



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS

**CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN GESTIÓN DEL DESARROLLO SOCIAL

**ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES EN LA DINÁMICA DEL CAMBIO DE  
USO DE SUELO EN EL MUNICIPIO DE CHIAUTZINGO, PUEBLA.**

**MISAEAL GARCÍA HERNÁNDEZ**

TESINA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRÍA PROFESIONALIZANTE**

PUEBLA, PUEBLA

2019



## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN  
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

### CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Misael García Hernández**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Andrés Pérez Magaña**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesina **Aspectos ambientales y sociales en la dinámica del cambio de uso de suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesina y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 19 de noviembre del 2019.

Misael García Hernández

Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesina  
Dr. Andrés Pérez Magaña

La presente tesis titulada: **Aspectos ambientales y sociales en la dinámica del cambio de uso de suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla**; realizada por el alumno: **Misael García Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN

GESTION DEL DESARROLLO SOCIAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
DR. ANDRÉS PÉREZ MAGAÑA

ASESORA

  
\_\_\_\_\_  
DRA. GUADALUPE BEATRIZ MARTÍNEZ CORONA

ASESORA

  
\_\_\_\_\_  
DRA. VERÓNICA GUTIÉRREZ VILLALPANDO

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
M.C. ÁLVARO ERNESTO RUIZ BARBOSA

Puebla, Puebla, Diciembre de 2019

# ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES EN LA DINÁMICA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL MUNICIPIO DE CHIAUTZINGO, PUEBLA.

Misael García Hernández, MPGDS

Colegio de Posgraduados, 2019

El cambio en la cobertura vegetal ha sido constante y ha incrementado en varias partes del mundo, una de las causas principales son las diferentes actividades socio-económicas que realiza la población. Actividades que demandan mayor cantidad de recursos naturales y en consecuencia, la perturbación de los mismos. El análisis de la dinámica de cambio de uso del suelo permite tener conocimiento sobre el deterioro de los ecosistemas, de manera particular, cambios en la cobertura vegetal y el uso de suelo, así como, su relación con los factores ambientales y sociales con este fenómeno en el territorio estudiado. Esta investigación analizó el cambio del uso del suelo, en el periodo 1984-2018, los factores sociales que influyen en el proceso y su relación con factores ambientales, en el municipio de Chiautzingo, Puebla. Para ello, se procesaron imágenes de satélite Landsat en Sistemas de Información Geográfica, para analizar los cambios en el uso del suelo y su distribución mediante indicadores y modelos. Se analizaron variables climatológicas y se aplicó una encuesta sobre factores sociales y ambientales ligados al cambio de uso del suelo. Los resultados evidenciaron que la dinámica de cambio de uso del suelo está relacionada principalmente con la pérdida de superficie forestal, con una tasa de cambio anual de -0.57 %, lo cual es percibido por la población; el incremento de la agricultura protegida de 310.58 hectáreas y se identificó variabilidad climática, la cual es percibida y observada por la población de la zona de estudio. La información obtenida permite identificar las áreas que tienen mayor degradación ambiental para ser considerada en la planificación del uso y manejo de los recursos naturales por los actores locales.

Palabras claves: *Degradación ambiental, variabilidad climática, percepción de cambio de uso de suelo, imágenes de satélite, sistemas de información geográfica.*

ENVIRONMENTAL AND SOCIAL ASPECTS IN THE DYNAMICS OF SOIL USE  
CHANGE IN THE MUNICIPALITY OF CHIAUTZINGO, PUEBLA.

Misael García Hernández, MPGDS  
Colegio de Posgraduados, 2019.

The change in vegetation cover has been constant and has increased in several parts of the world, one of the main causes is the different socio-economic activities carried out by the population. Activities that demand a greater amount of natural resources and, consequently, their disturbance. The analysis of the dynamics of land use change allows us to have knowledge about the deterioration of ecosystems, in particular, changes in vegetation cover and land use, as well as its relationship with environmental and social factors with this phenomenon in the studied territory. This research analyzed the change in land use, from 1984 to 2018, the social factors that influence the process and its relationship with environmental factors, in the municipality of Chiautzingo, Puebla. Landsat satellite images were processed in Geographic Information Systems (GIS), to analyze the changes in land use and its distribution through models and indicators. Climatic variables were analyzed and a survey on social and environmental factors linked to the change in land use was applied. The results showed that the dynamics of land use change is mainly related to the loss of forest area, with an annual exchange rate of - 0.57%, which is perceived by the population; the increase in protected agriculture of 310.58 hectares and climate variability was identified, which is perceived by the population of the study area. The information obtained allows identifying the areas that have the greatest environmental degradation is considered in the planning of the use and management of natural resources by local actors.

Keywords: Environmental degradation, climatic variability, perception of land use change, satellite images, geographic information systems.

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Liliana por todo su amor, apoyo, paciencia y comprensión durante el tiempo dedicado a esta maestría.

A mis hijos Gerardo y Maximiliano, que son los pilares que me sostienen y me dan fuerzas para prepararme y mejorar cada día más.

A mi madre por darme la vida, amor, apoyo y comprensión en todo este proceso.

A mis hermanos y hermanas por su ánimo, entusiasmo y apoyo siempre.

A mi sobrina Brenda por el apoyo brindado en este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el gran apoyo para poder concretar este proyecto con el financiamiento de estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados, por haberme abierto sus puertas para concretar uno de mis proyectos personales y haberme brindado una estancia grata permitiéndome continuar con mi formación profesional.

A los Doctores y Doctoras, miembros de mi consejo particular por su tiempo y dedicación, su apoyo moral y humano que me mostraron en toda mi formación académica y sobre todo en los momentos que más lo necesite, por sus consejos tan acertados.

Al Dr. Andrés Pérez Magaña por guiar y orientar esta investigación, por su apoyo e interés de concluir satisfactoriamente, y mi más grande reconocimiento por su tiempo y calidez humana que siempre lo caracteriza.

A la Dra. Guadalupe Beatriz Martínez Corona, por su apoyo y seguimiento de este trabajo de investigación, así como por compartir su experiencia profesional y consejos para que esta fuera concretada.

A la Dra. Verónica Gutiérrez Villalpando, por sus consejos y motivación, por ser parte de este consejo y siempre mostrar su apoyo incondicional.

Al M.C. Álvaro Ernesto Ruiz Barbosa, por el apoyo para la elaboración de este trabajo y sus valiosas observaciones y aportes al presente trabajo de investigación.

## LISTA DE ABREVIATURAS

**CEA** Confederación de empresarios de Andalucía.

**CONABIO** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

**CONANP** Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

**ETM+** Enhanced Thematic Mapper Plus.

**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura.

**INEGI** Instituto Nacional de Información Geográfica y Estadística.

**IPCC** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

**LGDFS** Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

**LGEEPA** Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**PACC** Proyecto de Adaptación al Cambio Climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua en Ecuador.

**PDMC** Plan de Desarrollo Municipal de Chiautzingo

**RAE** Real academia española.

**SEMARNAT** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**SIG** Sistemas de Información Geográfica.

**SMN** Servicio Meteorológico Nacional.

**UTM** Universal Transversal de Mercator.



## CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	6
III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
3.1 Factores sociales .....	8
3.2 Territorio .....	10
3.3 Factores ambientales.....	12
3.4 Variabilidad climática .....	13
3.5 Unidad de producción agrícola, forestal o pecuaria.....	14
3.6 Uso del suelo .....	15
3.7 Cambio de uso del suelo.....	16
3.8 Causas y efectos del cambio de uso del suelo.....	19
3.9 Aportaciones de los estudios sobre cambio de uso del suelo .....	20
3.10 Tasa de cambio de uso de suelo .....	21
3.11 Sistemas de Información Geográfica .....	22
3.12 Los SIG en la planificación y ordenamiento territorial. ....	23
3.13 Alcances del estudio.....	24
3.14 Enfoque teórico que sustenta la investigación .....	25
3.15 Teorías que soportan la investigación.....	26
3.16 Marco Legal relacionado con el cambio de uso de suelo.....	27
3.16.1 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano .....	28
3.16.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente .....	28
3.16.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable .....	29
IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	31
V. HIPÓTESIS .....	32
VI. OBJETIVOS .....	33
6.1 Objetivo general.....	33
6.2 Objetivos específicos .....	33

VII. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
7.1 Características del área de estudio .....	35
7.1.1 Localización.....	35
7.1.2 Uso de suelo y Vegetación .....	36
7.1.3 Clima .....	37
7.1.4 Fisiografía y geología .....	37
7.1.5 Edafología .....	38
7.1.6 Hidrografía .....	38
7.1.7 Vegetación y fauna.....	39
7.1.8 Factores sociodemográficos.....	40
7.1.9 Servicios e infraestructura .....	41
7.1.10 Actividades socioeconómicas.....	42
7.2 Métodos y técnicas de investigación .....	42
7.2.1 Mapas de Uso de Suelo y Vegetación .....	43
7.2.2 Matriz de transición .....	44
7.2.3 Cadenas de Markov .....	45
7.3 Primera fase de campo .....	48
7.3.1 Categorías de análisis .....	48
7.4 Fase de gabinete. ....	48
7.5 Segunda fase de campo .....	49
7.6 Variables de estudio. ....	49
7.6.1 Tasas de cambio de uso de suelo .....	49
7.6.2 Ganancias, pérdidas e intercambio entre categorías. ....	50
7.7 Factores ambientales.....	50
7.8 Factores sociales.....	51
7.8.1 Población de estudio .....	51
7.8.2 Tamaño de muestra .....	52
7.8.3 Diseño del cuestionario .....	52
7.9 Análisis de la información .....	53
VIII.RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	54
8.1 Características generales de las y los encuestados.....	55
8.2 Matriz de cambio.....	57

8.3	Matriz de probabilidades y Cadenas de Markov.....	58
8.4	Tasa de cambio de uso de suelo .....	62
8.5	Ganancias, pérdidas e intercambio entre categorías. ....	64
8.6	Variabilidad climática .....	64
IX.	CONCLUSIONES.....	68
X.	RECOMENDACIONES .....	70
XI.	LITERATURA CITADA.....	72
XII.	ANEXO 1.....	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema ambiental. ....	27
Figura 2 Diagrama de la metodología de la investigación. ....	34
Figura 3 Localización del área de estudio. ....	35
Figura 4. Uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla. ....	37
Figura 5. Usos de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla. ....	55
Figura 6. Cadena de Markov, que indican la probabilidad de cambio, aplicada al cambio de uso de suelo y vegetación en el municipio de Chiautzingo (1984-2018), Puebla. ....	59
Figura 7. Mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla en 1984.....	60
Figura 8. Mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla en 2018.....	60
Figura 9. Datos de temperatura de la región Iztaccihuatl. ....	65
Figura 10. Datos de precipitación de la región Iztaccihuatl.....	65
Figura 11. Razón de relación Cambio de Uso de suelo y Variabilidad Climática.....	67

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de uso de suelo y vegetación. ....	17
Cuadro 2. Uso de suelo del municipio de Chiautzingo en los años 1997 y 2013. ....	36
Cuadro 3. Matriz de cambios. ....	45
Cuadro 4. Balance de cambios, años 1984 y 2018. ....	57
Cuadro 5. Matriz de cambios en los años 1984 y 2018. ....	57
Cuadro 6. Matriz de Probabilidades. ....	58
Cuadro 7. Tasas de cambio, pérdidas y ganancias del uso de suelo y vegetación en el municipio de Chiautzingo, Puebla. ....	63
Cuadro 8 Opinión sobre relación entre cambio de uso de suelo y variabilidad climática. ....	66

## I. INTRODUCCIÓN

La humanidad, desde su surgimiento como especie dominante ha modificado los sistemas naturales. Se ha presentado una propensión a suponer que el progreso social y económico está asociado invariablemente con la creciente urbanización y el desarrollo de obras de infraestructura (Juppenlatz, 1990). Esta suposición ha contribuido directamente a la modificación del entorno donde se establece para satisfacer las necesidades básicas de alimentación y vivienda, con consecuencias en la transformación del espacio geográfico y las características físicas, químicas y biológicas del suelo, la cobertura vegetal y del hábitat de la fauna silvestre. De ahí surge la importancia y la necesidad de conocer la dinámica del cambio del uso del suelo ocurrido en los ecosistemas terrestres, cuya causalidad se encuentra principalmente en: la conversión en la cobertura, la degradación y la intensificación en el uso del terreno, las cuales tienen como consecuencia la pérdida de vegetación natural (Lambin, 1997).

Los estudios de cambio de uso de suelo y vegetación son de gran relevancia para determinar los procesos que contribuyen a la deforestación, degradación, perturbación de los ecosistemas, erosión, desertificación del suelo y pérdida de la biodiversidad, entre otros (Camacho *et al.*, 2015).

El cambio de uso de suelo se refiere a transformaciones en el uso o manejo del suelo que realizan los seres humanos e induce un cambio en la cubierta terrestre (IPCC, 2000). En México, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable define el Cambio de uso del suelo, únicamente a nivel forestal como la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales (LGDFS, 2015).

A nivel mundial el cambio de uso de suelo que propicia la deforestación ha aumentado en las últimas décadas, una muestra de ello es que la superficie total de bosque que en 2005 era de 3.8 mil millones de ha, lo que equivale aproximadamente

al 30 por ciento de la superficie de la tierra. Asimismo, en el periodo de 1990 a 2005 hubo una reducción neta en la superficie mundial de bosques de 66.4 millones de ha, lo que equivale al 1.7 por ciento (FAO y JRC, 2012). La conversión de zonas forestales para agricultura ha llegado a una pérdida de 4.8 millones de hectáreas, en el periodo 2000-2005 (tasa de 0.12 % anual) y para el periodo 2005-2010 se elevó a 5.6 millones (tasa de 0.14 % anual) (FAO, 2010). Lo anterior evidencia un incremento en la pérdida de bosque a nivel mundial y un aumento en la tasa de cambio de uso de suelo. A lo que se suman los procesos de desertificación o erosión hídrica y el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero que alteran los ecosistemas.

En México, la deforestación y el incremento poblacional son los principales factores que influyen en los procesos de cambio de uso de suelo (Mas *et al.*, 2009). Por ejemplo, para el periodo 1993 y 2002 se registró un cambio de uso de suelo en la vegetación natural de poco más de 3 millones de hectáreas, lo que equivale a una pérdida cercana a las 336 mil hectáreas anuales. Entre 2002 y 2007 se perdieron 1.9 millones de hectáreas de vegetación natural, a un ritmo de poco más de 382 mil hectáreas anuales, principalmente debido a la deforestación. En relación a las actividades agropecuarias, las áreas dedicadas a la agricultura y pastizales se incrementaron en 1.5 millones de hectáreas en este último periodo, con una extensión total de 51.1 millones de hectáreas (SEMARNAT, 2014).

Con base en el informe de la situación del medio ambiente en México, emitido en el año 2015 por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, entre el año 2002 y 2011 el estado de Puebla recuperó 0.24 % de su cubierta natural. Por otro lado, este mismo informe menciona que el estado de Puebla presenta daño por erosión hídrica en 76.6 % de su territorio. Es importante mencionar que la superficie de cambio de uso de suelo es dinámica, por lo que cambia constantemente en función de los requerimientos y necesidades de la humanidad.

Las amenazas principales para la biodiversidad del Estado de Puebla, son las siguientes: 1) Conversión de terrenos forestales para la agricultura incompatible con la conservación, 2) Prácticas ganaderas, 3) Crecimiento urbano, 4) Desarrollo de infraestructura vial, 5) Contaminación, 7) Especies invasoras y plagas (descortezadores, parásitos y fitoparásitos), 8) Cambio climático y 8) Sobreexplotación de especies (CONABIO, 2013). Al menos las primeras cuatro tienen que ver directamente con el cambio de uso del suelo en el Estado de Puebla. Sin embargo, se desconocen estudios al respecto.

Las investigaciones que se han desarrollado con respecto al análisis de la dinámica del uso del suelo y los cambios en la cobertura vegetal de un determinado espacio geográfico y en una dimensión temporal, se han realizado principalmente haciendo uso y manipulación de distintos insumos cartográficos. Sobre todo, de mapas de uso de suelo y vegetación, pues es a partir de estos que los especialistas en el área, así como las autoridades responsables del uso y manejo de los recursos naturales, establecen e implementan políticas orientadas al aprovechamiento y conservación de los mismos (Millington y Alexander, 2000).

Los insumos cartográficos impresos y digitales, aunque no dejan de ser importantes, actualmente son sustituidos por las imágenes de satélite (Landsat TM) que se encuentran disponibles en internet y son muy importante para analizar los cambios de cobertura vegetal, con la sobreposición de mapas de uso de suelo y vegetación, y la aplicación de métodos y técnicas estadísticas. Estos análisis están basados en mayor medida en el espectro electromagnético de las imágenes, generando ventajas al diferenciar tipos de cubiertas vegetales. Así, el sensor del satélite Landsat TM 5 tiene 7 bandas, cada una de estas capta una determinada longitud de onda con aplicaciones diferentes, por ejemplo, se utiliza la banda 2 para estudios de vegetación sana, la banda 3 para clasificación de vegetación y estudios de clorofila y la banda 7 para estudios de fisiografía del terreno (*Soria et al.*, 1998).



Utilizando la ventaja que brindan los insumos satelitales, varios autores han realizado estudios para analizar la dinámica del cambio del uso del suelo, tales como: Buendía *et al.* (2002) en su estudio de la aplicación de imágenes de satélite en la cartografía de uso de suelo y vegetación en una región del Oriente del Valle de México; el estudio de Camacho *et al.*, (2015) Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. Otro ejemplo de este tipo de estudio es de Gordillo y Castillo (2017) sobre Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México donde se analiza la relación entre mapas de cambio en la cobertura del suelo con imágenes de satélite de alta resolución y estadísticas socioeconómicas.

En el presente estudio se analizó la dinámica en el cambio del uso del suelo, así como los factores sociales y ambientales que se relacionan con el proceso de conversión de la cobertura vegetal de áreas forestales, terrenos agrícolas, ganaderos, urbanos e industriales del municipio de Chiautzingo, Estado de Puebla. Por ser un tema, que desde la perspectiva de los medios de vida de las poblaciones que en mayor medida se dedican a las actividades primarias, entre los cuales están los recursos naturales como elementos del capital natural y entre ellos el suelo, que una unidad doméstica dedicada a las actividades primarias tiene para acrecentar sus libertades para gestionar su desarrollo social a partir de generar sus alimentos, fibras, recolección, madera o combustible. El estudio inicio con realizar la creación de las diferentes capas del uso del suelo y vegetación actual del territorio, para calcular las tasas de cambio de uso del suelo en el periodo 1984 – 2018, haciendo uso de material satelital y análisis de indicadores socio-demográficos para determinar la dimensión, estructura, evolución en el aumento poblacional y urbano de la región, lo cual se complementa con el análisis de variables ambientales como temperatura y precipitación. Así como, con variables relacionadas con la percepción de los cambios por los sujetos que viven el fenómeno del cambio de uso del suelo.

Las partes del presente estudio incluyen en primera instancia la justificación e importancia de la investigación. Seguido del abordaje del marco teórico, en el cual se incluyen las bases teóricas y conceptos en los que se apoyó la investigación para dar respuesta al fenómeno en estudio, entre los conceptos estudiados se contemplan los factores sociales, territorio, factores ambientales, variabilidad climática, unidad de producción agrícola, forestal o pecuaria, uso de suelo, teoría de sistemas y el marco legal del cambio de uso de suelo, entre otros. Posteriormente se aborda los temas referentes a la pregunta de investigación, hipótesis, objetivos y diseño de la investigación, en este último se trata el proceso metodológico empleado, colecta de la información y análisis. Finalmente se plasman los resultados obtenidos a partir de su análisis y discusión, lo que permitió generar una serie de conclusiones y recomendaciones realizadas sobre el tema de estudio.

## II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se experimenta una de las peores crisis ambientales de las que haya registros (Ramírez, 2014). Esto a consecuencia del marcado comportamiento del mercado globalizado que demanda productos con características especiales. Esto produce importantes focos de contaminación, pues en todas las fases de producción tanto de bienes como de servicios que demanda la sociedad hay un marcado impacto ambiental que deja residuos y cambios en los ecosistemas. Ya que hay una industrialización generalizada en las formas de producir los bienes y servicios para satisfacer las necesidades del mercado debido al crecimiento de la población y los asentamientos humanos.

Es importante y necesario conocer y analizar los factores ambientales y sociales que tienen relación con la dinámica del cambio de uso del suelo en los territorios, para comprender el sistema tan complejo en el que ocurre un fenómeno ubicado en el campo de las ciencias sociales y ambientales para gestionar con mayor certeza el desarrollo social, y que se relaciona directamente con la degradación de los recursos naturales que genera cambios en la estructura y productividad de los suelos, modificación de los hábitats de la flora y fauna, así como también cambio en la cobertura forestal y agrícola, que influye en general en la pérdida de la biodiversidad de los ecosistemas presentes en una región, así como afectación en la producción de bienes y servicios ambientales. El conjunto de estas interacciones deteriora el medio físico, biológico, económico y social de las poblaciones involucradas en el entorno, con lo que se abren importantes oportunidades para la gestión del desarrollo social, desde la atención de un fenómeno que se presenta entre lo ambiental y lo social.

Conocer el proceso espacio-temporal de cambio del uso del suelo permite elaborar estrategias de planeación para el uso y manejo de los recursos naturales, a diferentes escalas, en este estudio a nivel municipal y tener una fuente confiable de información sobre el uso actual del suelo disponible para plantear estudios sobre ordenamiento territorial. Los cuales son procesos concertados que persiguen la

integración funcional óptima del territorio, la reducción de los desequilibrios socioeconómicos regionales, la utilización sustentable de los recursos naturales y el uso y la ocupación del territorio con base a su aptitud (Palacio *et al.*, 2004)

### **III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

La razón fundamental de este apartado es conocer los conceptos básicos que presentan relación con la problemática del objeto de estudio y poder reflexionar sobre las relaciones existentes entre ellos, con el propósito de entender el fenómeno y contribuir a la solución del mismo. El plan inicial del desarrollo de un marco teórico que sustente la investigación, incluye los supuestos teóricos de los que parte el investigador e integra la manera en la que el investigador acopia sus datos, lo cual determina o establece los límites de las clases de análisis que pueden emplearse (Reidl, 2012).

Los enfoques teóricos son fundamentales para comprender las investigaciones. Por ello los principales fundamentos teóricos de esta investigación son: los factores ambientales y sociales involucrados en el fenómeno, y los procesos de cambio de uso de suelo en el territorio.

Las investigaciones sobre los procesos dinámicos del cambio de uso del suelo, la cobertura vegetal y los factores relacionados con estos, son trascendentales y necesarios, ya que son considerados en varias partes del mundo como las principales causas que coadyuvan al deterioro ambiental, por lo que pueden ser la base para conocer las tendencias de procesos de degradación y desertificación de los suelos y pérdida de la biodiversidad de los ecosistemas asociados a una región, así como la identificación y análisis de los factores sociales y ambientales que inciden en el cambio del uso del suelo (Camacho *et al.*, 2015; López *et al.*, 2015).

#### **3.1 Factores sociales**

El análisis de los factores sociales y su influencia en diversas problemáticas y fenómenos, es frecuente en muchos estudios. Sin embargo, en ellos se visualiza una tendencia a no definir conceptualmente lo que se concibe como tales y a tratarlos indistintamente como: elementos, aspectos, condiciones, situaciones, procesos, instituciones, actores participantes en la realidad donde se concretan.

Dentro de los factores sociales, también se incluyen factores orgánicos, biológicos, psicológicos, culturales, económicos y políticos, que se desarrollan de una manera u otra en las realidades sociales. Estos factores pueden estar integrados de aspectos específicos de la sociedad como la comunicación, el derecho, la economía, la política, la religión, el trabajo productivo y reproductivo, la educación, el ambiente, etcétera (Guzmán *et al.*, 2012).

Los factores sociales son definidos por Mirta Latanzzi (2008) como condiciones sociales o medios sociales que causan cambios en un sistema determinado a nivel familiar, comunitario e individual.

Algunos autores ante lo complejo de plasmar una definición concreta de factores sociales, incluso en opinión implícita, ante la necesidad de tener tal definición, enumeran aspectos o condiciones concretas como: índices de pobreza, volumen de la población, características del sistema educativo, el crecimiento económico negativo, el descenso de oportunidades, situaciones de violencia, desigualdad en el acceso a los recursos materiales, las características de las culturas, tradiciones y la sobre explotación de los bosques entre otras. Con base en ello se puede evidenciar que la dimensión teórica del problema de los factores sociales requiere de una definición específica para cada caso estudiado, a fin de precisar a qué se refiere dicho concepto. Inclusive existen autores que asumen el análisis de índices y parámetros como los mencionados anteriormente sin darle el nombre de factores sociales, aunque de ello se trata (Akyeampong *et al.*, 2007).

Por lo antes mencionado se puede afirmar que no existe una definición concreta y clara de los factores sociales, ya que lo que se establece es un conjunto de parámetros e indicadores que inciden en una determinada situación. Sin embargo, para el caso de estudiado se definieron como los aspectos y condiciones que los individuos, las familias y la población desarrollan para mantener o cambiar el uso del suelo y se fundamentan en su nivel educativo, usos y costumbres, estatus socioeconómico, composición de la población y conciencia ambiental.

Los aspectos específicos de los factores sociales que se analizaron en este trabajo fueron los referentes a educación, trabajo, medio ambiente, políticos y de composición de la población.

Los factores sociales ocurren en un espacio determinado, por lo que a continuación se discute, no sobre el espacio, por ser un concepto importante, mas sin embargo reduccionista, sino sobre un concepto de mayor carácter heurístico, el territorio.

### **3.2 Territorio**

La concepción de territorio se puede desprender de diversas aseveraciones de acuerdo a la clasificación de la investigación que se esté realizando o el enfoque que se le quiera dar. Sin embargo, la relación más relevante toma en cuenta el vínculo entre el individuo y el espacio geográfico donde este se desarrolla. Por ello, para entender este concepto será necesario analizarlo desde diferentes propuestas. Como se indica en la introducción, el estudio del cambio de uso del suelo es un fenómeno complejo, el cual se debe abordar desde esa perspectiva, y el territorio en ese sentido permite tal análisis.

De acuerdo con Rodríguez (2010), el territorio es un tema necesario de las ciencias sociales, ya que es impensable comprender al territorio sin la interacción con la sociedad y viceversa, ya que no existe una sociedad sin territorio. Desde las ciencias sociales y la geografía, este concepto ha causado una exploración dinámica de nuevas teorías y prácticas, tomando en cuenta la interpretación y análisis de los factores biofísicos y humano culturales.

Para comprender la relación sociedad-territorio se identificaron diferentes definiciones asociadas a la dinámica poblacional, factores sociales, económicos y políticos que logran brindar explicación más amplia de las causas de la transformación del territorio.

Bozzano (2009) menciona que el territorio se presenta como una definición polarizada en diversos criterios que se estudian desde diversas perspectivas: legales, pensadas, proyectadas y posibles, ello establece una probabilidad adicional de dar una explicación para comprender su forma y tipo de utilidad en el proceso de conocimiento y entendimiento. De igual manera Sosa (2012) establece la relación multidimensional que radica en comprender la configuración e impactos sobre lo que se sobrepone en su interior, aunado a las relaciones que se establecen bajo su asociación y razonamiento, las cuales pueden modificar y determinar cambios estructurales, la relación del espacio no fijo como una porción de tierra sino como su parte interna en la que existe un espacio social, histórico, cultural, económico y político que tiene un proceso dinámico y evolutivo. Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) el concepto de “territorio”, dada su complejidad, no cuenta hasta el momento con una definición universal o consensuada. Esta postura, hace necesario hacer una reflexión sobre esta categoría, para encontrar en ella los elementos que permitan analizar la dinámica del cambio de uso del suelo, como parte componente del territorio.

El territorio contiene diversos elementos para diseñar su forma y configuración y los impactos que trascienden tanto en su interior como en el exterior. Al respecto Sosa (2012) menciona que “El territorio es un complejo de interconexiones, en donde las relaciones, eventos, fenómenos, dinámicas y procesos son todos recíprocamente interdependientes y se retroalimentan”. Por lo tanto, es el resultado de la relación entre el ser humano y el territorio y que se revela en fenómenos sincrónicos y diacrónicos. El territorio es el resultado de un proceso “de construcción social”. Su delimitación se efectúa a partir de aproximaciones muy diversas (los límites administrativos, las cuencas hidrográficas, la identidad étnica y cultural, la existencia de polos económicos de desarrollo, criterios sociales), tal fue el caso de los límites administrativos, como se retomó en el caso estudiado, el municipio.

En el caso del presente estudio el territorio es el área geográfica delimitada por límites administrativos en los cuales hay interconexiones entre la agricultura, la



agricultura protegida, el bosque, los asentamientos humanos y los aspectos sociales de los habitantes relacionados con el fenómeno del cambio de uso de suelo y trascendencia en la variabilidad de los factores ambientales.

### **3.3 Factores ambientales**

El ambiente y los seres vivos están correlacionados: el ambiente tiene influencia sobre los seres vivos y éstos influyen sobre el ambiente y otros seres vivos. La forma en que ambos se relacionan o condicionan se ha denominado factores ambientales o ecológicos. Los factores ambientales son aquellos elementos que presentan una interrelación que determina la dinámica de la vida en el planeta tierra. Los factores ambientales se clasifican en dos categorías: 1) Bióticos, que son los seres vivos y sus interacciones, por ejemplo las plantas y los animales y 2) Abióticos, que son elementos que no tienen vida sin embargo son indispensables para el desarrollo de los seres vivos, por ejemplo el calor o la luz. (Rodríguez, 2012).

En esta investigación se analizaron dos factores abióticos físicos: la temperatura y la precipitación.

*La temperatura* en un ambiente dado determina cuáles especies se desarrollarán en un espacio determinado. Existen organismos que requieren altas temperaturas para poder subsistir, mientras que hay otras especies que solamente se desarrollan a temperaturas muy bajas. Los cambios de temperatura que se presentan durante el año, y que son consecuencia de las distintas estaciones, influyen directamente en el comportamiento de plantas, procesos de hibernación de animales y en los momentos de apareamiento y reproducción de los organismos (Brite, 2017).

*La precipitación* influye en los seres vivos de diversas formas. Por ejemplo, al caer en los suelos, las lluvias favorecen los procesos de erosión de las rocas, lo que permite la incorporación de minerales en los suelos, sin embargo al caer directamente la precipitación sobre suelos desprovistos de vegetación ocasiona

erosión y pérdida de suelo por arrastre, provocando que sea más difícil que crezcan las plantas. Con lo cual se pierde la fertilidad de suelo y se generan problemas de improductividad, lo que repercute en la disponibilidad de alimentos para las poblaciones de animales y seres humanos que de ahí los obtienen.

Los factores ambientales se manifiestan con diferente frecuencia e intensidad cada año, presentando en ocasiones variaciones extremas que influyen de manera negativa en las interacciones dadas en el medio ambiente.

### **3.4 Variabilidad climática**

El calentamiento global y el cambio climático, atribuido en gran medida a los diversos procesos antrópicos relacionados con el aumento de gases de efecto invernadero, el consumo, comercio, cambio de uso de suelo, la falta de conciencia ambiental, pocas políticas preventivas y en general al modelo capitalista y neoliberal de desarrollo hegemónico que guía los deseos de las sociedades contemporáneas son problemas que la humanidad debe enfrentar en la actualidad (Córdoba *et al.*, 2013). En América latina, los escasos estudios realizados, dan cuenta de los riesgos de pérdidas en biodiversidad, salinización y desertificación de terrenos agrícolas, además de la reducción en la productividad de cultivos básicos y de la ganadería, con consecuencias sobre los procesos alimentarios para los pueblos de esta región (Rodríguez, 2007).

La variabilidad climática se entiende como una medida del rango en que las variables climáticas, como temperatura o lluvia, cambian de un año a otro. Incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones extremas, como las diferencias en el número de aguaceros de un verano a otro. La variabilidad climática es mayor a nivel regional o local que al nivel hemisférico o global (PACC, 2010). La variabilidad climática hace cuestionar el comportamiento del ser humano como los patrones de consumo, las relaciones sociales, el manejo, aprovechamiento y distribución de los recursos naturales y las bases fundamentales de buscar ganar recursos económicos a costa del medio ambiente.

Las unidades de producción agrícola, forestal o pecuaria por su naturaleza contribuyen al deterioro del ambiente, ya que modifican los ecosistemas en los cuales son establecidas, por ello es importante analizar su composición funcionamiento.

### **3.5 Unidad de producción agrícola, forestal o pecuaria.**

La unidad de producción se define como aquella unidad económica conformada por uno o más terrenos ubicados en un mismo municipio, en donde al menos en alguno de ellos se realizan actividades agropecuarias o forestales, bajo el control de una misma administración (INEGI, 2016). La Unidad de Producción Forestal incluye terrenos como bosque o selva, de los cuales se aprovechan los recursos forestales y maderables.

Si la administración tiene terrenos ubicados en otro municipio, se considera como otra unidad de producción; esto es, habrá tantas unidades de producción como municipios ocupen sus terrenos.

En la Encuesta Nacional Agropecuaria que realiza el INEGI (2017) se excluyen aquellas unidades que no tienen terrenos y que crían animales para aprovechamiento de su carne, leche, huevo, piel, miel o para trabajo, en terrenos de uso común o terrenos propiedad del gobierno federal, estatal o municipal; así como también aquellas viviendas cuyos animales se ubican en las áreas de traspatio o corrales aledaños.

Así mismo el concepto de Unidad Productiva Rural, se define como un sistema compuesto por cuatro elementos: familia, conjunto de parcelas/solar, actividades productivas y factores externos que están asociados. Existe una gran diversidad de unidades de producción rural, pero todas se podrían entender como unidades básicas donde existe una organización para el trabajo, el aprovechamiento de sus terrenos, las condiciones naturales, sociales y del mercado, la fuerza de trabajo, los ingresos económicos y la creatividad, etc., para integrarlas en una estrategia de

vida, en su producción agrícola/pecuaria/forestal y su reproducción familiar, con el fin de proporcionar a la familia un bienestar lo más alto posible (Rivas *et al.*, 2007).

Como se ha visto, las unidades de producción agrícolas, forestales y pecuarias están compuestas por terrenos y sus administraciones. Estos terrenos son susceptibles de cambios en su uso dependiendo de su producción, lo cual hace imperante ahondar en el concepto de uso de suelo.

### **3.6 Uso del suelo**

El suelo es un espacio donde las personas desarrollan sus actividades cotidianas, construyen sus casas para vivir, caminan, producen sus alimentos, pero es un recurso natural de suma importancia en la gestión del desarrollo social, sobre todo en poblaciones donde su vida depende en mayor medida de las actividades primarias. Por lo que este recurso se debe cuidar, ya que puede sufrir alteraciones que afecten sus funciones, por ejemplo la erosión, y la pérdida de fertilidad son en gran medida consecuencia de la actividad humana (FAO, 2016).

El suelo es un recurso natural y un elemento necesario alrededor del cual las sociedades surgen y funge como el soporte para la integración y estructuración de los asentamientos humanos en un territorio específico. En la actualidad las alteraciones humanas en la superficie de la tierra no tienen presente en magnitud y alcance espacial (Lambin, 2001).

El uso del suelo se define como el proceso de producción de bienes materiales para satisfacer necesidades para el ser humano, algunos ejemplos son: producción de alimentos, instrumentos y herramientas de trabajo y construcción, vivienda y todos los que permiten mantener la subsistencia y supervivencia de las poblaciones humanas (Ramos *et al.*, 2004). Otra forma de conceptualizarlo es la forma como se utiliza un espacio definido, para una actividad productiva o con vegetación natural (Bocco, 2001). También se refiere a las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal, los tipos de uso de suelo y su grado de

aprovechamiento conforman el paisaje, el cual al transformarse o modificarse hace un cambio en el uso del suelo (López *et al.*, 2015).

En el mismo sentido, el informe anual de la Procuraduría ambiental y de ordenamiento territorial del Distrito Federal (2003), señala que el uso de suelo se concibe como la ocupación de una superficie definida en función de su capacidad agrológica y de su potencial de su desarrollo y se clasifica en urbano o rural de acuerdo a su ubicación.

El uso de suelo hace referencia al desarrollo de actividades socioeconómicas sobre una cobertura, buscando bienes y servicios. En razón de ello, puede cambiar dependiendo de su productividad y finalidad.

### **3.7 Cambio de uso del suelo**

El cambio de uso de suelo es la apropiación y utilización diferente del espacio geográfico a la que de manera natural o cultural se ha venido utilizando (Rodríguez *et al.*, 2011). Las interacciones de las actividades humanas con el medio físico traen como consecuencia el cambio de uso del suelo y vegetación, lo anterior se ve reflejado por el impacto de las actividades económicas y de desarrollo de la sociedad sobre el territorio y el uso que hacen de los recursos naturales (Palacios *et al.*, 2004). Por tanto, el cambio en el uso del suelo puede definirse como los cambios que se dan continuamente sobre la superficie terrestre, lo que se debe principalmente a la deforestación, la agricultura, ganadería, industria, aumento demográfico y/o urbanización (Ramos *et al.*, 2004).

López *et al.*, (2015) reportó que los principales procesos de cambio antropogénicos son los siguientes: de uso del suelo del bosque a pastizales, de pastizal a agricultura de riego o de temporal, estas últimas actividades originadas por los asentamientos urbanos. Estos cambios son consecuencia directa de la interacción de las actividades humanas con el medio biótico y abiótico de los ecosistemas, por tanto, la identificación espacial y temporal de estos cambios pueden ser la base para la

formulación y aplicación de políticas correctivas y/o planes de acción que mejoren el manejo de los recursos naturales de una región (Palacio *et al.*, 2004).

Para efectuar la medición del cambio de uso de suelo se deben obtener estadísticas del mismo, así como su localización geográfica mediante la sobreposición de fuentes cartográficas corregidas digitalmente en al menos dos momentos, el tiempo de cada comparación está en función de la disponibilidad de fuentes cartográficas. Este análisis permite generar una cartografía confiable que expresa en forma concisa la magnitud y distribución espacial de la dinámica del cambio de uso del suelo en el área de estudio y proporciona las superficies correspondientes a cada una de las categorías de uso de suelo para calcular su respectiva tasa de cambio (Velázquez *et al.*, 2002).

En México, una forma de clasificar el uso del suelo y vegetación para realizar estudios de cambio de uso de suelo puede incluir la comparación de las dos bases de datos del INEGI (serie I y II) y el Inventario Forestal Nacional del año 2000 para monitorear los cambios de los tipos de vegetación y uso del suelo (Palacio *et al.*, 2004). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de uso de suelo y vegetación.

Formación	Tipo de vegetación y uso de suelo	Comunidad y otras coberturas
<b>I. Cultivos</b>	1. Agricultura (riego y humedad)  2. Agricultura de temporal 3. Plantación forestal	Agricultura de riego (incluye riego eventual) Agricultura de humedad Riego suspendido Pastizal cultivado Agricultura de temporal <sup>1</sup> Plantación forestal
<b>II. Bosques</b>	4. Coníferas   5. Coníferas-latifoliadas  6. Latifoliadas 7. Mesófilo de Montaña	Bosque de tascate <sup>2,3</sup> Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro) <sup>2,3</sup> Bosque de pino <sup>2,3</sup> Matorral de coníferas <sup>2,3</sup> Bosque bajo-abierto <sup>2,3</sup> Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) <sup>2,3</sup> Bosque de encino <sup>2,3</sup> Bosque mesófilo de montaña <sup>2,3</sup>

<b>III. Selvas</b>	8. Perennifolia y subperennifolia  9. Caducifolia y subcaducifolia	Selva alta y mediana perennifolia <sup>2, 3</sup> Selva baja perennifolia <sup>2, 3</sup> Selva alta y mediana subperennifolia <sup>2, 3</sup> Selva baja subperennifolia <sup>2, 3</sup> Selva mediana caducifolia y subcaducifolia <sup>2, 3</sup> Selva baja caducifolia y subcaducifolia <sup>2, 3</sup> Matorral subtropical <sup>2, 3</sup> Selva baja espinosa <sup>2, 3</sup>
<b>IV. Matorral</b>	10. Mezquital  11. Matorral xerófilo	Mezquital (incluye huizachal) <sup>2, 3</sup> Matorral crasicaule <sup>4, 5</sup> Matorral sarcocrasicaule <sup>4, 5</sup> Matorral sarcocaule <sup>4, 5</sup> Matorral sarcocrasicaule de neblina <sup>4, 5</sup> Matorral desértico micrófilo <sup>4, 5</sup> Matorral desértico rosetófilo <sup>4, 5</sup> Matorral rosetófilo costero <sup>4, 5</sup> Vegetación de desiertos arenosos Matorral espinoso tamaulipeco <sup>4, 5</sup> Matorral submontano <sup>4, 5</sup> Chaparral <sup>4, 5</sup>
<b>V. Pastizal</b>	12. Pastizal	Pradera de alta montaña Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal) Pastizal inducido Sabana
<b>VI. Vegetación hidrófila</b>	13. Vegetación hidrófila	Manglar Popal-tular Vegetación de galería (incluye bosque y selva)
<b>VII. Otros tipos de vegetación</b>	14. Otros tipos de vegetación  15. Área sin vegetación aparente	Palmar Vegetación halófila y gipsófila Vegetación de dunas costeras Área sin vegetación aparente
<b>VIII. Otras coberturas</b>	16. Asentamiento humano 17. Cuerpo de agua	Asentamiento humano Cuerpo de agua

Fuente: Adaptado de Palacio *et al.*, 2004.

<sup>1</sup> Incluye dos categorías: con cultivos anuales, o con cultivos permanentes y semipermanentes.

<sup>2</sup> Incluye la vegetación primaria y la vegetación secundaria arbórea en una sola categoría.

<sup>3</sup> Incluye a las comunidades con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

<sup>4</sup> Se refiere a las comunidades de matorrales con vegetación primaria.

<sup>5</sup> Incluye la vegetación secundaria derivada de la alteración de los matorrales.

Los cambios en el uso de suelo tienen efectos, ya sea positivos o negativos que dependen del tipo y la finalidad de los usos de suelo. En el siguiente apartado se presentan algunos de los efectos atribuidos a estos cambios.

### 3.8 Causas y efectos del cambio de uso del suelo

El cambio de la cobertura vegetal en México y algunas zonas del mundo ha sido provocado, en gran parte, por el incremento de la población, y que a su vez demanda más cantidad de alimentos y la ampliación de la infraestructura para vivienda. Entre las consecuencias más importantes del cambio de uso del suelo están las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos, la pérdida de la biodiversidad y sus servicios ambientales asociados y el cambio climático global (SEMARNAT, 2002). Estas alteraciones dificultan la tarea en la gestión del desarrollo social, pero a la vez abren oportunidades de intervención.

Algunas de las principales causas que derivan del proceso del cambio de uso del suelo son: el aumento demográfico, la deforestación (incluye tala clandestina y extracción de productos maderables, apertura para establecimiento de cultivos), la agricultura que se destaca por técnicas y prácticas distantes de la agricultura sostenible, por ejemplo, la roza, tumba y quema, cultivos en laderas sin prácticas de conservación de suelos, entre otras (Camacho *et al.*, 2015), las cuales causan degradación, entendiendo esta como el proceso de disminución de la capacidad de los ecosistemas forestales para brindar servicios ambientales, así como capacidad productiva (LGDFS, 2018).

Las investigaciones sobre la dinámica del cambio del uso de suelo también pueden incluir la identificación y análisis de los factores que tienen impacto sobre el medio ambiente. Por ejemplo, el cambio en la cubierta forestal que reduce la superficie de bosques y, con ello, la disminución de la capacidad de captación de agua y recarga de mantos freáticos. También la construcción de carreteras, pavimentación de caminos de terracería y parques industriales, son factores que contribuyen también al proceso de cambio. Otros, no menos importantes son: los incendios forestales, el sobrepastoreo, abandono de terrenos agrícolas y construcción de fraccionamientos o viviendas (López *et al.*, 2015).



### 3.9 Aportaciones de los estudios sobre cambio de uso del suelo

Los estudios sobre el cambio del uso del suelo actualmente se basan en la utilización de imágenes satelitales y sensores remotos para el análisis de la cobertura vegetal en espacio y tiempo, con lo que se puede obtener el porcentaje de cobertura vegetal y a partir de está la tasa de cambio del uso actual de suelo, de donde se derivan los factores que servirán de referencia para la determinación del impacto causado por las actividades antropogénicas, y a su vez permite proponer alternativas de manejo y conservación para preservar las zonas que aún no están degradadas y poder aprovecharlas de manera sustentable (Millington y Alexander, 2000). En este sentido Isaac-Márquez *et al.*, (2005) incluyen perspectivas socioeconómicas, políticas y ecológicas, a través de la identificación y análisis de factores que condicionan el uso actual del suelo, las implicaciones para conservar los recursos y las estrategias productivas desarrolladas por los por campesinos y campesinas del oriente de Tabasco.

Camacho *et al.* (2015), analizó los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo ocurridos en un periodo de tiempo en un parte de la zona del sur poniente del Estado de México, ubicada en la Zona de Transición Mexicana de Montaña. A través de la interpretación de imágenes de satélite construyó los mapas temáticos que les permitieron elaborar una matriz de cambio de la superficie estudiada y determinar las tasas de cambio e inferir en los procesos antropogénicos que tienen influencia sobre los cambios del uso del suelo. A partir de ello, se obtuvieron los porcentajes disminución de la cobertura forestal, la cual disminuyó notablemente en esta área en el periodo estudiado. Así mismo, se obtuvieron las capas de las actividades agrícolas, agropecuarias y urbanas, a las que se les atribuye la deforestación de la zona. Otro factor notorio en este estudio fue la disminución en los cuerpos de agua de la región.

El trabajo desarrollado por Gordillo y Castillo (2017) en la Cuenca del Rio Sabinal, ubicada en el Estado de Chiapas se abordó mediante el análisis de los mapas de cambio de uso del suelo, donde destacó el papel que desempeña la población

humana en la configuración del ambiente biofísico, y cómo inciden sus actividades socioeconómicas en este proceso de cambio. Encontraron que el 72 % del territorio de la cuenca tiene el mismo tipo de cobertura de suelo, mientras que 28 % tuvo algún tipo de cambio en el uso del suelo. Así mismo, subrayó el incremento de la superficie utilizada para ganadería.

Los estudios de cambio de uso del suelo también han sido aplicados para proponer nuevos modelos de producción agrícola como el realizado por Ramos, *et al.*, (2004) mediante técnicas de sistemas de información geográfica en una región cacaotera. Además de actualizar la cartografía de las unidades de suelos, determinaron su potencialidad para el cultivo del cacao. Con ello, se evidencia que los métodos de análisis de insumos cartográficos y/o satelitales pueden aplicarse con diferentes propósitos, según el interés y el área de estudio de los especialistas. Sin embargo, en estos estudios lo primordial es identificar los cambios y el sentido de los mismos para proponer medidas acordes a las prioridades identificadas.

### **3.10 Tasa de cambio de uso de suelo**

La vegetación es un indicador relevante para identificar las condiciones naturales de un territorio, el análisis de las variaciones o cambios en la vegetación considera, básicamente, aquellos causados por las actividades antrópicas e integra el estudio de diversos componentes, tales como: el porcentaje de vegetación conservada, superficie deforestada, superficie revegetada (cultivos o pastizales), superficie degradada, cambio de actividad productiva de una superficie y las áreas sin cambio (Palacio *et al.*, 2004)

Las tasas de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo para un periodo de tiempo determinado indican existe un incremento o reducción de los mismos y, se puede determinar mediante la siguiente fórmula:  $t=1-(S2/S1)^{1/n}$ , donde: t corresponde a la tasa de cambio; S1 la superficie cubierta por un tipo dado de uso/cobertura del suelo en la fecha 1; S2 es la superficie del mismo uso/cobertura

del suelo en la fecha 2 y; n es el número de años transcurridos entre las dos fechas (Camacho *et al.*, 2015).

Una forma de visualizar las condiciones naturales de un territorio es por medio de imágenes de satélite mediante los Sistemas de Información Geográfica, los cuales brindan información básica para el cálculo de indicadores como la tasa de cambio de uso de suelo

### **3.11 Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son un conjunto de herramientas informáticas que permiten manipular, analizar o interpretar información de un sitio espacial, y están integrados por programas informáticos o software que fungen como apoyo en la ordenación de la información (CEA, 2010).

Olaya (2014) define un SIG como “un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados”. Por tanto, resultan ser integradores de la información geográfica apta de ser analizada, para la toma de decisiones. Los componentes de un SIG son: datos, métodos que se aplican en el análisis de los datos, software, hardware y personas encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo estos aspectos el motor del SIG (García, 2012).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Información Geográfica y Estadística INEGI (2014), los Sistemas de Información Geográfica son un conjunto de herramientas diseñadas para conseguir, recopilar, recuperar, desarrollar y analizar datos espaciales del mundo real, los cuales pueden ser usados para distintos fines. Con los SIG se pueden manipular datos espaciales georreferenciados y vincular bases de datos, resultando información de fácil acceso a los usuarios.

Los SIG tienen varias ventajas, por ejemplo: ayudan a visualizar de manera más clara la información, presentan una alta capacidad de almacenamiento, múltiples

niveles de datos, capacidad de manejo para editar, facilidad para analizar y comprender patrones y actualizar información, rapidez en la operación, asociación de datos espaciales con propiedades y capacidad para análisis de datos mediante la ejecución de modelos de aplicación.

La aplicación de los SIG es importante en los análisis espaciales, diagnósticos y comparaciones temporales, debido a que son una herramienta fundamental para evaluar, predecir y simular procesos. como cambios de uso de suelo, erosión, planificación urbana, planeación y gestión de recursos naturales y servicios, rutas de transporte, cartografía, planificación ambiental, evaluación de riesgos y emergencias, impacto ambiental y estudios demográficos, entre otros (García, 2012; INEGI, 2014).

La manipulación de las imágenes de satélite se realiza mediante programas SIG (Palacios *et al.*, 2004). Existen diferentes softwares para análisis de imágenes de satélite e insumos cartográficos impresos, tales como: ILWIS 3.4 OPEN, ArcMap 9.3 o la versión 10.2.2, QGIS, ARCGIS y ERDAS, entre otros.

### **3.12 Los SIG en la planificación y ordenamiento territorial.**

Los SIG forman parte de las nuevas tecnologías surgidas en la era de la información, sus procesos pueden administrar, ordenar y analizar datos y patrones de tipo espacial, con mayor velocidad y mejor flexibilidad. Además, permiten concentrar información dispersa y detallada en diversos formatos. Esta herramienta se ha constituido como un instrumento novedoso de apoyo en la toma de decisiones en temas de ordenamiento territorial, ya que permite la rápida manipulación digital de mapas y bases de datos con grandes volúmenes de información. El concepto de ordenamiento territorial se refiere a la regulación y orientación de la disposición geográfica, en un espacio y territorio determinado por las actividades productivas, así como también, por el uso de los recursos naturales y servicios ambientales, de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población (Pineda *et al.*, 2010).

Como se ha evidenciado, los SIG han incursionado en estudios multidisciplinarios en los que son utilizados para entender y explicar un fenómeno. También, pueden ser útiles en gran variedad de actividades y tienen un papel fundamental en la ordenación territorial. Bosque y García (2000) clasifican la ordenación territorial en dos grupos: el primero en gestión y desarrollo del territorio que busca entender y detallar donde se encuentran diversa infraestructura en general (Instalaciones de, red de luz, agua, edificios, etc.) y el segundo en ordenación y planificación del territorio, que analiza y proyecta donde deben estar las cosas de acuerdo a las condiciones más óptimas del territorio.

### **3.13 Alcances del estudio**

Es de gran relevancia definir el alcance de la investigación, ya sea cualitativa o cuantitativa o con un enfoque mixto (Hernández *et al.*, 2014). Las investigaciones cuantitativas se dividen en: exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas. Las investigaciones de tipo exploratorias analizan objetos o fenómenos poco estudiados, generando nuevos conocimientos que ayudan a identificar conceptos importantes y a preparar el terreno para nuevas investigaciones. Por otro lado, las investigaciones descriptivas, como su nombre lo indica describen al objeto de investigación en cuestión para comprender sus componentes y variables, especificando las propiedades, los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernández *et al.*, 2014).

Las investigaciones correlacionales brindan información explicativa con la que se puede determinar la causa de los procesos o fenómenos físicos o sociales relacionados al cambio del uso del suelo, por tanto, también se puede asociar el tipo de investigación explicativa a la presente investigación, con el objetivo de generar un sentido de entendimiento estructurado del objeto de estudio cambio del uso del suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla (Hernández *et al.*, 2014).

El enfoque con que se aborda el presente estudio, está situado dentro de la investigación mixta (cualitativa y cuantitativa) de tipo correlacional y explicativa. En esta investigación se analizó la influencia que tiene la deforestación, el aumento demográfico, la ampliación de la mancha urbana y las actividades agrícolas sobre la dinámica del proceso de cambio de uso del suelo, con la finalidad de asociar, predecir y cuantificar las correlaciones de los factores socioambientales asociados al cambio de uso de suelo.

### **3.14 Enfoque teórico que sustenta la investigación**

El cambio de uso del suelo es un problema socioambiental y social que representa una gran complejidad para su análisis, ya que los diversos sistemas que influyen en la presencia de este fenómeno, están determinados por los aspectos sociales, económicos y políticos de cada localidad. Por ello, esta investigación también se basa en la observación de las realidades de los múltiples actores involucrados con el objeto de estudio, permitiendo considerar el paradigma de la teoría de sistemas para contribuir a la respuesta del problema estudiado en la presente investigación.

En la teoría general de sistemas el todo es mayor y distinto que la suma de las partes. Es un corte horizontal que pasa a través de todos los diferentes campos del saber humano (Johansen, 1993). El análisis de la totalidad y las interacciones internas de estas y las externas del medio con el que se relaciona, permite la explicación y la predicción de los fenómenos que suceden en las realidades complejas.

La teoría general de sistemas se aplica a cualquier sistema tanto natural como artificial y los principios en que se basa son la sinergia (relación con el todo y las partes) y la recursividad (jerarquización entre los lotes del sistema, los “inferiores” y los “superiores”).

### **3.15 Teorías que soportan la investigación**

Un determinado sistema complejo se estudia con la integración de expertos en diferentes disciplinas, para conformar un grupo de investigadores multidisciplinario con diferentes visiones del objeto de estudio, pero que tienen en común la solución de un problema, proceso o fenómeno de investigación. La dinámica del cambio en el uso del suelo es un problema complejo, que para ser estudiado requiere ser abordado como un sistema complejo, analizando interrelaciones entre los elementos que lo integran tales como: los sociales, ambientales, económicos y hasta del orden político, por ello se encauza en la teoría de sistemas.

Los problemas socioambientales están categorizados como complejos, holísticos e interdisciplinarios, por ello esta investigación se apoya en la teoría de sistemas. Un sistema complejo considera la relación que existe entre el objeto de estudio y las diferentes disciplinas a partir de las cuales se puede abordar su estudio, por lo tanto, no se pueden considerar aspectos particulares de un proceso, fenómeno o realidad. García (2006: 21) señala: "Un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son "separables" y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente".

Los sistemas actúan como una totalidad y presentan dos características principales: 1) propiedades estructurales y 2) evolución en sus componentes. Por ejemplo, en el sistema ambiente la propiedad de vulnerabilidad se da por el constante cambio en el uso del suelo que sucede a una evolución espacio-temporal y que depende del subsistema socioeconómico y cultural, ya que cuando un suelo dedicado a la agricultura ya no es productivo, y existe la necesidad por obtener alimento e ingresos para sostener a la familia obligará al agricultor a buscar otro suelo con mejores características para la producción, deteriorando generalmente las zonas forestales aledañas y así repitiendo el ciclo cuando el terreno se vuelva improductivo, entonces dejan abandonados los suelos que fueron dedicados a la producción agrícola.

Una premisa de la teoría de sistemas complejos asevera que toda alteración de una fracción del todo se generaliza de diferentes formas en el conjunto de relaciones de los elementos que constituyen la organización del sistema, lo que podría generar una reorganización total en el interior de un sistema (García, 2006). Lo cual se puede observar en el sistema ambiental de la figura 1.

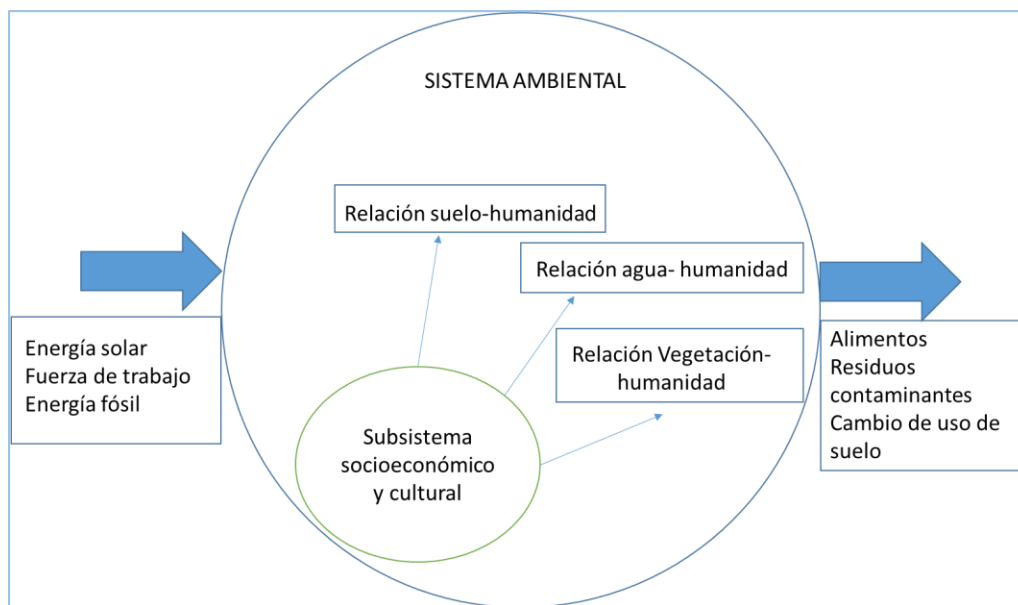


Figura 1. Sistema ambiental.  
Fuente: Elaboración propia, con base en García, 2006.

El cambio de uso del suelo está regulado por el sistema socioeconómico, es por ello que a continuación se discute sobre el marco legal relacionado con el fenómeno en estudio.

### 3.16 Marco Legal relacionado con el cambio de uso de suelo

El marco legal en el que se inserta el tema brinda los fundamentos sobre los cuales las instituciones construyen y determinan el fenómeno del cambio de uso de suelo. En este caso proporciona información integrada en previsiones regulatorias y leyes interrelacionadas entre sí y que son aplicables al cambio de uso de suelo para que este proceso se desarrolle de manera armónica, sin



incurrir en riesgos de tipo legal. La legislación integrada en este apartado abarca los siguientes marcos legales: la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

### *3.16.1 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*

Esta ley funge como un instrumento de regulación para el uso del territorio y de asentamientos humanos en el país. Tiene como objetivo principal propiciar procesos de planeación y gestión para la creación de espacios (vivienda, infraestructura, equipamiento y servicios básicos) para la población con apego a la ordenación territorial. De igual forma se encarga de regular el cambio de uso del suelo para asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, así como la calidad formal e imagen urbana, conservación de los monumentos y mobiliario urbano (Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, 2019).

### *3.16.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) determina que “el ordenamiento territorial es 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, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos” (LGEEPA, 2018).

El artículo 20 BIS 4 de esta Ley hace referencia a la formulación y expedición de los programas de ordenamiento ecológico local del territorio. Así como también, al

control y la vigilancia del uso y cambio de uso del suelo, establecidos en dichos programas. Asimismo, trata de contribuir con la regulación ambiental de los asentamientos humanos para lograr una diversidad y eficiencia en el uso del suelo y disminuir las afectaciones ambientales con los cambios de uso del suelo. De igual forma, considera ciertos criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos, y menciona que, el uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural para que mantengan su integridad física y su capacidad productiva. Además, menciona que es necesario implementar medidas para prevenir o reducir su erosión, mantener su capacidad productiva, mediante la restauración y conservación de suelo.

### *3.16.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) instruye que el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, para manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales es autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), siempre y cuando cumplan con las disposiciones descritas en la ley y su reglamento; por ejemplo, disponer de un Programa de Manejo, reforestar, conservar y restaurar los suelos, aprovechar los recursos forestales de acuerdo con la posibilidad y el plan de cortas establecidos en la autorización (LGDFS, 2018).

Derivado de la información plasmada en el marco teórico se hace la reflexión de que el fenómeno del cambio de uso de suelo es representado como un sistema compuesto por factores físicos, biológicos, económicos, sociales y culturales que se relacionan entre sí, mediante interacciones directas, de manera que un cambio en uno de estos factores repercute en los demás provocando consecuencias y efectos correlacionados. Por ello las variables de este sistema son las que intervienen en el cambio de uso de suelo, por ejemplo: los usos y costumbres, la deforestación, la variabilidad climática, la agricultura, la agricultura protegida, la tala ilegal, los asentamientos humanos, la infraestructura social y la variabilidad climática. Estas

relaciones están dadas en función de un territorio específico en el cual ha sido desarrollada esta investigación.

#### IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El cambio de uso de suelo es la utilización diferente del espacio geográfico y es consecuencia directa de la interacción de las actividades humanas con el medio biótico y abiótico de los ecosistemas (Rodríguez *et al.*, 2011). Actualmente se reconoce que el cambio de uso del suelo tiene efectos negativos sobre algunos elementos atmosféricos del ciclo hidrológico, como la evapotranspiración, la precipitación y las temperaturas; además puede alterar profundamente los patrones de clima regional. Por los efectos antes mencionados, el cambio de uso del suelo modifica dos aspectos estructurales de los ecosistemas; la vegetación y el suelo, alterando con ello los procesos que constituyen el ciclo hidrológico y en consecuencia reducen la disponibilidad de agua. Por ejemplo, la remoción de la vegetación genera que las lluvias intensas tengan un efecto de sellamiento del suelo, reduciendo su capacidad de infiltración y con ello modifican la frecuencia y severidad de la escorrentía, provocando su erosión.

Con base en la información obtenida de la revisión bibliográfica del municipio de Chiautzingo, se observa que la población se ha incrementado aproximadamente en un 20% entre el periodo comprendido entre el año 1984 y 2018, además de que existen diferencias en el uso de suelo y la vegetación (PDMC, 2014 y INEGI, 2010), cambios en las actividades económicas de la población económicamente activa (INEGI, 2016) y evidencias de variabilidad climática en temperatura y precipitación (SMN, 2019). Lo anterior afecta el medio ambiente, los recursos naturales y en especial los servicios ecosistémicos de los cuales depende la sociedad. Por ello, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los factores socioambientales que influyen en la dinámica del cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla en el periodo 1984-2018?

La respuesta tentativa que se da al problema planteado se presenta en la siguiente hipótesis.

## **V. HIPÓTESIS**

Los factores socioambientales que influyen en la dinámica del cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla son: la deforestación, el crecimiento demográfico y urbano y las actividades económicas y sociales que realiza su población.

Para ver la plausibilidad de la hipótesis propuesta, se planteó un objetivo general, el cual fue desglosado en cuatro objetivos específicos, de consonancia con las variables estudiadas.

## **VI. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo general**

Analizar los factores socioambientales que influyen en la dinámica de cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla en el periodo 1984-2018, para elaborar una propuesta de gestión que considere los avances y retos impuestos por el cambio del uso del suelo.

Este objetivo general se desglosó en los siguientes cuatro objetivos específicos.

### **6.2 Objetivos específicos**

- 1.- Generar cartografía actual de uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla, con la finalidad de tener un insumo básico y actualizado para realizar balances del estado que guarda la vegetación y el uso del suelo.
- 2.- Evaluar el cambio de uso de suelo a partir de los mapas de uso de suelo para los años 1984 – 2018 para determinar las presiones existentes en las categorías de uso de suelo.
- 3.- Analizar los factores sociales que influyen en el cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo para determinar los desafíos impuestos desde la sociedad.
- 4.- Analizar los factores ambientales que tienen relación con el cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo para entender los desafíos impuestos por la variabilidad del clima.

Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados se construyó un diseño de investigación acorde a las necesidades de este trabajo.

## VII. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación partió de la delimitación del área de estudio con el apoyo de insumos vectoriales del INEGI (2010), para posteriormente procesar imágenes de satélite del área de estudio pertenecientes a los años 1984 y 2018, a partir de ello, se realizaron mapas temáticos de uso de suelo y vegetación. Con ello se definieron las categorías de análisis y se calculó la matriz de cambios. En el mismo sentido se analizaron factores ambientales que pudiera dar cuenta de la variabilidad climática en el área de estudio y se recabo información de la percepción de ambos fenómenos, mediante la aplicación de una encuesta para lo cual se elaboró un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas sobre variables como: educación, actividades económicas, uso de recurso naturales, precepción de cambio de uso de suelo, percepción de variabilidad climática, entre otros. El cuestionario fue respondido por una muestra aleatoria de 43 unidades de producción agropecuaria y forestal (Figura 2).

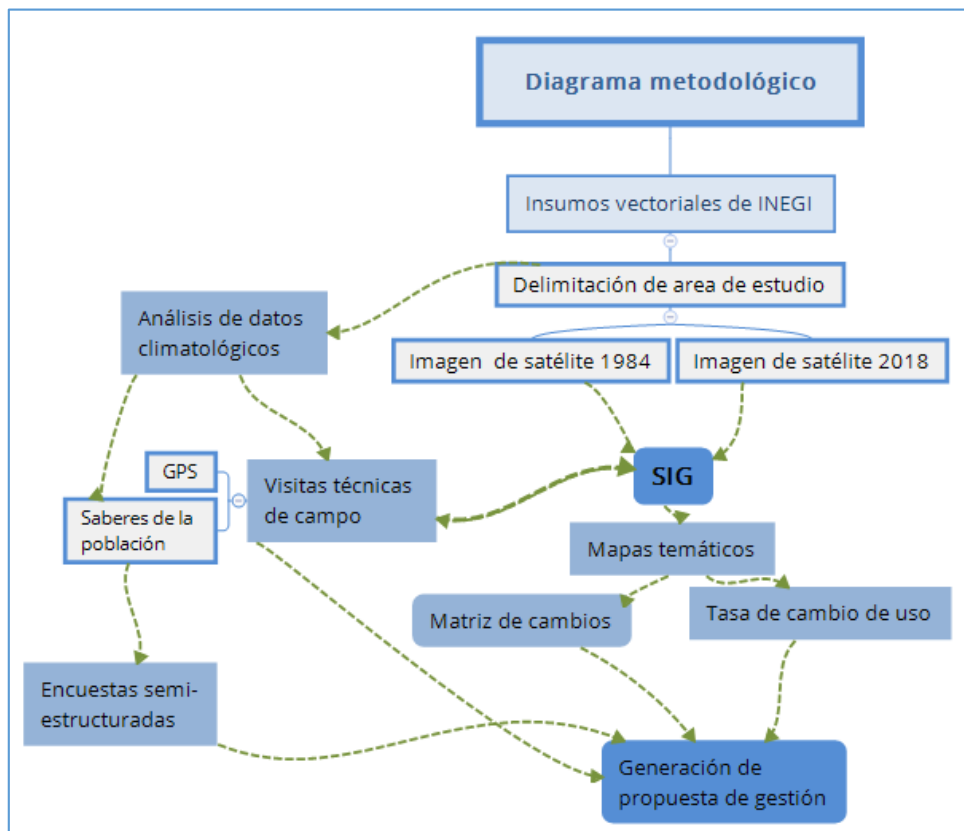


Figura 2 Diagrama de la metodología de la investigación.  
Fuente: Elaboración propia.

## 7.1 Características del área de estudio

### 7.1.1 Localización

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de Chiautzingo, el cual ocupa el 0.24% de la superficie del estado. Se localiza en la parte Centro Oeste del estado poblano. Sus coordenadas geográficas son los paralelos  $19^{\circ} 10'24''$  y  $19^{\circ} 13'42''$  de latitud norte y los meridianos  $98^{\circ} 26'24''$  y  $98^{\circ} 33'36''$  de longitud occidental (Figura 3). El municipio colinda al Norte con el municipio de San Felipe Teotlalcingo, al Sur con el municipio de Huejotzingo, al Este con el municipio de Huejotzingo y al Oeste con los municipios de San Felipe Teotlalcingo, Huejotzingo y terrenos del Parque Nacional Iztaccihuatl Popocatepetl. Cuenta con 22 localidades, en las que radica una población total de 18, 762 habitantes (INEGI, 2010).

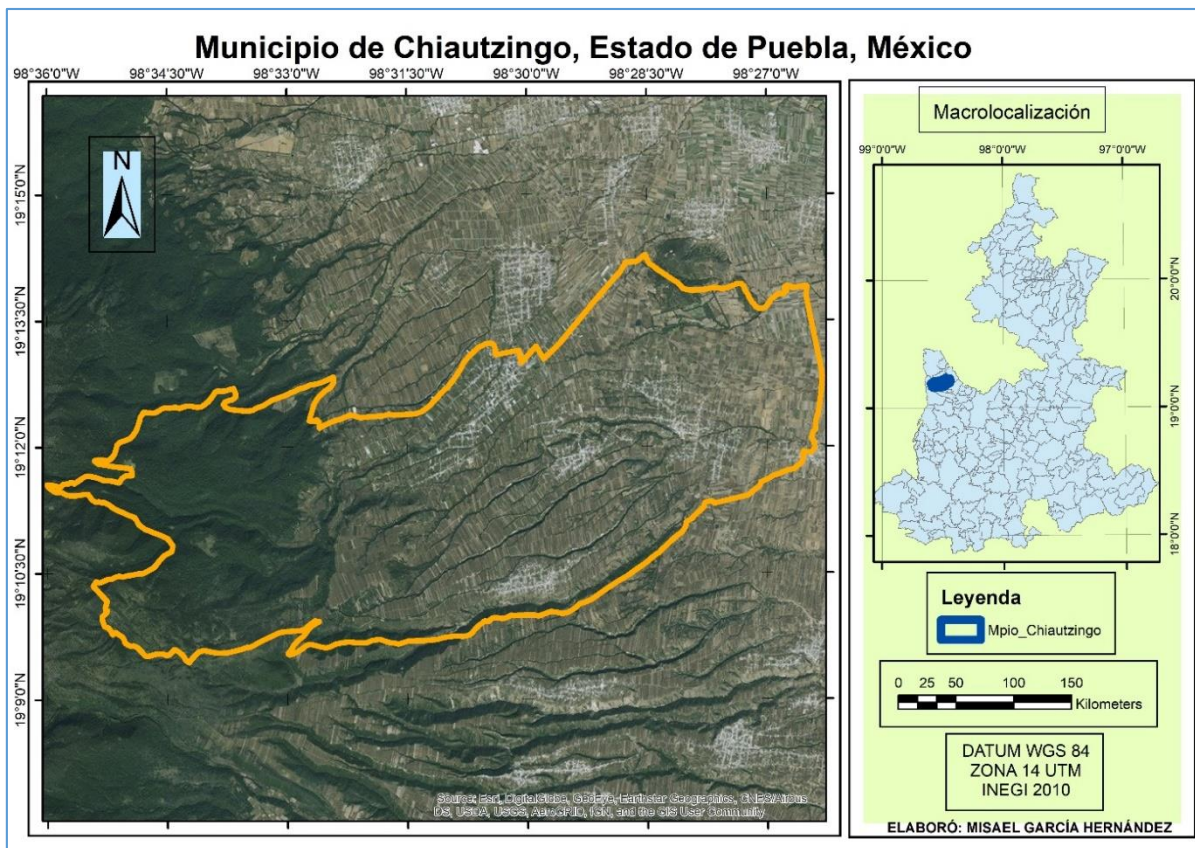


Figura 3 Localización del área de estudio.  
Fuente: Elaboración propia con base en datos vectoriales del INEGI, 2010.



### 7.1.2 *Uso de suelo y Vegetación*

Con respecto al uso del suelo y vegetación INEGI (2010) reporta que la mayor parte de la superficie del municipio de Chiantzingo se encuentra ocupada por la Agricultura (44.5%), seguida del uso forestal (34%) del cual los pastizales ocupan el 0.5% y los asentamientos humanos ocupan 21%. Por medio de un análisis realizado con vectoriales del INEGI, se pudo determinar que en el año 2013 la mayor superficie del municipio estaba ocupada por agricultura y asentamientos humanos (64.5%), seguida por el uso forestal con 34.8 % y pastizal de 0.59% (Figura 4). Estos datos evidencian la existencia de cambios en el uso de suelo en el municipio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Uso de suelo del municipio de Chiantzingo en los años 1997 y 2013.

<b>Año 1997</b>		<b>Año 2013</b>	
<b>Uso de suelo</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Uso de suelo</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Área agrícola	5260.11	No aplicable	5245.91
Bosque	2810.67	Bosque	2835.56
Pastizal	59.18	Pastizal	48.49
Total	8130	Total	8130

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1997 y 2013).

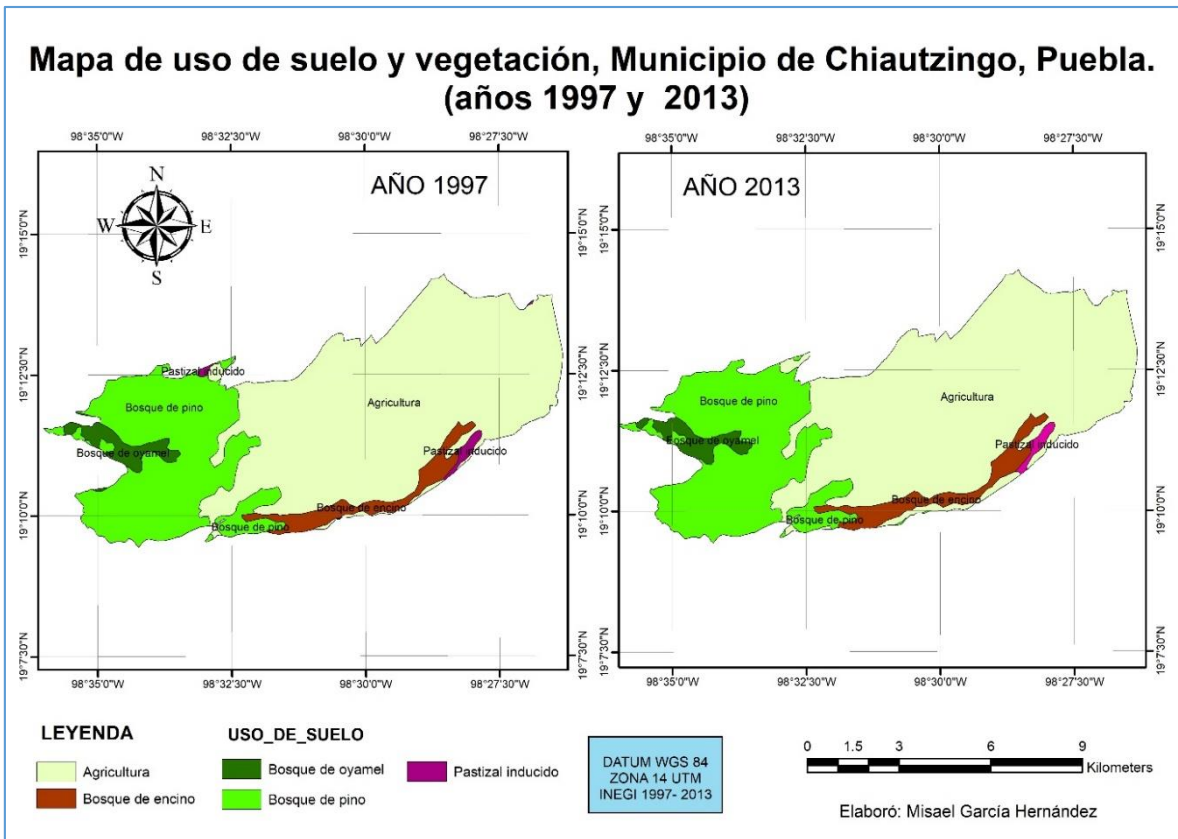


Figura 4. Uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla.  
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1997, 2013).

### 7.1.3 Clima

Las variantes climáticas reportadas para el municipio de estudio son la dominancia del clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (67.34 %), le sigue el semifrío subhúmedo con lluvias en verano (32.66 %) y el templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (16 %). El rango de temperatura se encuentra entre 6-16°C y de precipitación entre 900-1100 mm (INEGI, 2010). En este tipo de climas se presentan las condiciones idóneas para el cultivo de flores y frutales.

### 7.1.4 Fisiografía y geología

El municipio de Chiautzingo se encuentra en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y la Subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac. El sistema de

topoformas que lo conforman en mayor proporción son las Sierra Volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (81.25 %) y lomerío de basalto con cañadas (18.75 %). Convencionalmente se considera que de la cota 2500 que cruza a la mitad del municipio hacia el oriente forma parte del valle de Puebla, y de la misma cota hacia el poniente, a las faldas inferiores de la Sierra Nevada, la cual forma parte del Sistema Volcánico Transversal, recorre de Norte a Sur el occidente del valle de Puebla y abarca una extensión de más de 100 km en un gran alineamiento de relieve continuo; en tanto que el valle de Puebla constituye el sector principal de la altiplanicie poblana y limita con la depresión de Valsequillo, el valle de Tepeaca y la Sierra Nevada. Lo cual indica que el área de estudio se encuentra dentro de un área que comparte una cadena montañosa y el cauce de un río principal.

La roca que se encuentra en la región es de tipo ígnea extrusiva como la brecha volcánica intermedia, andesita, basalto, brecha volcánica básica y toba ácida. También rocas sedimentarias como calizas, conglomerados y brecha sedimentaria. (INEGI, 2010). Dando origen principalmente a suelos Andosoles.

#### 7.1.5 Edafología

Los suelos dominantes según su orden de relevancia son el Andosol (24.52 %), Cambisol (23.54 %), Arenosol (15.07 %); seguidos de suelos en menor proporción como el Phaeozem (13.27 %) y Leptosol (2.59 %) (INEGI, 2010). Este tipo de suelos dan origen principalmente a asociaciones de pino-encino (Sotelo *et al.*, 2011)

#### 7.1.6 Hidrografía

El municipio se encuentra dentro de la región hidrológica Balsas, pertenece a la cuenca del Río Atoyac uno de los más importantes del estado de Puebla, se pueden encontrar corrientes de agua perennes e intermitentes que provienen de manantiales y escurrimientos del Iztaccíhuatl (INEGI, 2010)

### 7.1.7 Vegetación y fauna

La vegetación dominante la constituyen los bosques de coníferas, continuando con la pradera de alta montaña o pastizal alpino, vegetación herbácea de no más de 50 centímetros de altura. Las principales especies que se distribuyen en el ecotono son la jarilla (*Digitalis sp*), cardo santo (*Lupinus sp.*) y gordolobo (*Verbascum thapsus*)

Los bosques de pino del municipio se caracterizan por ser bosques maduros en buen estado de conservación y con zonas importantes de regeneración natural. Las principales especies de coníferas que están presentes, son: *Pinus ayacahuite*, *Pinus montezumae*, *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa* (CONANP, 2013).

Con relación a la fauna existen varios factores que convierten a los bosques y pastizales naturales conservados de esta zona en importantes reservorios de fauna silvestre. Los altos endemismos de la región han sido atribuidos a las características fisiográficas y topográficas de la misma, ya que conforman innumerables hábitats que han actuado como elementos aislantes. Ello ocasiona que las animales no puedan migrar fácilmente.

En esta zona se distribuyen ocho órdenes, 15 familias y 48 especies de mamíferos; una de esas especies es endémica: el zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*), que se encuentra en peligro de extinción. La musaraña obscura (*Sorex vagrans*) y el tejón o tlalcoyote (*Taxidea taxus*), están amenazadas mientras que la rata canguro (*Dipodomys phillips*), se encuentra protegida de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana Nom-059-Semarnat-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo (CONANP, 2013).

Los roedores son los mejor representados, incluyen tuzas, ardillas y ratones; le sigue el orden de los carnívoros: gato montés, zorros, zorrillos, coyotes y mapaches, entre otros; los quirópteros (murciélagos) ocupan el tercer lugar; con menos

especies se encuentran los insectívoros (musarañas), y finalmente los lagomorfos (conejos).

En cuanto a aves, se distribuyen gavilancillos, aguilillas, correcaminos, codornices, lechuzas, búhos, cuervos, cenizos, jilgueros, calandrias, gorriones, azulejos, tórtolas, coquitos, chillones, tigrillos, primavera, carpinteros, colibríes, chochoyotas, sesetos, cardenales, cacaxtles o charas, tordos y mulatos.

Los anfibios y reptiles, dadas sus características fisiológicas, son más afines a regiones templadas y húmedas (CONANP, 2013).

#### *7.1.8 Factores sociodemográficos*

El Censo de Población y Vivienda 2000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportaba una población total en el municipio de Chiautzingo de 17,788; en el año 2010 la población total era de un total de 18,762 personas y la población total reportada por INEGI para el año 2016 es de 20,441 (INEGI, 2016). El Plan de Desarrollo Municipal de Chiautzingo, Puebla 2014-2018 reporta que se estima para el año 2018 una población de 21,289 habitantes.

En el año 2016 los nacimientos reportados por el INEGI fueron de 393, mientras que la cantidad de defunciones fue de 129. Con base en la información anterior observamos que el crecimiento en la población fue exponencial en este año ya que hubo un mayor número de nacimientos que de defunciones.

Según Hernández (1996) el crecimiento de la población humana se refiere al aumento, disminución o estabilidad en el número de sus integrantes en un tiempo determinado. Un indicador utilizado para medir el porcentaje de la velocidad del fenómeno es la tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de población, la cual se puede calcular con la siguiente ecuación (INEGI, 2009):

$$TCMA = [(P_f/P_i)^{(1/t)} - 1] * 100$$

Dónde:  $P_f$  representa a la población al fin del periodo en estudio;  $P_i$ , la población a inicio del periodo; y  $t$ , la magnitud de dicho periodo.

Presentando para este caso una tasa de crecimiento medio anual de 1.003%

El crecimiento de la población trae como consecuencia mayor demanda de territorio y recursos naturales para satisfacer sus necesidades, de ahí la importancia de relacionar la tasa de crecimiento poblacional con las tasas de cambio de uso de suelo.

Los habitantes que radican en el área de estudio requieren de servicios e infraestructura para desarrollar su vida cotidiana, por ello se contempla el siguiente apartado.

#### *7.1.9 Servicios e infraestructura*

Con base en el censo 2010 de INEGI el 22.5% de las y los encuestados (3,257 personas) habita en viviendas con mala calidad de materiales y cuyo espacio es insuficiente. Esta población, no paga impuestos al municipio, ya que no están registrados en los padrones gubernamentales como: cobro de derechos e impuestos vinculados con autorizaciones “desgravación” de la vivienda, permisos en la construcción y por supuesto el otorgamiento de certidumbre jurídica. Actualmente, se está actualizando el padrón de viviendas que existen en el municipio, ya que se han establecido asentamientos irregulares (INEGI, 2016).

El porcentaje de personas que reportó habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 27.2 %, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 3,943 personas. El déficit del municipio de piso “firme” en vivienda es del 14.49 % (INEGI, 2016).

### *7.1.10 Actividades socioeconómicas*

Según el XI censo general de población y vivienda del INEGI (1990) en ese año, la población económicamente activa era de 3, 476 personas, de las cuales el mayor porcentaje se encontraba en el sector primario (72.70 %), seguido del sector secundario (15.19 %) y por último el terciario (12.11 %). Teniendo una tasa promedio anual de crecimiento el sector secundario de 2.98%. Con base en la información de INEGI (2016).

La población económicamente activa en el municipio es de un total de 9,117 personas, de las cuales en un porcentaje mayor se encuentran laborando en el sector secundario (32.62 %), seguido del sector de servicios (25.54 %), enseguida el sector comercio (20.22 %) y en último lugar el sector primario (17.82 %). Cabe mencionar que dentro del sector secundario se encuentran actividades como la industria manufacturera, electricidad, agua y construcción; el sector de servicios incluye transporte, gobierno y otros servicios; y el sector primario actividades como la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza (INEGI, 2016).

Derivado de lo anterior se observa un cambio significativo en la cantidad y las actividades de la población económicamente activa. Donde la población ocupada en el sector primario de 1990 a 2016, en términos absolutos, ha disminuido en cerca de un 50%.

## **7.2 Métodos y técnicas de investigación**

La metodología de esta investigación comprendió dos fases de campo, en la primera se realizó observación directa del ecosistema y se cotejó el uso de suelo y la vegetación en campo mediante la georreferenciación de categorías de uso de suelo con el apoyo de Global Position System (GPS). En la segunda fase se reunió información de los saberes de la población, mediante la observación en los recorridos de campo y la aplicación del instrumento.

Para la realización de los mapas de uso de suelo y vegetación, así como el análisis de la dinámica del cambio de uso del suelo se utilizó la herramienta de los Sistemas de Información Geográfica mediante el software ArcMap 10.2.2. Las imágenes de satélite Landsat Thematic Mapper (TM) y TM+ del año 1984 y 2018 fueron los principales insumos. También, se utilizó el GPS, para verificar y georreferenciar la información digital in situ.

### *7.2.1 Mapas de Uso de Suelo y Vegetación*

Para generar los mapas de Uso de Suelo y Vegetación la metodología incluyó la corrección radiométrica y atmosférica de las imágenes de satélite, con la finalidad de para ajustar los valores radiométricos y la calidad de las imágenes de satélite, así como también la digitalización de las categorías de análisis a partir de los pixeles representativos o prototipo de cada unidad de análisis. Se utilizó el método conocido como Máxima Probabilidad o Verosimilitud para determinar los pixeles de la imagen en cada una de las categorías clasificadas de uso de suelo y vegetación para el municipio de Chiautzingo. A partir de ello, se generó el mapa para cada uno de los años incluidos en este estudio, utilizando el software ArcMap 10.2.2.

Los mapas de Uso de Suelo y Vegetación de cada año fueron sometidos a un proceso de evaluación para conocer la certeza de los mismos. Al respecto, Camacho *et al.*, (2015), menciona las siguientes fases metodológicas:

1. Diseño del muestreo: para determinar las unidades de muestreo (pixeles) se utilizó el método aleatorio estratificado. El muestreo corresponde solo al número de sitios por categorías y no fue proporcional a la superficie de cada categoría de análisis. Con base en Congalton, (1988 y 1991) se verificaron 50 puntos por categoría temática.

2. Evaluación de sitios de verificación: la validación de la información temática para cada año por medio de los puntos de muestreo fue localizados in situ haciendo



uso y manejo del GPS. Cada punto se caracterizó de acuerdo con la información visual de campo. Los puntos de muestreo se sobrepusieron en los mapas temáticos, para validar la información satelital.

3. Análisis de los datos: en esta fase se comparó la información de campo con la información digital (de los mapas temáticos de cada año).

Como el muestreo fue aleatorio estratificado y no depende de la superficie que cubre cada categoría de análisis, fue necesario realizar el ajuste de la matriz de confusión mediante un método propuesto por Card (1982) citado por Camacho *et al.*, (2015), que consistió en ponderar el número de sitios de verificación en relación con la superficie de cada categoría representada en cada uno de los mapas temáticos, logrando expresar las proporciones en la matriz de confusión, se procedió al cálculo de cada área representada por las categorías de análisis.

#### *7.2.2 Matriz de transición*

La dinámica espacio-temporal del cambio de uso del suelo en el área de estudio se analizó en 34 años mediante la sobreposición de los mapas temáticos de uso de suelo y vegetación y la matriz de cambios (Cuadro 3), que muestra la superficie para cada año de uso de suelo. Con la información anterior se calcularon las ganancias, pérdidas, persistencia y porcentajes de las coberturas vegetales (Camacho *et al.*, 2015; López *et al.*, 2015).

Cuadro 3. Matriz de cambios.

		Año $t_2$				
		Categoría 1 ( $t_2$ )	Categoría 2 ( $t_2$ )	Categoría 3 ( $t_2$ )	Categoría n ( $t_2$ )	Total ( $t_1$ )
Año $t_1$	Categoría 1 ( $t_1$ )	Categoría 1 ( $t_1$ ), categoría 1 ( $t_2$ )	Categoría 2 ( $t_1$ ) categoría 1 ( $t_2$ )	Categoría 3 ( $t_1$ ) categoría 1 ( $t_2$ )	Categoría n ( $t_1$ ) categoría 1 ( $t_2$ )	Total categoría 1 ( $t_1$ )
	Categoría 2 ( $t_1$ )	Categoría 1 ( $t_1$ ) categoría 2 ( $t_2$ )	Categoría 2 ( $t_1$ ) categoría 2 ( $t_2$ )	Categoría 3 ( $t_1$ ) categoría 2 ( $t_2$ )	Categoría n ( $t_1$ ) categoría 2 ( $t_2$ )	Total categoría 2 ( $t_1$ )
	Categoría 3 ( $t_1$ )	Categoría 1 ( $t_1$ ) categoría 3 ( $t_2$ )	Categoría 2 ( $t_1$ ) categoría 3 ( $t_2$ )	Categoría 3 ( $t_1$ ) categoría 3 ( $t_2$ )	Categoría n ( $t_1$ ) categoría 3 ( $t_2$ )	Total categoría 3 ( $t_1$ )
	Categoría n ( $t_1$ )	Categoría 1 ( $t_1$ ) categoría n ( $t_2$ )	Categoría 2 ( $t_1$ ) categoría n ( $t_2$ )	Categoría 3 ( $t_1$ ) categoría n ( $t_2$ )	Categoría n ( $t_1$ ) categoría n ( $t_2$ )	Total categoría n ( $t_1$ )
	Total ( $t_2$ )	Total categoría 1 ( $t_2$ )	Total categoría 2 ( $t_2$ )	Total categoría 3 ( $t_2$ )	Total categoría n ( $t_2$ )	Suma de totales

Fuente: Elaboración propia con base en Camacho *et al.*, (2015).

### 7.2.3 Cadenas de Markov

Los procesos estocásticos o procesos aleatorios son una herramienta probabilística, que surge ante la necesidad de modelar el comportamiento de experimentos aleatorios que varían en el tiempo o dependen de alguna otra variable no determinista. Usualmente son utilizados como modelos matemáticos de fenómenos aleatorios que evolucionan en el tiempo o el espacio (la dinámica del sistema). Debido a que la aleatoriedad está presente en una gran diversidad de situaciones, sus posibles aplicaciones son muy amplias, por ejemplo: finanzas, seguros, telecomunicaciones, medicina, servicios y muchos más (Serfozo, 2009).

De acuerdo con Serfozo (2009) una cadena de Markov “es un proceso estocástico con un número finito de estados con probabilidades de transición estacionarias, es decir, si se conoce la historia del sistema hasta su instante actual, su estado presente resume toda la información relevante para describir en probabilidad su estado futuro”.

A continuación se describen las ecuaciones que se utilizan para determinar un proceso estocástico  $X = \{X_n: n \geq 0\}$  en un conjunto contable  $S$  es una cadena de Markov si, para cualquier  $i, j \in S$  y  $n \geq 0$ ,

$$P \{X_{n+1} = j \mid X_0, \dots, X_n\} = P \{X_{n+1} = j \mid X_n\}, \quad (1)$$

$$P \{X_{n+1} = j \mid X_n = i\} = p_{ij}. \quad (2)$$

El  $p_{ij}$  es la probabilidad de que la cadena de Markov salte del estado  $i$  al estado  $j$ . Estas probabilidades de transición satisfacen  $\sum_{j \in S} p_{ij} = 1$ ,  $i \in S$ , y la matriz  $P = (p_{ij})$  es la matriz de transición de la cadena.

La ecuación (1) llamada Propiedad de Markov, dice que, en cualquier momento de  $n$ , el siguiente estado  $X_{n+1}$  es condicionalmente independiente del pasado  $X_0, \dots, X_{n-1}$  dado el estado presente  $X_n$ . En otras palabras, el siguiente estado depende del pasado, y el presente solo a través del estado presente. La propiedad de Markov es una condición elemental que se satisface por el estado de muchos fenómenos estocásticos. En consecuencia, las cadenas de Markov y los procesos relacionados de Markov en tiempo continuo son modelos naturales o bloques de construcción para las aplicaciones.

La ecuación (2) simplemente dice que las probabilidades de transición no dependen del parámetro de tiempo; la cadena de Markov es por lo tanto "homogénea en el tiempo". Si las probabilidades de transición fueran funciones del tiempo, el proceso  $X_n$  sería una cadena de Markov no homogénea en el tiempo. Estas cadenas son homogéneas en el tiempo, pero la dependencia del tiempo introduce detalles contables adicionales que no fueron abordados en esta investigación.

En el estudio de Briceño (2005) se describe una cadena de Markov como una secuencia  $X_1, X_2, X_3, \dots$  de variables aleatorias. El rango de estas variables, es llamado espacio estado, el valor de  $X_n$  es el estado del proceso en el tiempo  $n$ . Si

la distribución de probabilidad condicional de  $X_{n+1}$  en estados pasados es una función de  $X_n$  por sí sola, entonces:

$$\text{Prob}\{X_{n+1}=j|X_0=k_0, X_1=k_1, \dots, X_{n-1}=k_{n-1}, X_n=i\} = \text{Prob}\{X_{n+1}=j|X_t=i\}$$

Donde  $X_i$  es el estado del proceso en el instante  $i$ . La identidad mostrada es la Propiedad de Markov.

Las cadenas de Markov, pueden usarse para estudiar la dinámica del uso del suelo y vegetación, ya que proporcionan un modelo descriptivo y prospectivo para analizar los cambios en el uso del suelo y la distribución de los mismos (Briceño, 2005). Por ejemplo, si en una superficie se tiene la probabilidad de que este en uso (categoría 1) en un tiempo ( $t$ ), representado por la expresión categoría (1) ( $t$ ) y la probabilidad de un cambio de uso de categoría (1) a categoría (2) o de categoría ( $i$ ) a categoría ( $j$ ), durante un intervalo de tiempo ( $t+1$ ), la expresión es la siguiente:

$$\text{Categoría } j (t+1) = \sum_{i=1}^n [\text{categoría } i (t) * \text{Categoría } (ij) (t, t+1)] \dots\dots\dots (1)$$

Donde ( $n$ ) es el número total de categorías de uso.

En resumen, la distribución de probabilidades de las variables aleatorias de uso de la tierra en tiempo ( $t+1$ ), será dada por la multiplicación matricial siguiente:

$$\text{Categoría } i (t+1) = \text{Categoría } i (t) * P (t, t+1) \dots\dots\dots (2)$$

Y para el caso donde las probabilidades de transición dependen solo del intervalo de tiempo ( $t, t+1$ ), se considera que el proceso es temporalmente homogéneo, por tanto, la ecuación anterior puede escribirse como:

$$\pi (t+1) = \pi(t) * P \dots\dots\dots (3)$$

El proceso Markov se lleva a efecto mediante operaciones entre matrices, que son tablas con arreglos simétricos que contienen en uno de los ejes las categorías de análisis de uso de suelo y vegetación en el año (t1) y, en el otro eje las mismas categorías, pero en el año (t2). La matriz de probabilidades se puede resolver de forma automatizada utilizando el software Rcommander.

### **7.3 Primera fase de campo**

#### *7.3.1 Categorías de análisis*

Las categorías de análisis elegidas para su estudio con los SIG a través de las imágenes de satélite fueron determinadas a partir de los criterios siguientes: 1) análisis visual de las imágenes de satélite, 2) saberes de la población y 3) observación directa (visitas técnicas de campo). Este último, se realizó a través de observación y recorridos de campo que evidenciaron los cambios en el paisaje respecto a las coberturas y usos del suelo (Camacho *et al.*, 2015).

### **7.4 Fase de gabinete.**

Para obtener la información más precisa sobre las categorías de uso del suelo se procesaron dos imágenes Landsat TM, de febrero de 1984 y febrero de 2018, de las cuales se seleccionó el área de estudio. El tamaño del pixel fue de 30 m y se tomaron en cuenta 6 bandas (de la 1 a la 5 y la 7). Las imágenes fueron georreferenciadas a coordenadas UTM, y se ejecutó un análisis de componentes principales (ACP) para evaluar la variabilidad contenida en las bandas. A continuación, dentro del proceso de clasificación supervisada y a partir de la delimitación de rasgos característicos, detectando áreas homogéneas en los compuestos en color contruidos con la combinación de tres bandas de la imagen, se realizó el agrupamiento estadístico automático a partir de los SIG.

Lo anterior permitió la obtención de las categorías de información presentes en el municipio. La clasificación resultante fue evaluada para obtener las matrices de error espectral y de error real, para determinar su exactitud (Lillesand *et al.*, 1994).

### **7.5 Segunda fase de campo**

En esta fase del estudio se realizaron visitas técnicas de campo con la finalidad de validar información en campo, para ello se realizó una exploración visual y directa en la zona de estudio con recorridos de campo por el municipio de Chiautzingo, recorriendo las principales localidades de acuerdo con la información obtenida en el INEGI y en el Registro Agrario Nacional (RAN), visitando las principales localidades del municipio, las cuales son: San Lorenzo Chiautzingo, San Antonio Tlatenco, San Agustín Atzompa, San Juan Tetla, y San Nicolás Zecalacoayan.

### **7.6 Variables de estudio.**

En el presente estudio se contemplaron las siguientes variables de estudio:

#### *7.6.1 Tasas de cambio de uso de suelo*

Los resultados de las superficies de cada categoría de análisis que arrojó la matriz de cambios se utilizaron para obtener las tasas de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal, para el periodo de tiempo 1984-2018 y se determinaron mediante la fórmula de la FAO (1):

$$T=1-(S2/S1)^{1/n} \dots \dots \dots (1)$$

Dónde: t corresponde a la tasa de cambio; S1 la superficie cubierta por un tipo dado de uso/cobertura del suelo en la fecha 1; S2 es la superficie del mismo uso/cobertura del suelo en la fecha 2 y; n es el número de años transcurridos entre las dos fechas (Camacho *et al.*, 2015).

### 7.6.2 Ganancias, pérdidas e intercambio entre categorías.

Las ganancias se determinaron como la diferencia del área total de la categoría  $i$  ( $t_2$ ) en la fecha 2 ( $t_2$ ) y la persistencia expresada en la diagonal de la matriz ( $t_1, t_2$ ):

$$G_i = \text{área total de la categoría } i \text{ (} t_2 \text{)} - [\text{Categoría } i \text{ (} t_1 \text{), categoría } i \text{ (} t_2 \text{)}] \dots \dots \dots (3)$$

Las pérdidas son la diferencia entre el área total de una categoría  $i$  ( $t_1$ ) en la fecha 1 ( $t_1$ ) y la persistencia:

$$P_i = \text{área total de una categoría } i \text{ (} t_1 \text{)} - [\text{Categoría } i \text{ (} t_1 \text{), categoría } i \text{ (} t_2 \text{)}] \dots \dots \dots (4)$$

El intercambio es el proceso en que la pérdida de una determinada categoría en un lugar está acompañada por su ganancia simultánea en otra ubicación. Por ejemplo, cuando la deforestación de un bosque va acompañada de su reforestación en otro lugar dentro del mismo periodo de tiempo. El intercambio entre categorías ( $Int$ ) se calcula como dos veces el valor mínimo de las ganancias y las pérdidas (Farfán *et al.*, 2016).

$$Int = 2 \times \text{MIN (ganancia de cada categoría, pérdida de cada categoría)} \dots \dots \dots (2)$$

## 7.7 Factores ambientales

En esta investigación se analizaron los factores ambientales en un periodo de 36 años (1980-2016) en donde se contemplaron las variables de precipitación y temperatura, tomados del promedio de tres estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ubicadas dentro de la región Iztaccihuatl, en la cual se ubica al área de estudio. Lo anterior tuvo la finalidad de observar los cambios o la variabilidad climática.

Según la Organización Meteorológica Mundial, el clima es considerado, como: el “promedio del estado del tiempo” o como una descripción estadística en términos de valores medios y de variabilidad de las cantidades de interés durante un período que puede abarcar desde algunos meses hasta miles o millones de años. El período clásico es de 30 años, dichas cantidades son casi siempre variables, como: la temperatura, las precipitaciones o el viento. En un sentido más amplio, el estado del sistema climático, incluye una descripción estadística de éste.

En este apartado se utilizó el método de análisis y síntesis, para relacionar las variables entre sí, como un todo, partiendo de la identificación de datos iniciales, con la finalidad de realizar un análisis de tendencias e identificar la variabilidad climática en la zona de estudio. Se utilizó el programa EXCEL para integrar y analizar dichas variables.

## **7.8 Factores sociales.**

### *7.8.1 Población de estudio*

Continuando con la metodología se definieron y seleccionaron las variables sociales. La unidad de análisis considerada en este estudio corresponde a las 2,615 unidades de producción con actividades agropecuarias y forestales presentes en el municipio de Chiautzingo, (INEGI, 2019). Por lo tanto, los cuestionarios se aplicaron de manera aleatoria en las cinco comunidades más representativas del municipio, las cuales fueron: San Lorenzo Chiautzingo (13), San Antonio Tlatenco (9), San Agustín Atzompa (8), San Juan Tetla (7), y San Nicolás Zecalacoayan (6). Cabe mencionar que el número de encuestas por comunidad fue proporcional al número de unidades de producción con actividades agropecuarias y forestales en las mismas.



### 7.8.2 Tamaño de muestra

De acuerdo con Gómez (1970), el tamaño de la muestra se determinó mediante la siguiente ecuación matemática:

Ecuación 
$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde:

N = tamaño de la población,

Z = nivel de confianza (95 %),

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada (0.5),

Q = probabilidad de fracaso (0.5),

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) (15 %).

Realizando la sustitución de los valores en la ecuación, dio como resultado el siguiente tamaño de muestra:

$$n = 43 \text{ encuestas.}$$

### 7.8.3 Diseño del cuestionario

En el presente estudio se diseñó y aplicó un cuestionario basado en el método descriptivo de encuesta muestral (FAO, 1998). Este tipo de encuesta permite unificar y estandarizar información para un mejor análisis. El cuestionario fue estructurado y pre codificado en la mayoría de sus preguntas. Esta información se complementó con la observación participante directa de las visitas técnicas de campo. El cuestionario se dividió en siete secciones que se describen a continuación: 1) Datos personales, 2) Aspectos sociales, 3) Agricultura, 4) Agricultura protegida, 5) Tenencia de la tierra, 6) Percepción del cambio de uso de suelo y 7) Percepción de la variabilidad climática (ANEXO 1).

## **7.9 Análisis de la información**

Para análisis de la información vectorial obtenida del procesamiento de imágenes de satélite e información validada en campo se utilizó el Sistema de Información Geográfica ARC MAP 10.2.2.

Los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de la información sobre factores sociales y ambientales a partir del instrumento de recolección de la información fueron procesados en el paquete estadístico Statistical Package for the Social Science (SPSS versión 20). Se utilizó la estadística descriptiva en el análisis de la información mediante cuadros de frecuencias y porcentajes.

La relación que existe entre el análisis de la información de los mapas temáticos elaborados a partir de la información cuantitativa y los datos obtenidos de los agentes implicados en el fenómeno del cambio de uso de suelo, permitieron evidenciar de manera detallada los factores que están originando de manera significativa el cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo, Puebla.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

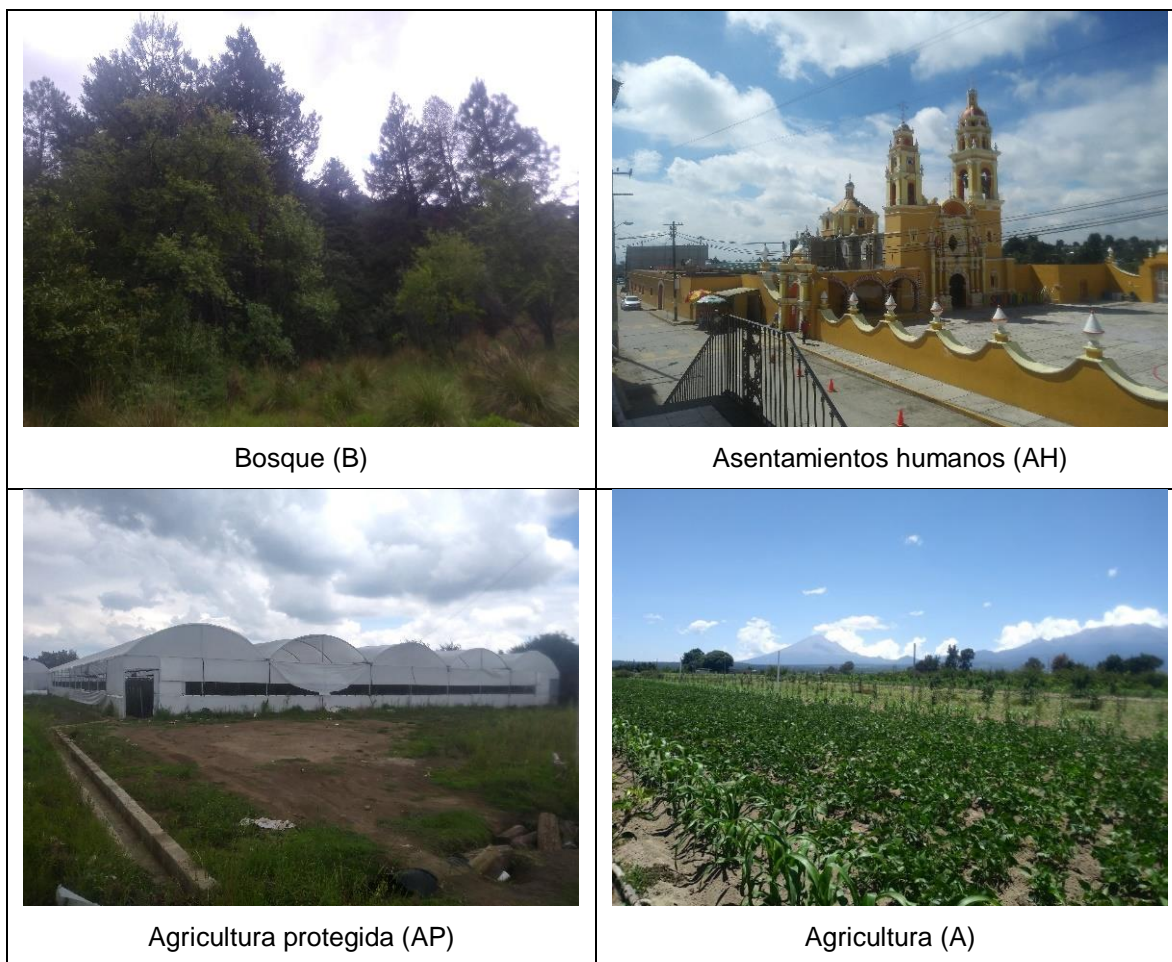
Las categorías de análisis que se identificaron en campo (Figura 5) coinciden con las categorías que se pueden apreciar en las imágenes de satélite, las cuales son: agricultura (A), agricultura protegida (AP), bosque (B) y asentamientos humanos (AH).

En este estudio se asume que el bosque ocupa una superficie terrestre con la presencia de un conjunto de árboles de una altura superior a 5 metros, una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la superficie sometida a un uso dominante agrícola o urbano (FAO, 2010).

La agricultura, se entiende como una actividad realizada por los seres humanos, a través del cultivo de especies vegetales y la crianza de animales en una superficie terrestre destinada para ese fin, generan alimentos para la población humana (FAO, 2010).

La agricultura protegida, es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos que se presentan en un espacio donde esta se practica (FAO-SAGARPA, 2007).

Un asentamiento humano, es el establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área físicamente localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que la integran (INEGI, 2010).



*Figura 5. Usos de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla.  
Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo (2019).*

### **8.1 Características generales de las y los encuestados**

Las y los encuestados(as) que participaron en esta investigación pertenecen a unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal que han vivido la dinámica del cambio de uso del suelo en el municipio, debido a que han radicado en el territorio estudiado en promedio desde hace 47 años. De la muestra estudiada el 100 % realiza alguna actividad agrícola o forestal. De ellos, el 62.8 % además realiza actividades no agrícolas. Los datos que se obtuvieron de las y los entrevistados refieren que 76.7 % son hombres y 23.3 % son mujeres, lo que coincide con los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (2014) en la cual los productores hombres superan 4 a 1 a productoras mujeres.

La edad promedio en general fue de 49 años. En el caso, de las mujeres fue de 55 años y en el de los hombres fue de 46 años, en un rango que varía de los 18 a los 78 años. El 67.4 % de las y los encuestados se encuentra en un rango de 40 a 78 años. El 66.6% de los hombres son dueños de la tierra en contraste con el 40 % de las mujeres, encontrándose una diferencia del 26.6%. Estos datos, evidencian la desigualdad de género que prevalece en lo referente a la tenencia de la tierra.

De las y los participantes en el estudio, solamente el 2.3 % no saben leer ni escribir, por el contrario 97.7 % sabe leer y escribir, de los cuales 23.3 % tiene primaria incompleta, 25.6 % tiene primaria terminada, 25.6 % tiene estudios de secundaria, 11.6 % de preparatoria y 9.3 % de universidad., estos resultados muestran un índice de analfabetismo bajo en el municipio. Lo cual coincide con los datos de la Encuesta Intercensal del 2015 realizada por el INEGI, en la cual 4.36% de la población del municipio estaba en condición de analfabetismo.

En cuanto a las principales actividades agrícolas que realizan las y los encuestados, 34.9 % menciona que produce maíz y frijol, seguidos por 23.3 % que cultiva frutales y 14 % que cultiva flores. Por otro lado las actividades no agrícolas con mayor presencia están el comercio con 42 % los empleados asalariados con 19.2 % y las actividades domésticas con 15.4 %, lo cual muestra que las actividades económicas del sector secundario están en franco crecimiento.

Las actividades económicas que las y los entrevistados identificaron como las que les generan mayores ingresos, las actividades agrícolas con 41.9 %, seguidas de 30.2 % de la agricultura protegida y 27.9 % de las fábricas. Lo cual indica el posicionamiento cada vez mejor de la agricultura protegida en el municipio.

## 8.2 Matriz de cambio

Con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica se realizó la clasificación de superficies y se obtuvo un balance de superficies con cambio de uso de suelo y vegetación en los años 1984 y 2018 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Balance de cambios, años 1984 y 2018.

Uso de suelo	Superficie (1984)		Uso de Suelo	Superficie (2018)		Dinámica de cambio (ha)
	ha	%		ha	%	
<b>Agricultura</b>	3963.96	48.84	<b>Agricultura</b>	3980.83	49.05	Aumento en 16.86
<b>Agricultura protegida</b>	0.000	0.00	<b>Agricultura protegida</b>	310.58	3.82	Aumento en 310.58
<b>Asentamientos humanos</b>	300.14	3.69	<b>Asentamientos humanos</b>	661.90	8.15	Aumento en 361.76
<b>Bosque</b>	3851.24	47.45	<b>Bosque</b>	3162.03	38.96	Disminuyó en 689.21
<b>Total</b>	8115.35	100.00	<b>Total</b>	8115.35	100.00	

Fuente: Elaboración propia con base en información de las imágenes de satélite (1984,2018).

El área de estudio presentó cambios importantes en la estructura espacial, tal como se muestra en la matriz de cambio (Cuadro 5), la diagonal muestra la superficie que permaneció en el periodo de los dos momentos analizados y la superficie que en 2018 se ganó de cada categoría, a partir de la matriz de cambios se determinó la matriz de probabilidades (Cuadro 6), los cambios también son visibles en los mapas temáticos de uso de suelo y vegetación (Figuras 6 y 7).

Cuadro 5. Matriz de cambios en los años 1984 y 2018.

Matriz de cambio de uso de suelo		1984				Total general (2018)
		Agricultura	Agricultura protegida	Asentamientos humanos	Bosque	
2018	Agricultura	<b>3249.14</b>	0.00	35.69	696.00	3980.83
	Agricultura protegida	240.97	<b>0.00</b>	10.13	59.49	310.58
	Asentamientos humanos	351.41	0.00	<b>253.73</b>	56.77	661.91
	Bosque	122.45	0.00	0.60	<b>3038.99</b>	3162.03
<b>Total general (1984)</b>		3963.97	0.00	300.15	3851.24	<b>8115.36</b>

Fuente: Elaboración propia con base en información de las imágenes de satélite (1984,2018).

Cuadro 6. Matriz de Probabilidades.

Matriz de probabilidades periodo 1984-2018					
Usos de suelo	Agricultura	Agricultura protegida	Asentamientos humanos	Bosque	Total
<b>Agricultura</b>	0.82	0.00	0.01	0.17	1
<b>Agricultura protegida</b>	0.78	0.00	0.03	0.19	1
<b>Asentamientos humanos</b>	0.53	0.00	0.38	0.09	1
<b>Bosque</b>	0.04	0.00	0.00	0.96	1

Fuente: Elaboración propia con base en información de las imágenes de satélite (1984,2018).

### 8.3 Matriz de probabilidades y Cadenas de Markov

Con la matriz de probabilidades (Cuadro 6) se generaron las probabilidades de cambio para periodos de 34 años (Figura 6). La probabilidad de permanencia sin cambios de la superficie ocupada por bosque es de 96 % ya que la tendencia es a seguir cambiando hacia las actividades agrícolas donde la permanencia sin cambios de la superficie dedicada a la agricultura se estima en un 82 %, la cual tiende a cambiar hacia agricultura protegida en poco porcentaje, pero esta a su vez ha crecido de manera importante, quitando también superficie al bosque. Por otra parte, el 53 % de la superficie con asentamientos humanos han sido ganado y ocupa, principalmente, terrenos que eran destinados a la agricultura.

En el municipio de Chiautzingo, la mayor cantidad de superficie está ocupada por áreas dedicadas a la agricultura, seguida por áreas de bosque, siendo estos dos usos de suelo los que principalmente han tenido cambios en superficie, presentándose una tendencia a disminuir el área ocupada por el bosque. Esto se confirma con la información obtenida de las encuestas, ya que el 62.8 % de las y los encuestados mencionaron que han disminuido los terrenos ocupados por el bosque en su comunidad. Solamente un 11.6 % percibe que estos han aumentado y un 25.6 % comentan que no han tenido cambios.

En contraste el estudio realizado por Tochiuitl *et al.*, (2016) en el municipio de Cuautlancingo, Puebla revela que el cambio de uso de suelo agrícola a urbano es

predominante. Hay un proceso acelerado de reemplazo irreversible de áreas de cultivo para uso habitacional o industrial, que denota la tendencia a la urbanización del municipio y la disminución de zonas ocupadas por la agricultura, lo que puede repercutir en la soberanía alimentaria de la región.

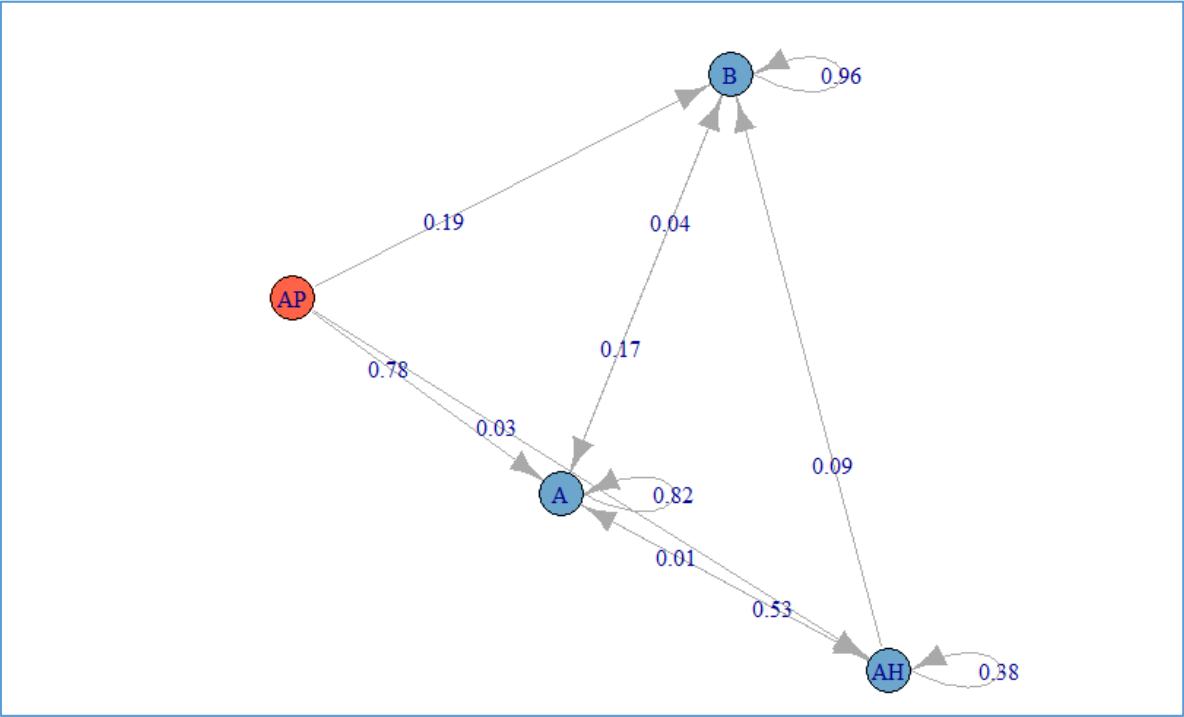


Figura 6. Cadena de Markov, que indican la probabilidad de cambio, aplicada al cambio de uso de suelo y vegetación en el municipio de Chiautzingo (1984-2018), Puebla.  
Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de probabilidades, 2019.

A continuación, se presentan los mapas temáticos de uso de suelo y vegetación de los años 1984 y 2018 del municipio de Chiautzingo, Puebla (Figuras 7 y 8):



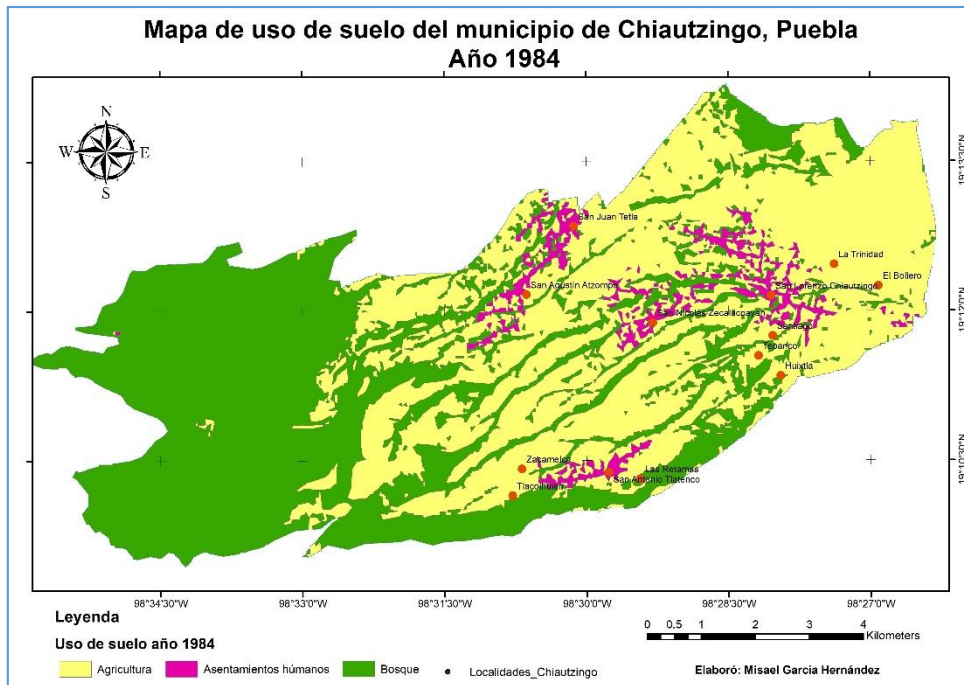


Figura 7. Mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla en 1984. Fuente: Elaboración propia con base en la Imagen de Satélite LANDSAT del año 1984 (2019).

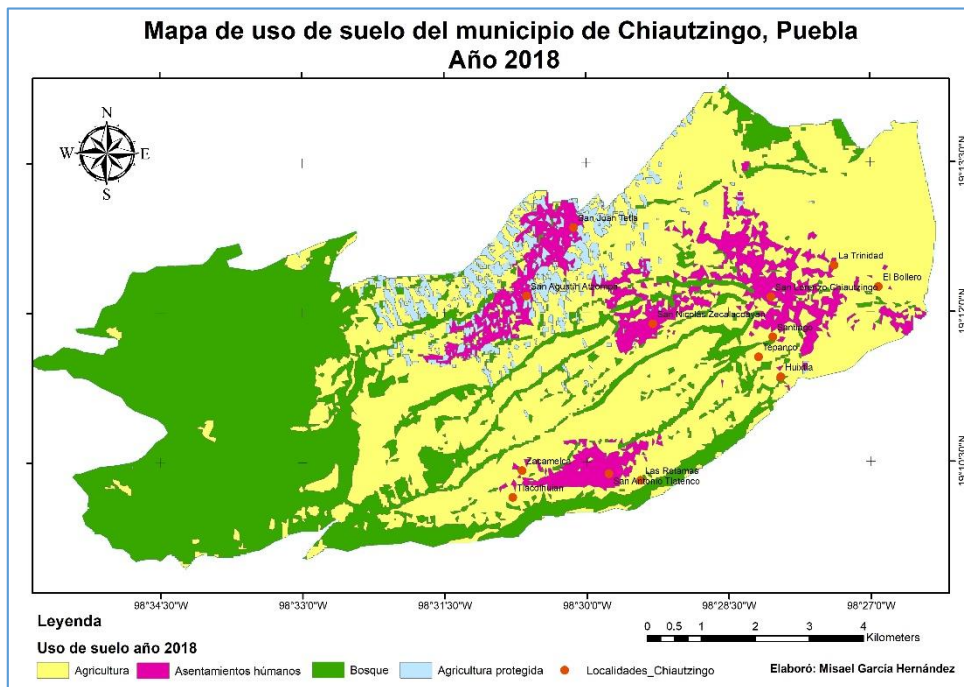


Figura 8. Mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Chiautzingo, Puebla en 2018. Fuente: Elaboración propia con base en la Imagen de Satélite LANDSAT del año 2018, (2019).

Los datos obtenidos mediante el análisis de la información geográfica, presentan grandes similitudes con la información obtenida en las encuestas aplicadas, ya que

93 % de las y los encuestados han observado cambios de uso de suelo, 2.3 % no lo han observado y 4.7 % no sabe al respecto. Siendo el cambio de agricultura a asentamientos humanos el que más se ha observado, así lo indico el 62.5 % de los informantes, seguido del cambio de bosque a agricultura indicado por el 37.5 %.

En cuanto a la temporalidad del cambio de uso de suelo, un 48.8 % de los participantes en el estudio ha observado cambios desde hace 10 a 20 años, un 34.9 % desde un periodo de 5 a 10 años. Lo cual indica que los cambios de uso del suelo se han concentrado en un periodo de tiempo corto.

De acuerdo a los datos poblacionales del municipio se observaba un incremento poblacional, lo que repercute en el requerimiento de mayor cantidad de espacios para vivienda y en consecuencia un cambio de uso de suelo. Esto también se refleja en la opinión de las y los encuestados, ya que el 67.5 % mencionaron que el cambio de uso de suelo se debe a la necesidad de espacio para vivir y crecimiento poblacional, seguido por la opinión de que se debe a la generación de mayores ganancias con 22.5 % y el 10 % que desconoce la razón.

Es importante mencionar que en el municipio existe un desconocimiento casi total sobre normatividad referente al cambio de uso de suelo, ya que 95.3 % de las y los encuestados comentan que no conocen ninguna ley relacionada con el cuidado del medio ambiente y solo 4.7 % mencionó conocer alguna. En el mismo sentido, el 51.2 % no sabe si existe algún apoyo por parte del gobierno para el cuidado del medio ambiente y el 48.8 % manifiesta que sí. . Esta situación abre oportunidades de intervención en el sentido de promover la gestión del desarrollo social a partir del fortalecimiento del capital social a partir del desarrollo de capacidades sobre el análisis y conocimiento de la normatividad aplicable al tema.

En el análisis espacio-temporal destacan que los principales cambios de uso del suelo y vegetación son de origen antrópico como procesos de deforestación para la expansión de las actividades agropecuarias, como en el caso del estudio de

Camacho *et al.*, (2015) sobre cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. La deforestación debería tener su contraparte en el territorio estudiado, por lo que se presenta la oportunidad de una intervención en el sentido de promover la reforestación para fortalecer el capital natural, como base importante de la gestión del desarrollo social en localidades dedicadas a las actividades primarias.

Otro estudio en el estado de México es el de Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área Mazahua (López *et al.*, 2014) donde se observa un cambio significativo de las zonas forestales que brindan bienes y servicios ambientales, tales como: regulación del ciclo hidrológico y el clima, purificar la atmósfera y el agua, evitar la excesiva erosión del suelo, extinción de especies de plantas y de animales, la propagación de plagas, de modo que el deterioro del bosque en estas zonas causa serios daños a corto y largo plazo.

Castelán *et al.*, (2017) analizaron la dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, donde reportaron un cambio significativo de las áreas de vegetación natural ocupadas principalmente para actividades agrícolas y desarrollo de zonas urbanas. En estudios similares, se observa la tendencia de crecimiento en zonas agrícolas y urbanas. Mientras que para el municipio de Chiautzingo, Puebla, la dinámica del cambio del uso del suelo está relacionada principalmente con la disminución y la pérdida de las áreas boscosas.

#### **8.4 Tasa de cambio de uso de suelo**

La tasa de cambio de uso de suelo (Cuadro 7) para el bosque es de -0.57 % anual, lo que indica que la superficie final tuvo un cambio negativo respecto a la superficie inicial de este estrato. Este resultado está por encima de la tasa obtenida por Velázquez *et al.*, (2002) para el estrato de bosque en el periodo del año 1973 al 2000 del uso de suelo en México, que tuvo una tasa de cambio anual de -0.25 %.

Lo anterior refleja una pérdida superior, al doble de la reportada a nivel nacional. Respecto a la superficie con agricultura y asentamientos humanos, tuvieron un cambio positivo en cantidad de superficie. Para el caso de la agricultura protegida la tasa de cambio fue de 36.87 %, lo que indica un crecimiento positivo acelerado.

Cuadro 7. Tasas de cambio, pérdidas y ganancias del uso de suelo y vegetación en el municipio de Chiautzingo, Puebla.

Uso de suelo	Tasa de cambio de uso de suelo	Pérdida	Ganancias	Cambio total	Intercambio entre categorías
<b>Agricultura</b>	0.012	714.823	731.688	16.865	1429.646
<b>Agricultura protegida</b>	36.874*	0.000	310.584	310.584	0.000
<b>Asentamientos humanos</b>	2.353	46.420	408.183	361.763	92.840
<b>Bosque</b>	-0.578	812.256	123.045	-689.211	246.089

Fuente: Elaboración propia con base en la información obtenida de las imágenes de satélite LANDSAT año 1984 y 2018, (2019).

\*Para el caso del cálculo de la tasa de cambio de uso de suelo en agricultura protegida se tomó como referencia el dato del año 2003 donde se identificó el inicio del establecimiento de esta categoría de análisis con una superficie inicial de 2. 8 hectáreas, mostrando una tasa de 36.8 % anual, lo que indica un crecimiento acelerado en los últimos 16 años.

La tasa de cambio de uso de suelo en agricultura protegida generada con el apoyo de los mapas temáticos, presenta semejanza con la información obtenida en las encuestas, ya que el 60.5 % de las y los encuestados afirman que existen invernaderos en su comunidad contra el 39.5 % que comenta que no existen. La razón principal para incursionar en la implementación de agricultura protegida según la opinión de las y los encuestados es mejorar la producción con un 57.7 %, seguida de apoyos gubernamentales con un 15.4 % y la introducción de nuevos cultivos con 15.4 %. El 92.3 % de las y los encuestados manifiestan que la entrada de la agricultura protegida al municipio fue en el periodo del año 2000 al 2012.

## **8.5 Ganancias, pérdidas e intercambio entre categorías.**

La categoría que tuvo una mayor superficie de ganancia fue la agricultura, lo que generó pérdida en la cobertura de bosque. Lo anterior, indica que en un lapso de 34 años el cambio de uso de suelos forestales a agrícolas fue considerable, provocando que actualmente algunos terrenos estén perdiendo su productividad favoreciendo la degradación y erosión del suelo, además que, la disminución en cantidad y calidad de bienes y servicios ambientales se ve comprometida (González *et al.*, 2008). Esta degradación en la pérdida de cobertura de bosque también se fundamenta en la presión ejercida por la población, ya que el 81.4 % de las y los encuestados manifiestan que utilizan leña y gas para cocinar, seguido del 14 % que solo utiliza gas y del 4.6 % que solo utiliza leña. Lo anterior concuerda con datos obtenidos de la encuesta intercensal del año 2015 realizada por INEGI, en la cual 33.1% de las viviendas particulares habitadas utilizan leña o carbón para cocinar.

Con respecto al intercambio entre categorías de igual forma la agricultura tuvo una mayor variación en la superficie del municipio en los 34 años analizados (1984-2018), seguido del bosque (Cuadro 7). Es importante comentar que la agricultura protegida tuvo un valor de cero, ya que no presentó intercambios de pérdidas entre categorías.

## **8.6 Variabilidad climática**

Derivado del análisis de los factores ambientales referentes a temperatura y precipitación de la región del área de estudio, se pudo identificar una tendencia de alza en las temperaturas máximas en el periodo de tiempo del estudio en un promedio de 1.1 °C. En cuanto a las precipitaciones se pudo identificar una variación en la temporada de lluvia, la cual en la década de los años 80's se iniciaba en el mes de abril y a partir de la década de los años 90's se ha presentado variación tendiente hacia el mes de mayo (Figuras 9 y 10).

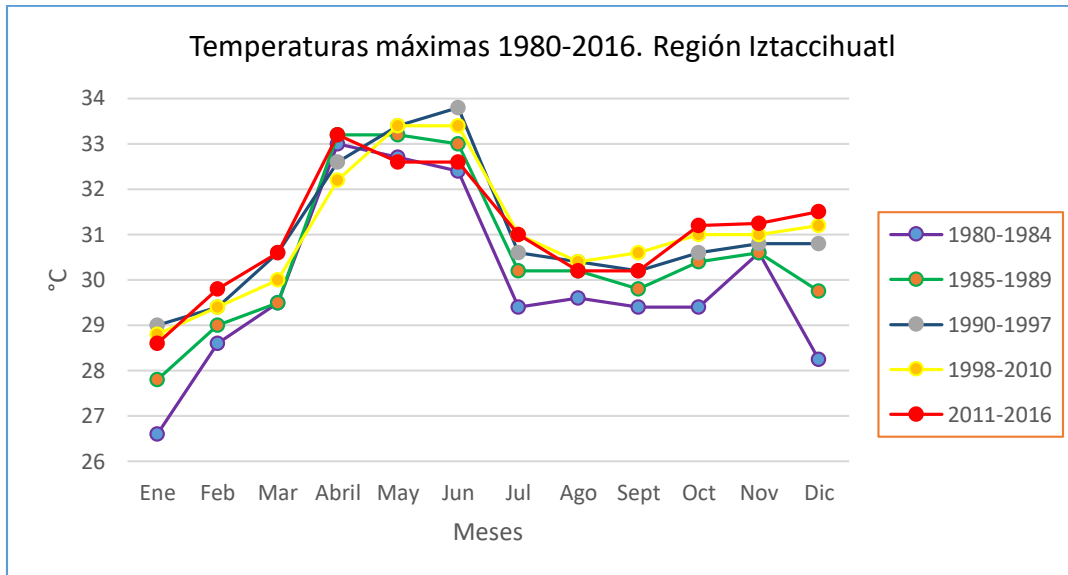


Figura 9. Datos de temperatura de la región Iztaccihuatl. Fuente: Elaboración propia, con datos de SMN de las estaciones 21167(San Andrés Calpan), 21046 (Huejotzingo) y 21078 (San Martín Texmelucan)

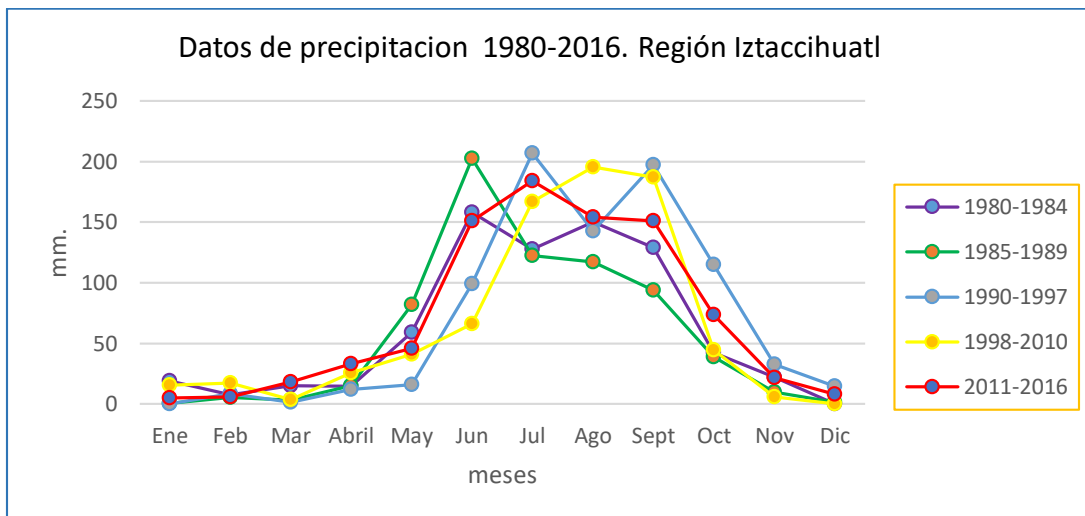


Figura 10. Datos de precipitación de la región Iztaccihuatl. Elaboración propia, con datos de SMN de las estaciones 21167(San Andrés Calpan), 21046 (Huejotzingo) y 21078 (San Martín Texmelucan).

La información de percepción de variabilidad climática obtenida en las encuestas presenta semejanzas con los datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional, ya que 97.7 % de las y los encuestados ha percibido cambios en el clima en el lugar donde vive y solamente el 2.3 % no los ha percibido. Dentro de los cambios observados 97.6 % ha percibido mayor presencia de temperaturas altas en el lugar donde vive, en contraste con 2.6 % que no ha percibido cambios en la temperatura.

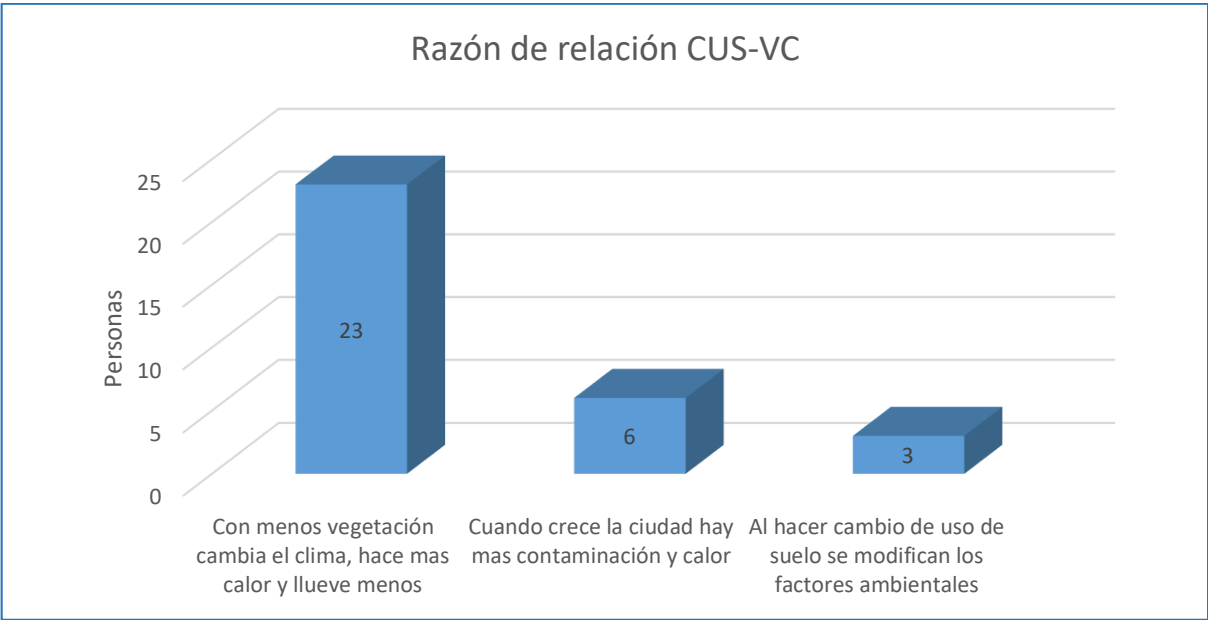
En cuanto al cambio en las precipitaciones 88.1 % percibe menor cantidad de lluvias, 7.1 % mayor cantidad de lluvias y 4.8 % sin cambios en las lluvias. En este mismo sentido 72.4 % de las y los encuestados menciona que ha cambiado sus fechas de siembra, debido a que han cambiado la temporada de lluvias, ya no llueve igual y hay menor humedad en el suelo. En cuanto al perjuicio de los cambios en el clima, el 56.7 % menciona que tiene afectaciones en los cultivos, el 32.4 % tiene pérdidas económicas y el 10.8 % le afecta en problemas de salud.

A la interrogante realizada a las y los encuestados sobre si ¿creen que existe alguna relación entre la variabilidad del clima y el cambio de uso del suelo?, en mayor proporción que si aprecian relación (Cuadro 8), y expresaron en orden de proporción de encuestados que las razones de dicha relación se deben a que al reducir la cobertura vegetal se modifica el clima, aumenta la temperatura y disminuyen las lluvias; en menor proporción mencionaron que cuando crece la ciudad hay más contaminación y calor, y por último que al hacer cambios en el uso del suelo se modifican factores ambientales (Figura 11).

Cuadro 8. Opinión sobre relación entre cambio de uso de suelo y variabilidad climática.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	32	74.4
No	1	2.3
No sé	10	23.3
<b>TOTAL</b>	43	100

Fuente: elaboración propia con base información de las encuestas aplicadas, 2019.



*Figura 11. Razón de relación Cambio de Uso de suelo y Variabilidad Climática. Fuente: elaboración propia con base información de las encuestas aplicadas, 2019.*



## **IX. CONCLUSIONES**

La metodología utilizada permitió analizar los cambios en el espacio y el tiempo e identificar los principales procesos de cambio, que son originados por la actividad antropogénica, principalmente, el cambio de uso de suelo forestal a uso de suelo agrícola y de uso agrícola a agricultura protegida y asentamientos humanos. La presión sobre los recursos naturales es evidente en el municipio, la cual en buena medida obedece a factores sociales como la utilización de leña para cocinar, el crecimiento poblacional, la necesidad de espacios para vivir y para generar mayores recursos económicos. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis planteada en esta investigación.

Este análisis es necesario para identificar las áreas que tienen problemas sociales y ambientales con la finalidad de generar una propuesta de gestión que logre evaluar los avances y retos impuestos por el cambio de uso del suelo en el municipio de Chiautzingo.

La ocupación original de estos espacios corresponde a las unidades de producción con actividades agrícolas, forestales y pecuarias que están siendo desplazados por la mancha urbana y los habitantes de estos espacios simbióticos están siendo influenciados por la dinámica urbana. Sin embargo, mantienen su actividad por razones que tienen que ver con la cultura, las costumbres y las tradiciones.

Con esta investigación se puede visualizar el escenario futuro en el municipio de Chiautzingo, Puebla respecto a los cambios de uso de suelo que, si bien es inevitable, lo que se pretende es promover el ordenamiento territorial para el aprovechamiento y conservación del suelo como recurso natural. Esto se puede promover motivando a los dueños de los terrenos forestales a que incursionen en el manejo forestal sustentable.

Existen tendencias de variabilidad climática en temperatura y precipitación, tanto en los datos del Sistema Meteorológico Nacional, como en la percepción de los y las participantes en el estudio, lo cual se ve reflejado en afectaciones en la productividad de los cultivos, la economía y la salud.

La identificación y análisis de los factores ambientales y sociales que influyen en la dinámica de cambio de uso de suelo en el área y periodo de estudio permitió proponer acciones y recomendaciones, y con ello dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación.

## **X. RECOMENDACIONES**

La protección y conservación de los bosques en el área de estudio presenta grandes retos. Por ello, es necesario implementar una estrategia regional que promueva la adopción de buenas prácticas de manejo sustentable del territorio que permita: reforzar la gobernanza, impulsar el manejo forestal sustentable con la participación de las comunidades, vigilar los recursos para evitar la tala ilegal, reducir la incidencia de los incendios, mejorar el manejo de las plagas, reducir la degradación y erosión del suelo e impulsar una estrategia integral que permita revitalizar la economía forestal comunitaria.

Es relevante informar a la población sobre la normatividad existente referente al cuidado del medio ambiente y los apoyos del gobierno para realizar actividades en favor su conservación y manejo adecuado, debido a que la información a la que tienen acceso es insuficiente, aunado al desconocimiento que prevalece sobre temas de normatividad.

Derivado de las presiones evidenciadas en el bosque y la agricultura, es necesario definir un modelo de ordenamiento conformado por unidades de gestión territorial, implementadas en función de las presiones observadas. Este ordenamiento debe tener como ejes estratégicos el ordenamiento ecológico y territorial, el desarrollo urbano y, el desarrollo agrario, económico y social, para poder determinar e incidir en las políticas públicas territoriales que promuevan el desarrollo regional desde al ámbito municipal.

La gestión del desarrollo social del municipio debe basarse en armonizar el aprovechamiento de los recursos naturales, la orientación de las actividades productivas y el desarrollo tecnológico buscando satisfacer las necesidades de las personas referentes a trabajo, alimentación, agua, salud y bienestar, asegurando un nivel de vida sostenible de la población, conservando y aprovechando los recursos naturales. Esto, debe contemplar fusión entre los factores sociales,

ambientales y económicos. A través de un sistema que asegure la participación ciudadana en la toma de decisiones, la implementación de sistemas de producción que respeten los recursos naturales, el apoyo de instituciones de investigación para el desarrollo de estrategias integrales que busque reducir la problemática del cambio de uso de suelo y programas de gobiernos que promuevan el desarrollo sostenible. También se recomienda dar seguimiento como línea de investigación a la dinámica espacio temporal de la agricultura protegida en el municipio.

## XI. LITERATURA CITADA

Akyeampong, K., Djangmah, J., Oduro, A., Seidu, A. y Hunt, F. (2007). *El Acceso a la educación básica en Ghana, Consorcio para el Acceso Educativo, las Transiciones y la Equidad* (CREE).Accra.

Buendía, R. E., Terrazas D.S. y Vargas, P. E. (2002). *Aplicación de imágenes de satélite en la cartografía de uso de suelo y vegetación en una región del Oriente del Valle de México*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 8(1): 13-19. ISSN: 2007-3828.

Brite, K. (2017). *Five different types of abiotic factors*. Retrieved from <http://sciencing.com/five-different-types-abiotic-factors-7762257.html>

Bocco, G., Mendoza, M., y Masera, O.R. (2001). *La dinámica del cambio de uso de suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación*. Investigaciones geográficas. Morelia Michoacán.

Bozzano H. (2009). *Entendimiento y Desarrollo Territorial: Una nueva red*. Buenos Aires, Lumiere.

Bosque S. J., y García, C. R. (2000). *El uso de sistemas de información geográfica en la planificación territorial*. 20, Anales de Geografía de la Universidad Complutense 49–67. España.

Briceño, V, F. (2005). *Las cadenas de Markov en el análisis de cambios y asignación de usos de la tierra*. Revista Geográfica Venezolana, vol. 46, núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 35-45 Universidad de los Andes Mérida, Venezuela.

Camacho, S. J. M., Juan, P. J. I., Pineda, J. N. B., Cadena, V. E. G., Bravo, P. L. C., y Sánchez, L. M. (2015). *Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña*. *Madera y Bosques* 21(1): 93-112.

Castelán, V., Ruiz, C., Linares, F..., Pérez, A. y Tamariz, F. (2007). *Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México*. *Investigaciones Geográficas (Mx)* [en línea], [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56906406>> ISSN 0188-4611.

CEA (2010). Confederación de empresarios de Andalucía. *Sistemas de información geográfica*. Consultado en: <http://sig.cea.es/SIG>, recuperado el 05 de octubre de 2019.

Challenger, A. R. y Dirzo, R. (2009). *Factores de cambio y estado de la biodiversidad*. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 37-73.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2013). *Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Puebla*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de Puebla. México.

Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas (CONANP). (2013). *Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl*. Tlalpan, México, D. F.

Congalton, R. (1988). *A comparison of sampling scheme use in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54(5):593-600.

Congalton, R. (1991). *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data*. *Remote Sensing of the Environment* 37:35-46.

Córdoba, V. C y León, S.T (2013) *Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima* (Cundinamarca - Colombia). Universidad Nacional de Colombia.

FAO. (1998) *Encuestas agrícolas con múltiples marcos de muestreo: Programa de encuestas agropecuarias basadas en diseños de muestreo con marco de área o doble marco de elección de área y de lista*. 2 10:1-32.

FAO. (2010). *Global Forest Resources Assessment*.

FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales. Términos y definiciones*. Documento de trabajo 144/s. Roma.

FAO (2016). *Plataforma de Territorios Inteligentes*. Consultado el 12/10/2019 en <http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/resumen-del-proyecto/desarrollo-Bterritorial/es/>.

FAO y JRC (2012). *Cambio de uso de las tierras forestales mundiales 1990–2005*. Documento Forestal 169 FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Roma, FAO.

Farfán, G. Michelle, G., Rodríguez, T. y Mas, J. (2016) *Análisis jerárquico de la intensidad de cambio de cobertura/uso de suelo y deforestación (2000-2008) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México*. *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 90, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 89-104, [dx.doi.org/10.14350/rig.48600](https://doi.org/10.14350/rig.48600).

García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. (Ed.). 1a ed. Barcelona, España: Gedisa, S.A.

García, O. J. A., Cedillo, G. J. G. Juan P. J. I. y Balderas, P. M. Á. (2012). *Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el Altiplano Mexicano. El caso del Río San José en el Estado de México*. Papeles de Geografía, (55-56): 63-73, ISSN: 0213-1781

González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A. y Rey-Benayas, J. M. (2008). *Restauración de bosques en montañas tropicales de territorios indígenas de Chiapas, México. Restauración de bosques en América Latina. México: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. Editorial Mundi-Prensa.*

Gordillo, R. M. C. y Castillo, S. M. A. (2017). *Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 4 (10), 39-49. DOI: 10.19136/era.a4n10.803

Guzmán, M. O. y Caballero, R.T. (2012). *La definición de factores sociales en el marco de las investigaciones actuales*. Santiago de Cuba, no. 128, 2012, p. 336+.

Hernández, A. (1996). *El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas*. Papeles de Población, núm. 10, enero-marzo, 1996, pp. 17-20 Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México.

Hernández, S. R., Fernández, C. C., y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ta ed., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN: 978-1-4562-2396-0



Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009) *XI Censo General de Población y Vivienda*. Dirección general de geografía y medio ambiente. Aguascalientes, Ags.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010) *Manual para la Difusión y Aplicación de la Norma Técnica sobre Domicilios Geográficos*. Dirección general de geografía y medio ambiente. Aguascalientes, Ags.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Chiautzingo, Puebla. Clave geoestadística 21001. Disponible en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). *Sistema de Información Geográfica*. México. Disponible en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015*. México. Disponible en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Anuario estadístico y geográfico de Puebla*. México: INEGI. 952 p. ISBN 978-607-739-987-2. Disponible en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2017*. Red Nacional de Metadatos. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>

IPCC, (2000). *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo y D.J. Dokken (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 377 pág.

Isaac-Márquez, De Jong y Ochoa, G. (2005). *Estrategias productivas campesinas: Un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco*, Méxicoll. Universidad y Ciencia. 2142: 56-72

Johansen, B. O. (1993). *Introducción a la teoría general de los sistemas*. Chile: Editorial LIMUSA.

Juppenlitz, M. (1990). *The role of urban surveys in Third World development*. ITC Journal. 4: 352-362.

Lambin, E. F. (1997). *Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions*. Progress in Phisycal Geography. 21(3): 375-393.

Lambin, E. F., Turber, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce J., Dirzo, R., Fischer, G. y Floke, C. (2001). *The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths*. *Gloval Environmental Change*. 11 (4).

Latanzzi, M. (2008), *Enfermedades sociales, Drogadicción y alcoholismo* [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Consultado el 20 de Octubre del 2019.

*Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente*. Última Reforma  
DOF 05-06-2018

*Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Última Reforma DOF 05-06-2018

*Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. Última Reforma DOF 14-05-2019

Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (1994). *Remote sensing and image interpretation*. Wiley and Sons. New York, NY, USA.

López, V. V. H., Balderas, P. M. A., Chávez, M. M. C., Juan, P. J. I. y Gutiérrez C. J. G. (2015). *Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano*. CIENCIA Ergo Sum, 22 (2): 136-144. ISSN 1405-0269

Mas, J. F., Velázquez, A. y Couturier, S. (2009). *La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana*. Investigación ambiental. 1(1): 23-39

Millington, A. y R. Alexander. (2000). *Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century*. In: A. Millington y R. Alexander, eds. *Vegetation mapping*. John Wiley y Sons, Chochester, Inglaterra. p:321-331.

Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Disponible en: <http://volaya.es/writing>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FAO -SAGARPA). (2007). *Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas*. México. 33 pp. Disponible en: [www.sagarpa.gob.mx/pesa/docs\\_pdf/proyectos\\_tipo/invernaderos.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/pesa/docs_pdf/proyectos_tipo/invernaderos.pdf)

PACC. (2010). *Proyecto de Adaptación al Cambio Climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua en Ecuador*. Ministerio del ambiente. Gobierno de Ecuador

Palacio, P. J.L., Sánchez, S. M.T., Casado, I. J.M., Propin, F. E., Delgado, C. J., Velázquez, M. A., Chias, B. L., Ortiz, A. M.I., González, S. J., Negrete, F. G., Gabriel, M. J., Márquez, H. R., Nieda, M. T., Jiménez, R. R., Muñoz, L. E., Ocaña, N. D., Juárez, A. E. Anzaldo, G. C., Hernández, E. J.C., Valderrama C. K., Rodríguez C. J., Campos, C. J.M., Vera, L.C.H., Camacho, R. C.G. (2004). *Indicadores para la*

*caracterización y el ordenamiento territorial.* (Ed.). 1a ed. México. ISBN 970-32-1885-7.

Pineda J. y Franco P. (2010). *El Uso de los Sistemas de Información Geográfica en el Ordenamiento Territorial Municipal.* Consultado el 15/09/2019 en <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal9/Nuevastecnologias/Sig/15.pdf>

POA (2003). *Informe anual.* Procuraduría ambiental y de ordenamiento territorial de Distrito Federal. México D.F.

PDMC (2014) *Plan de Desarrollo Municipal de Chiautzingo,* Puebla 2014-2018. Gobierno del estado de Puebla, México.

Ramos, R. R., Palma, L. D., Ortiz, S. C., Ortiz, G. C. y Díaz, P. G. (2004). *Cambios de uso de suelo mediante técnicas de sistemas de información geográfica en una región cacaotera.* Terra Latinoamericana, 22 (3): 267-278, E-ISSN: 2395-8030

Ramirez, V. y Antero, J. (2014). *Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: hacia la creación de una nueva ética mundial.* Universidad de Caldas. Colombia.

Real Academia Española. (2017). *Diccionario de la lengua española (22.a ed.).* Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>

Rivas, P. G., Gutiérrez, M. I., Yépez P. C., Vega M. L., y Pinto, D. G. (2007). *El manejo integral de la unidad de producción y la seguridad alimentaria.* CATIE. ISBN 978-9977-57-437-0

Reidl, L.M. (2012). *Marco conceptual en el proceso de investigación*. Consejo Académico del Área de las Ciencias Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México D.F., México.

Rodríguez, A. (2007). *Cambio climático agua y agricultura*. Dirección de Desarrollo Rural Sostenible-IIICA. Edición N.1. II Etapa.

Rodríguez, G. y Bautista, M. (2011) *Cambio de uso de suelo y deforestación en el estado de Jalisco*. Instituto de Información Territorial del Gobierno del Estado de Jalisco, Jalisco, México.

Rodríguez, D. (2012). *Factores Ambientales: Características y Clasificación*. Consultado 15 de octubre de 2019, de Lifeder. Disponible en: <https://www.lifeder.com/factores-ambientales/>.

Rodríguez V. R. (2010). *Territorio y territorialidad Nueva categoría de análisis y desarrollo didáctico de la Geografía*. Colombia.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). *Diagnóstico del Programa de Manejo de Tierras para la Sustentabilidad Productiva*. Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, Ciudad de México, México.

Serfozo, R. (2009) *Basics of Applied Stochastic Processes*. Springer.

Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2019) *Estaciones meteorológicas automáticas*. Consultada el 10/10/2019. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/es/emas>

Soria, R. J; Ortiz S, C. A; Islas, G. F; Volke, H. V. (1998). *Sensores remotos: Principios y aplicaciones en la evaluación de recursos naturales, experiencias en*

México. CONACYT, Publicación especial 7, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Méx. 93 p.

Sosa V. M (2012). *¿Cómo entender el territorio?*, 1a Edición. ed. Cara Parens, Guatemala. Universidad de Rafael Landívar.

Sotelo, E., González, A., Cruz, G., Moreno, F. y Cruz, G. (2011). *Los suelos del Estado de México y su actualización a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2006*. *Rev. mex. de cienc. forestales vol.2 no.8 México nov./dic. 2011*

Tochihuitl T., A., Villarreal M. L. A., Ramírez V., B., Gutiérrez D., E. A. y Tlapa A., M. (2016). *Análisis de los cambios y la persistencia en los usos del suelo de 1958 a 2010 en el municipio de Cautlancingo, Puebla, México*. *Ambiente y Desarrollo*, 20(39), 35-54. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.acpu>

Velázquez, A.; Mas, J. F.; Díaz Gallegos, J. R.; Mayorga Saucedo, R.; Alcántara, P. C.; Castro, R.; Fernández, T.; Bocco, G.; Ezcurra, E.; Palacio, J. L. (2002) *Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México*. *Gaceta Ecológica*, núm. 62, 2002, pp. 21-37 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México.

## **XII. ANEXO 1**

### **Encuesta sobre aspectos sociales y ambientales del cambio de uso del suelo**

La información obtenida en esta encuesta será utilizada exclusivamente con fines de estudio para proponer alternativas de intervención en el municipio de Chiautzingo.

Fecha: \_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

#### **I.- Aspectos sociales de las y los encuestados**

1.- Sexo: a) M b) F

2.- Edad: \_\_\_\_\_ años

3.- Tiempo habitando en la comunidad: \_\_\_\_\_ años

4.- Estado civil

- a) casado
- b) soltero
- c) unión libre
- d) viudo

4.- ¿Cuántos integrantes de su familia habitan su vivienda?

\_\_\_\_\_

5.- ¿Hasta qué grado estudió?

- |  |                                   |                |
|--|-----------------------------------|----------------|
| a) No estudio                              | d) Primaria trunca                | g) Universidad |
| b) Ninguno pero<br>sabe leer y<br>escribir | (_____ año)                       | h) Otro:_____  |
| c) Primaria compl.                         | e) Secundaria                     | _____          |
|  | f) Preparatoria o<br>Bachillerato | —              |

6.- ¿En qué trabaja (todas las actividades)? Enumera por importancia, si existieran varias actividades

a) Actividades agrícolas y forestales.

- Cultivo de hortalizas
- Cultivo de flores
- Cultivo de plantas de ornato
- Cultivo de maíz y frijol
- Jornalero agrícola (trabajo remunerado)
- Silvicultor
- Otra\_\_\_\_\_

b) Actividades no Agrícolas

- Chofer.
- Domésticas (cocinar, lavar, planchar, etc.)
- Artesano (carpintero, costurera, herrero, etc.)
- Asalariado (albañil, peón, obrero, empleado)
- Comerciante
- Otra\_\_\_\_\_



7.- ¿Le pagan por su trabajo?

- a) Sí
- b) No

8.- ¿Qué actividad le genera mayores recursos económicos?

- a.- \_\_\_\_\_
- b.- \_\_\_\_\_
- c.- \_\_\_\_\_

9.- ¿Cuáles son las tres principales actividades económicas que realizan los habitantes de su comunidad?

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_

### I.I.- Agricultura

10.- ¿Qué tipo de agricultura hay en la región?

- a) Temporal \_\_\_\_\_
- b) Riego \_\_\_\_\_
- c) Protegida \_\_\_\_\_
- d) Otra \_\_\_\_\_

11.- ¿Qué se cultiva en su comunidad?

- a) Maíz \_\_\_\_\_ ( )
- b) Frijol \_\_\_\_\_ ( )
- c) Frutales \_\_\_\_\_ ( )
- d) Flores \_\_\_\_\_ ( )
- e) Otros: \_\_\_\_\_

12.- ¿Continúa sembrando los mismos cultivos que en el pasado? a) Sí \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

13.- ¿En su comunidad se produce más o menos que antes?

- a) Mas\_\_\_\_\_ b) Menos\_\_\_\_\_

14.- ¿Continúa sembrando en las mismas fechas de antes? a) Sí\_\_\_ b) No\_\_\_

Por qué:

---

---

## I.2 Agricultura protegida

15.- ¿Existen invernaderos en su comunidad?

- a) Si  
b) No (pasar a la 17)

16.- ¿Desde cuándo (año)?\_\_\_\_\_

17.- ¿Cuál cree que haya sido la razón para empezar a poner invernaderos?

- a) apoyos gubernamentales  
b) envío de dinero de migrantes  
c) aumentar la producción  
d) mejorar la producción  
e) introducir cultivos nuevos  
f) migrantes trajeron nuevas técnicas de cultivo  
g) otra\_\_\_\_\_

18.- ¿Usted tiene algún invernadero?

- a) Si  
b) No (pasar a la 20)

19.- ¿Qué cultiva en él?

a) hortalizas

b) flores

c) verduras

(c) Otra: \_\_\_\_\_

### I.3 Tenencia tierra

20.- ¿Usted es dueño de terrenos?

a) Si \_\_\_\_\_

b) No \_\_\_\_\_ (pasar a la 23)

21.- ¿Qué clase de terrenos posee?

a) Agrícolas

b) Forestales

c) Urbanos

d) Industriales

e) Otros: \_\_\_\_\_

22 ¿Qué superficie de tierra tiene? \_\_\_\_\_ hectáreas

23.- ¿Quién es el dueño (a) de la tierra? \_\_\_\_\_

24.- Tipo de propiedad:

a) Privada \_\_\_\_\_

b) Ejido \_\_\_\_\_

c) Otro \_\_\_\_\_

25.- ¿Cómo considera su tierra para la agricultura?

- a) Muy Buena\_\_\_\_\_
- b) Buena\_\_\_\_
- c) Regular\_\_\_\_\_
- d) Mala\_\_\_\_\_

26.- ¿Tiene usted huerto familiar o traspatio?

- a) Sí \_\_\_\_
- b) No \_\_\_\_ (pasar a la 28)

27.- ¿Qué cultiva en él?

---

#### **I.4.- Migración**

28.- ¿Usted tiene algún familiar cercano en el extranjero?

- a) Si
- b) No (pasar a la 31)

¿Quién o quiénes? \_\_\_\_\_ ¿En qué  
lugar?\_\_\_\_\_

29.- ¿Recibe recursos económicos de alguno de estos familiares?

- a) Si
- b) No

30.- ¿Cuál es el principal uso de estos recursos?

---

### **I.5.- Características de las viviendas.**

31.- ¿En los últimos 34 años, ha cambiado el número de casas en su localidad?

- a) Ha aumentado
- b) Ha disminuido
- c) No ha cambiado, se ha mantenido igual.

32.- ¿En qué periodo de tiempo observo mayor cambio?

- a) En los últimos 5 años
- b) De 5 a 10 años
- c) De 10 a 20 años
- d) Más de 20 años

33.- ¿Por qué cree que haya sido en ese periodo de tiempo?

---

---

34.- ¿En los últimos 34 años su casa se ha ampliado?

- a) Si
- b) No

¿Por qué razón?

---

---

35.- ¿Qué obras de infraestructura se han construido en su comunidad en los últimos 34 años?

- a) Escuelas ( )
- b) Carreteras ( )
- c) Parques ( )
- d) Fabricas ( )
- e) Invernaderos ( )
- f) Otras:\_\_\_\_\_

36.- ¿En su comunidad construyen casas de madera?

- a) Poco
- b) Mucho
- c) Nada

37.- ¿Qué combustible usa para cocinar?

- a. Leña\_\_\_\_ b. Gas \_\_\_\_ c. Leña y gas \_\_\_\_ d. Otro\_\_\_\_\_

38.- ¿En su hogar con que servicios cuentan?

- a. Agua potable \_\_\_\_\_ b. Luz eléctrica \_\_\_\_\_ c. Drenaje \_\_\_\_\_  
d. Fosa séptica \_\_\_\_\_ e. Letrina ecológica\_\_\_\_ f. Teléfono \_\_\_\_\_

#### **I.6.- Percepción de cambio de uso de suelo.**

*Explicar al encuestado brevemente que es el cambio de uso de suelo.*

39.- ¿Usted ha observado cambios en el uso de suelo en su comunidad?

- a) si
- b) no (pasar a la pregunta 37)

Explique en qué consisten esos cambios

---

---

40.- ¿Desde cuándo ha observado cambios en el uso del suelo?

- a) 1 a 5 años
- b) 5 a 10 años
- c) 10 a 20 años
- d) Más de 20 años.

41.- ¿Qué cambios de uso de suelo ha observado de manera más frecuente?

- a) De bosque a agricultura
- b) De agricultura a bosque
- c) De agricultura a asentamientos humanos
- d) De asentamientos humanos a agricultura
- e) De bosque a asentamientos humanos
- f) De asentamientos humanos a bosque

42.- ¿Cuál sería la razón por la cual cree usted que haya cambiado el uso de suelo?

43.- ¿Quiénes cree que sean los que han causado el cambio de uso de suelo?

44.- ¿Usted ha tenido que hacer algún cambio de uso de suelo en sus tierras o traspatio?

- a) Si
- b) No (pasar a pregunta 37)

45.- ¿Qué tipo de cambio de uso de suelo realizó?

---

46.- ¿Por qué lo realizó?

47.- ¿Conoce alguna ley o reglamento referente al cambio de uso de suelo?

- a) Si
- b) No

¿Cuál? \_\_\_\_\_

48.- ¿Ha tomado en cuenta la normatividad existente en cuanto a cambio de uso de suelo?

- a) Si
- b) No

¿Por qué?

\_\_\_\_\_

49.- ¿Desde su punto de vista, cuál ha sido la tendencia de los terrenos dedicados a la agricultura en su comunidad?

- a) Aumentado
- b) Disminuido
- c) Sin cambios

50.- ¿Desde su punto de vista, cuál ha sido la tendencia de los terrenos dedicados al bosque en su comunidad?

- a) Aumentado
- b) Disminuido
- c) Sin cambios

51.- ¿Los cambios de uso de suelo han tenido alguna repercusión para usted?

- a) Ninguna
- b) Me han beneficiado: 1) socialmente, 2) económicamente, 3) ambientalmente



c) Me han perjudicado: 1) socialmente, 2) económicamente, 3) ambientalmente

52.- ¿En su comunidad existe extracción, transformación y/o distribución de recursos naturales (suelo, minerales, piedra, arena, agua, bosque, animales de caza, ornamentales, hongos)?

- a) Si
- b) No

¿Cuáles?

53.- ¿Desde su punto de vista cual es la principal amenaza del bosque en su comunidad?

- a) Apertura de caminos
- b) Construcción de viviendas
- c) Deforestación
- d) Minería
- e) Incendios forestales
- f) Crecimiento de la frontera agrícola
- g) Otra:

54.- ¿Cómo cree que se encuentra la flora y la fauna en su región?

- a).-En buen estado
- b).-En condiciones regulares
- c).- En malas condiciones

¿Por qué?

---

---

## II.- Aspectos ambientales

55.- ¿Ha Usted escuchado hablar de cambio climático o variabilidad climática? Sí\_\_\_\_  
No\_\_\_\_

¿Qué ha escuchado?

---

---

56.- ¿En qué medio escucho hablar de Cambio Climático?

a) Televisión\_\_\_\_ b) Periódico\_\_\_\_ c) Curso de capacitación\_\_\_\_\_

d) Otros\_\_\_\_\_

57.- ¿Qué entiende usted por cambio climático o variabilidad climática?

---

---

58.- ¿Ha recibido talleres o capacitaciones donde se hable de medio ambiente y cambio climático?

a) Sí\_\_\_\_

b) No\_\_\_\_\_

59.- ¿Considera que existe la necesidad de recibir capacitaciones en temas ambientales?

a) Si

b) No

¿Cuáles?\_\_\_\_\_

---

60.- ¿Ha percibido algún cambio en el clima donde vive?

a) Sí\_\_\_

b) No\_\_\_

61.- ¿Qué cambio ha observado?

Variabilidad	SI	No	Mas	Menos	Año que noto cambio
Lluvias					
Heladas					
Sequía					
Calor					
Viento					
Plagas					
Otros					

62.- ¿Le han perjudicado estos cambios?

a) Sí\_\_\_\_\_ b)No\_\_\_\_\_

63.- ¿En qué le han perjudicado?

a) pérdidas económicas

b) en la salud

c) problemas en los cultivos

64.- Según su percepción, ¿Cuál es el principal problema ambiental que lo afecta?

a) Malos olores

b) Cambio climático

c) Deforestación

d) Incendios Forestales

e) Contaminación del aire

f) Contaminación de agua

- g) Disminución del agua
- h) Contaminación del suelo
- i) Erosión del suelo
- j) Otra: \_\_\_\_\_

65.- ¿Según su punto de vista, en su comunidad como ha cambiado la disponibilidad de agua?

- a) ha aumentado
- b) ha disminuido
- c) no ha cambiado

¿Por qué?

---

66.- ¿Según su punto de vista, en su comunidad como ha cambiado la calidad de agua?

- a) ha aumentado
- b) ha disminuido
- c) no ha cambiado

¿Por qué?

---

67.- ¿Usted realiza alguna actividad para cuidar los recursos naturales?

- a) Si
- b) No

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

---

68.- ¿En su comunidad se realizan actividades para conservar los recursos naturales?

- a) Si
- b) No

¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

69.- ¿ha recibido algún apoyo por parte del gobierno para realizar acciones de cuidado del medio ambiente?

- a) Si
- b) No

¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

70.- ¿Conoce leyes relacionadas con el cuidado del medio ambiente?

- a) Si
- b) No

¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

71.- ¿sabe qué apoyos existen por parte del gobierno para el cuidado del bosque, del agua o del suelo?

- a) Si
- b) No

¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

72.- Desde su punto de vista, ¿Usted cree que haya relación entre el cambio de uso de suelo y el cambio climático?

- a) Si
- b) No
- c) No sé

¿Por qué?

---

---