A., Bocco, G., & Siebe, C., (2014). Cambio de uso del suelo. Recuperado abril de 2019, de http://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Velazquez/publication/263342417_Cambio_de_uso_del_suelo/links/54e371780cf2b2314f5d22f4/Cambio-de-uso-del-suelo.pdf
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcantara, P. C., Castro, R., . . . Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica*(62), 21-37. Recuperado el 21 de junio de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906202.pdf>
- Wikipedia.org. (s.f.). *Ixtapaluca*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Ixtapaluca>
- WRI. (6 de Octubre de 2019). *Instituto de Recursos Mundiales. Los compromisos climáticos de México*. Obtenido de <https://wrimexico.org/news/los-compromisos-clim%C3%A1ticos-de-m%C3%A9xico#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs%20implica,ciento%20para%202030%2C%20ser%3%ADa%20limpia.>
- Zona metropolitana del Valle de México*. (2 de junio de 2020). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_metropolitana_del_valle_de_M%C3%A9xico

ANEXOS

Anexo 1. Coatepec, Ixtapaluca, Estado de Mexico - Localización



Anexo 2. Coatepec, Ixtapaluca, Estado de Mexico - Áreas Ejidal y Comunal












Nota: Las superficies mostradas en el mapa corresponden a las estimadas a partir del procesamiento de polígonos comunales y ejidales obtenidos de los sitios web de dependencias oficiales, presentado diferencias menores con las obtenidas mediante consulta del Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA), sistema dependiente del Registro Agrario Nacional, el cual indica 4,075.687 ha y 1,169.236 ha como superficies comunal y ejidal ejecutadas respectivamente. Por lo anterior, la información contenida en estos planos es únicamente de referencia.

Fuentes:

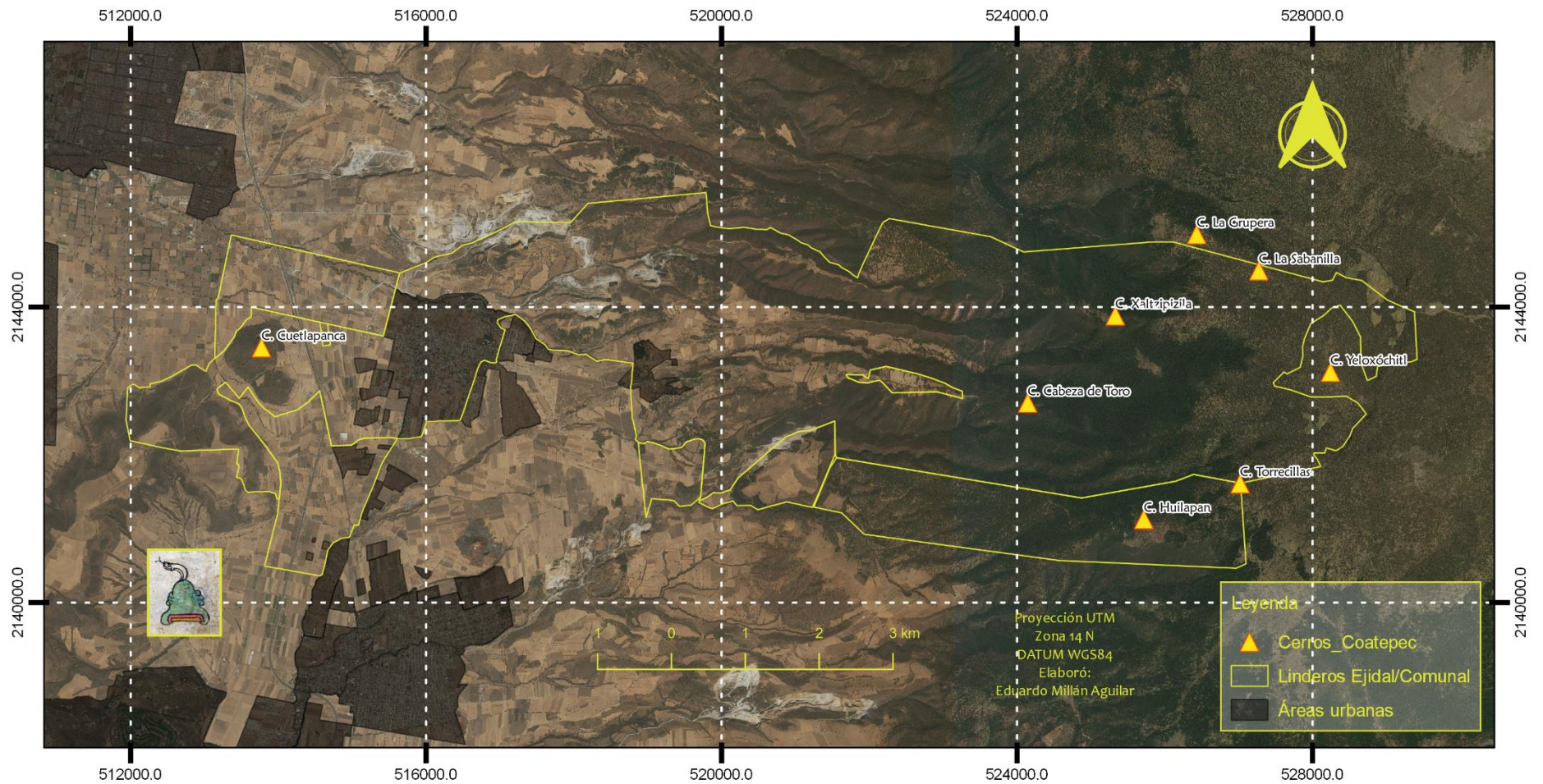
RAN, 2020. Datos geográficos perimetrales de los núcleos agrarios certificados, por estado - formato SHAPE. Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-geograficos-perimetrales-de-los-nucleos-agrarios-certificados-por-estado-formato-shape>

RAN, 2020. Sistema Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA). Obtenido de <https://phina.ran.gob.mx/index.php>

Leyenda

- | | |
|--|--|
|  Área comunal |  Polígono ejidal 2 |
|  Polígono ejidal 1 |  Polígono ejidal 4 (Bellavista) |
|  Polígono ejidal 3 |  Áreas urbanas vecinas |
|  Polígono ejidal 5 (Popotla) |  Elevaciones principales |
|  Polígono ejidal 6 (Santa Catarina) | |

Anexo 3. Coatepec, Ixtapaluca, Estado de Mexico - Aspecto físico. Mapa Base: Bing Satellite



Anexo 4. Guía de entrevista semiestructurada



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA INSTITUTO DE CIENCIAS (ICUAP) MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Fecha: _____

Entrevista semiestructurada sobre Percepción local de cambios en el paisaje en la Comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México. El presente instrumento forma parte de la metodología considerada en el trabajo de investigación denominado “Análisis del cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México”, el cual tiene carácter académico y de investigación. El estudio se propone dentro de las líneas de investigación del Instituto de Ciencias de la BUAP, específicamente en el área de Maestría en Ciencias Ambientales. Su participación en este estudio es voluntaria, no tiene que participar si no quiere.

Primera sección:

1. ¿Qué recursos naturales hay en esta comunidad?
2. ¿Cuáles considera usted que son los más importantes para la comunidad?
3. ¿Cómo los utiliza la comunidad?
4. ¿Qué bienes y/o servicios proporciona el medio natural de tu comunidad?
5. ¿Qué cambios percibe en tu comunidad? ¿Cómo era hace 5, 10 años atrás? ¿Cómo era antes de estos años?
6. ¿Cuál es la principal amenaza hacia la naturaleza? ¿Hacia el bosque?
7. ¿Qué hacen en esta comunidad con la basura?
8. En esta comunidad ¿quién es responsable por el cuidado de la naturaleza?
9. ¿Qué actividad productiva en la zona contamina el ambiente?

Segunda sección:

1. ¿Tienes propiedades en la región?
2. ¿Qué uso le das a tu terreno?
3. ¿Cuáles actividades productivas piensas que no afectan el paisaje de la región?
4. ¿Cuáles actividades productivas piensas que afectan el paisaje de la región?
5. ¿Qué otros usos se presentan?
6. ¿Qué tan fácil es para las personas cambiar de actividad (trabajo)?

Nombre: _____



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS (ICUAP)
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Fecha: _____

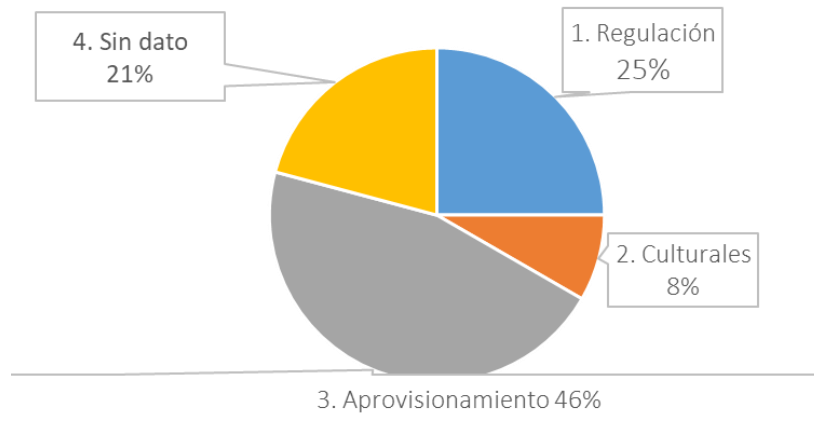
El presente instrumento forma parte de la metodología considerada en el trabajo de investigación denominado "Análisis del cambio de la cobertura y del uso del suelo en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México", el cual tiene carácter académico y de investigación. El estudio se propone dentro de las líneas de investigación del Instituto de Ciencias de la BUAP, específicamente en el área de Maestría en Ciencias Ambientales. Su participación en este estudio es voluntaria, no tiene que participar si no quiere.

¿Qué significado tiene para usted?

1. El Bosque
2. La fauna
3. El paisaje
4. El suelo
5. La vegetación
6. El agua
7. La agricultura
8. Las minas de arena
9. El área urbana

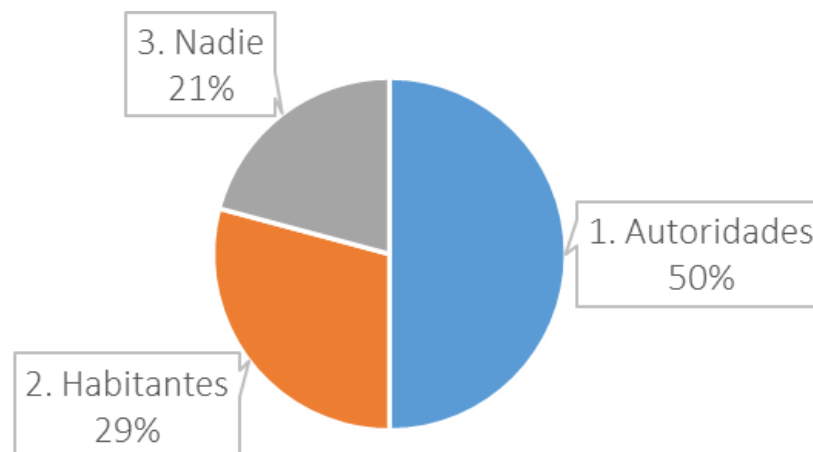
Anexo 6. Graficas de entrevistas semiestructuradas y listados libres.

Servicios ecosistémicos identificados (Categorías de acuerdo a la MA)



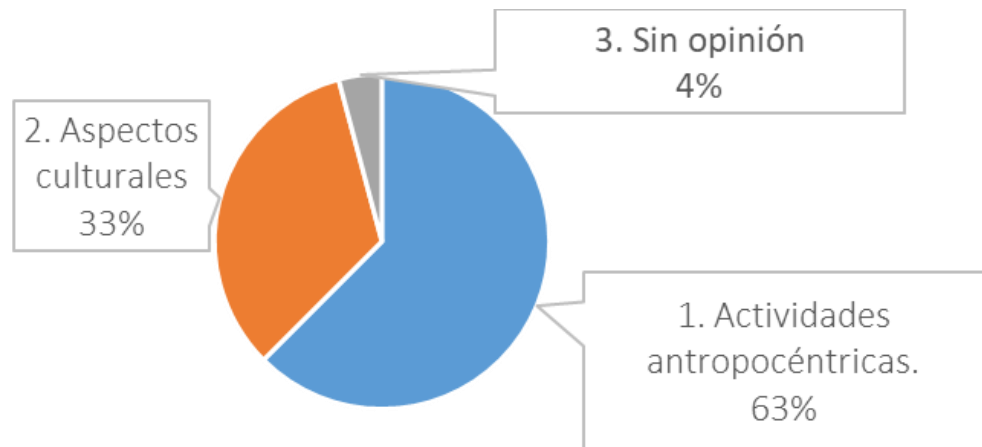
Nota: Los servicios ecosistémicos identificados fueron, producción de Oxígeno para la categoría de Servicios de Regulación; recursos como el agua, la madera e incluso el pulque para la categoría de Servicios de Aprovechamiento; entre otros.

Responsables del cuidado de la naturaleza



El gráfico muestra la opinión de los entrevistados respecto a quienes son los responsables de realizar acciones encaminadas al cuidado de la naturaleza. Algunos de los entrevistados (21%) consideran que en la comunidad un sector de la población es indiferente a las condiciones de la contaminación del aire, agua, suelo, etc., y que NADIE emprende acciones relacionadas con su cuidado.

Amenazas principales respecto a la naturaleza



Los incendios forestales provocados, la minería, la agricultura y otras actividades humanas fueron ubicadas como las principales amenazas para el medio natural local.