



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

*Análisis de las comunidades vegetales de Atlautla, Estado de México y su relación con las formas de propiedad y su uso de suelo.*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

OZIEL AYALA ANAYA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ



México D.F. junio 2015.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b>	7
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	8
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	11
2.1. Comunidades vegetales y tipos de vegetación	11
2.2. Cambio de uso de suelo	14
2.3. Formas de propiedad de la tierra	17
2.3.1. La propiedad pública	18
2.3.2. La propiedad privada	18
2.3.3. La propiedad social	19
<b>3. OBJETIVOS</b>	21
3.1. Objetivo general	21
3.2. Objetivos particulares	21
<b>4. HIPÓTESIS</b>	22
<b>5. MÉTODO</b>	23
5.1. Área de estudio	23
5.2. Cubiertas de uso del suelo y vegetación	25
5.3. Estado de conservación de las comunidades vegetales actuales	28
5.4. Cambio de cobertura y uso del suelo	30
5.5. Conservación y propiedad de la tierra	30
<b>6. RESULTADOS</b>	31
6.1. Cubiertas de uso del suelo	31
6.2. Comunidades vegetales	34

6.2.1. Vegetación forestal	34
6.2.1.1. Bosque de oyamel	35
6.2.1.2. Bosque de pino	37
6.2.1.3. Bosque de pino encino	39
6.2.1.4. Bosque de encino	41
6.2.1.5. Bosque de pino cedro	43
6.2.1.6. Bosque de encino cedro	45
6.2.1.7. Bosque de cedro	47
6.2.1.8. Pradera de alta montaña	49
6.2.1.9. Matorral	51
6.2.2. Pastizal	53
6.3. Estado de conservación	55
6.4. Cambio de uso del suelo	59
6.5. Conservación y propiedad	68
6.5.1. Propiedad ejidal	70
6.5.2. Bienes comunales	72
6.5.3 Propiedad privada	75
<b>7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>77</b>
7.1. Uso del suelo actual	77
7.2. Conservación de las comunidades vegetales	78
7.3. Conservación y propiedad	80
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vegetación y uso del suelo del año 2013.	33
Tabla 2. Comunidades vegetales y estados de conservación.	57
Tabla 3. Estado de conservación y rango altitudinal.	58
Tabla 4. Vegetación y uso del suelo del año 1955.	62
Tabla 5. Cobertura vegetal y uso del suelo en superficie y porcentaje entre 1955 y 2013.	63
Tabla 6. Pérdidas de vegetación año 2013.	64
Tabla 7. Ganancias de vegetación año 2013.	66
Tabla 8. Tasa de cambio 1955 a 2013.	67
Tabla 9. Conservación y tipo de propiedad.	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio: Atlautla Estado de México.	24
Figura 2. Mosaico de imágenes satelitales de Google Earth 2103.	26
Figura 3. Fotografía aérea de 1955.	27
Figura 4. Mapa de vegetación y uso el suelo año 2013.	32
Figura 5. Bosque de oyamel año 2013.	36
Figura 6. Bosque de pino año 2013.	38
Figura 7. Bosque de pino encino año 2013.	40
Figura 8. Bosque de encino año 2013.	42
Figura 9. Bosque de pino cedro año 2013.	44
Figura 10. Bosque de encino cedro año 2013.	46
Figura 11. Bosque de cedro año 2013.	48
Figura 12. Pradera de alta montaña año 2013.	50
Figura 13. Matorral año 2013.	52
Figura 14. Pastizal año 2013.	54
Figura 15. Estado de conservación de las comunidades vegetales.	56
Figura 16. Distribución altitudinal de las categorías de conservación de la vegetación.	59
Figura 17. Mapa de vegetación y uso el suelo año 1955.	61
Figura 18. Pérdidas y ganancias de vegetación año 2013.	65
Figura 19. Tipo de propiedad en el área de estudio.	69
Figura 20. Estado de conservación en el territorio de propiedad ejidal.	71
Figura 21. Estado de conservación en el territorio de propiedad comunal.	74
Figura 22. Estado de conservación en el territorio privado.	76

A mis padres Patricia y Gerardo que siempre han puesto su fé en mí y me han  
brindado su apoyo incondicional.

Los quiero mucho.

## AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis M. en C. Alberto Méndez Méndez por su paciencia, toda su ayuda, por compartir sus conocimientos y por haber confiado en mí para hacer la cartografía.

Al Dr. Arturo García Romero del Instituto de Geografía por permitirme participar en el proyecto y por encaminarme para aprender cosas nuevas.

A la M. en C. Beatriz Martínez, por compartir conmigo su experiencia y toda su valiosa ayuda durante mi estancia en la carrera.

A los profesores Biol. Elvia García Santos, Biol. Eduardo A. Ehnis Duhne, y M. en C. Faustino López Barrera, por brindarme su apoyo y sus puntuales correcciones en este trabajo.

Al programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica DEGAPA-PAPIIT (Clave IN301414), por su ayuda con la cual concluyó al terminar esta tesis.

A todos mis amigos y compañeros que conocí en la Facultad, a mis “comrades” de la colonia que, indirectamente me motivaron a seguir adelante pese a todas las adversidades.

A la “Espesa” por ser muy genial para con este mamífero.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló teniendo como objeto central de estudio las comunidades vegetales de Atlautla, Estado de México. Este municipio está asociado geográficamente a ecosistemas de montaña y bosques templados, mostrando una interesante ejemplaridad de gradientes ecológicos asociados al relieve dominado por el volcán Popocatepetl. El enfoque con el que se abordó el estudio, en el cual la comunidad vegetal fue interpretada, como el conjunto de asociaciones y tipos de vegetación presentes permitió, además de su descripción cartográfica, diseñar y aplicar un diagnóstico de su estado de conservación y analizar su relación con el patrón de uso del suelo y las formas de propiedad. Utilizando metodología basada en análisis de materiales remotos con el uso de sistemas de información geográfica (Arc Gis) se elaboró una cartografía actualizada de las cubiertas de uso del suelo, tipos de vegetación y formas de propiedad de la tierra en el área de estudio, con la cual se realizó el análisis del estado de conservación de la vegetación y su relación con los cambios históricos en el uso del suelo y con las condiciones particulares de la propiedad de la tierra. Los resultados indicaron 15 modalidades de uso del suelo, las cuales se agruparon en cuatro categorías con los siguientes porcentajes del área total: vegetación forestal (57.34%), vegetación secundaria (1.93%), áreas sin vegetación (9.81%), uso antrópico (29.82 %). En términos generales la vegetación forestal (asociaciones de coníferas) y los pastizales alpinos, presentan un buen estado de conservación. La representación cartográfica de distintas categorías de conservación muestra un patrón definido en sentido físico-geográfico por el relieve y la altitud y en sentido cultural por la presencia de asentamientos humanos y las actividades económicas asociadas a estos. Una comparación del estado actual con el estado en el año 1955 mostró cambios relativamente menores en las superficies, pero no en la diversidad de tipos de uso del suelo, y el alto estado de conservación de los bosques se relaciona directamente con el hecho de encontrarse en terrenos de propiedad social (principalmente bienes comunales) y de manera complementaria a que una fracción del territorio está contenida al interior de un área natural protegida, el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de riqueza biológica resulta cotidiano reconocer que México es un país privilegiado. Como señalan (Brown y Gibson, 1983) y (Arita, 1993), es el único país del mundo que contiene la totalidad de un límite continental entre dos regiones biogeográficas (la Neártica y la Neotropical) donde la convergencia de estas y su accidentada topografía producen una diversidad de paisajes, ecosistemas y culturas que se encuentra entre las más grandes del mundo (Flores y Gerez, 1989, 1994).

En ese sentido, se trata de un territorio megadiverso donde, además de los factores mencionados, se suman el hecho de presentar una gran variedad y complejidad de suelos y de climas además de estar rodeado de océanos. Tales condiciones le confieren al país una gran riqueza de recursos naturales, mismos que han constituido desde siempre la base del desarrollo nacional, proporcionando productos, insumos, servicios y espacios para los quehaceres de la economía y la generación de riqueza. Sin embargo, tal como ocurre actualmente (y desde hace ya muchos años) en todos los rincones del planeta, esta riqueza se encuentra fuertemente amenazada y en riesgo de perderse por factores derivados de la presencia y actividades humanas.

Si bien se ha discutido y argumentado que frente a las perturbaciones, naturales o de origen humano, los ecosistemas tienen la capacidad de adecuarse transformándose en otros menos complejos y menos diversos, tal como establece el esquema tradicional de la perturbación y sus consecuencias, en años recientes, la velocidad, la intensidad y la persistencia de la perturbación antropogénica se han incrementado alarmantemente (Sousa, 1984, 1985).

La forma más común de perturbación en suelo es la remoción de biomasa vegetal, que históricamente se inició en Medio Oriente, Europa y Norteamérica, en bosques templados (generalmente) y que posteriormente se extendió de manera intensiva al cinturón ecuatorial de selvas tropicales. Otra forma de perturbación comprende la

transformación de ecosistemas boscosos, pastizales, zonas lacustres, etc. en nuevos tipos de ecosistemas creados por el hombre: terrenos de cultivo o agroecosistemas y poblados y ciudades o ecosistemas urbanos. La construcción de carreteras, aeropuertos, parques industriales y la creación de lagos artificiales al represar ríos y la extracción de materias primas diversas, así como el desarrollo de vías férreas y otros han perturbado extensas regiones (Bolaños, 1990). Diversos estudios muestran que el hombre ha sido el principal causante de las transformaciones en los sistemas naturales. Se ha observado que grandes partes de la superficie terrestre son usadas para la agricultura, el manejo forestal, los asentamientos humanos y la infraestructura, lo que ha alterado el medio ambiente en términos de la biodiversidad del planeta, los ciclos biogeoquímicos, el ciclo hidrológico y el clima mundial (Vitousek, 1997).

Debido a los modelos económicos que dirigen el desarrollo humano, los recursos naturales y los beneficios derivados de su uso no son en su mayoría sustentables, lo que trae como consecuencia una serie de problemas de diverso orden, desde los estrictamente sociales hasta los que tienen que ver con el tema ecológico. En ese sentido se tiene la responsabilidad de cuidar nuestros recursos naturales, ya que sobran ejemplos donde la transformación del paisaje, como consecuencia de las actividades humanas, es un proceso que no solo tiene impactos locales y regionales, sino que es uno de los factores más importantes del cambio ambiental global (Turner *et al.* 1995, Mather *et al.* 1999).

Los bosques templados constituyen grandes reservorios de la diversidad biológica de México (Mittermeier y Mittermeier, 1992) y los que rodean a la cuenca de México son de especial interés debido a que representan los últimos suministradores de servicios ambientales de la región y se encuentran sometidos a una serie de presiones de distinta magnitud y origen, que ponen en riesgo su conservación. Dentro de las causas principales de perturbación, se tiene al crecimiento urbano, los incendios forestales, la tala clandestina y en general los cambios de uso del suelo con fines agrícolas, pecuarios u otros fines económicos en detrimento de la vegetación natural. Es este

último factor (uso del suelo) uno de los ejes principales de la investigación desarrollada.

Bajo este panorama el presente estudio parte de la necesidad de actualizar el conocimiento que se tiene sobre el estado de conservación las comunidades vegetales en la región, y aborda tal necesidad mediante un análisis básicamente cartográfico, que utiliza materiales remotos y sistemas de información geográfica como materiales y herramientas de trabajo. Se ha tomado como caso de estudio el territorio municipal de Atlautla, en el estado de México; localizado en la zona de influencia del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y es un ejemplo representativo de las comunidades asociadas a ecosistemas de montaña. Atlautla tiene además otra particularidad que los hace un interesante caso de estudio, y se refiere al hecho de que la mayor parte de su territorio se encuentra bajo régimen de propiedad social en sus dos modalidades, Ejido y Bienes comunales, por lo que otro de los objetivos es interpretar la posible relación entre el estado de conservación de la comunidad vegetal con el uso y manejo de los recurso naturales, determinados por la forma de propiedad.

Siguiendo el enfoque utilizado por Aragón-Piña *et al.* (2010), para los fines y objetivos de este estudio, las comunidades vegetales fueron interpretadas como el conjunto de asociaciones y tipos de vegetación presentes. Con estas precisiones, el estudio tiene dentro de sus objetivos actualizar el listado y la cartografía de tipos de vegetación y usos del suelo del polígono municipal, así como de la distribución de formas de propiedad y, posteriormente procesar estos mapas con SIG Arc Gis (versión 10.1) para obtener información sobre las relaciones que motivan el estudio como preguntas de investigación.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Comunidades vegetales y tipos de vegetación

La comunidad vegetal puede definirse como la colección de especies vegetales que crecen en una localidad determinada y que muestran una asociación o afinidad definida una con otra. Las comunidades vegetales y su ambiente forman un sistema funcional que define un ecosistema (Whittaker, 1972), donde la comunidad es un nivel de organización derivado de los ecosistemas, que consiste en un conjunto de organismos vivos de diversas especies que comparten un mismo ambiente con una cierta particularidad distintiva (Ondarza, 1993). Por lo anterior se comprende que una comunidad comparte un hábitat común, lo cual implica la existencia de límites espaciales que están dados por las características ambientales, la dinámica interna de la misma comunidad y los límites de dispersión de las especies (Begon, Harper, y Townsend, 2006; Verhoef y Morin, 2010).

Las comunidades vegetales, forman un ensamble de organismos y poblaciones que comparten características cualitativas y cuantitativas (Krebs, 1998); en función de tales características, estas comunidades conforman la vegetación, definida esta como el conjunto de plantas que habitan en una región. El estado actual del conocimiento acerca de la vegetación de México no permite aún apreciaciones comparativas de gran detalle, salvo en muy contados estudios locales en los que se ha buscado la definición de asociaciones. En general el enfoque de las investigaciones realizadas se ha mantenido en las últimas décadas a nivel de tipos de vegetación que equivalen aproximadamente a las formaciones vegetales (Rzedowski, 2006).

La gran mayoría de los autores que han escrito sobre el particular, coinciden en utilizar el tipo de vegetación como unidad básica de trabajo, en la literatura existen infortunadamente grandes discrepancias en cuanto a la circunscripción particular de muchos de ellos y en cuanto a la nomenclatura empleada. Existen sin embargo trabajo

de síntesis que han contribuido bastante a sistematizar el conocimiento de los tipos de vegetación, destacándose las obras de Leopold (1950), Miranda y Hernández X. (1963), Rojas-Mendoza (1965), Rzedowski (1966), Flores *et al.* (1971). Finalmente Rzedowski (2006) propone un sistema de nueve tipos generales de vegetación para la República mexicana, siendo estos:

Bosque tropical perennifolio

Bosque tropical subcaducifolio

Bosque tropical caducifolio

Bosque espinoso

Matorral xerófilo

Bosque de coníferas y de *Quercus*

Bosque mesófilo de montaña

Vegetación acuática y subacuática.

En realidad ninguna clasificación abarca con suficiencia las distintas variantes de éstos tipos generales, y estas tienden a ser adecuadas por los autores en función de sus necesidades descriptivas muy particulares de cada investigación.

Un recurso recurrente y útil en estudios de la vegetación es el trabajo de clasificación y descripción del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Una de sus versiones más recientes es la denominada Serie III (INEGI, 2009), donde define a la vegetación como las diferentes agrupaciones vegetales que se presentan en nuestro país y la clasifica en 56 tipos diferentes, los cuales, en términos de su desarrollo, es decir, de sus distintos estados sucesionales es definida como vegetación madura (aquella en la que la vegetación no presenta alteración) y vegetación secundaria

(estado sucesional de la vegetación en el que hay indicios de que ha sido eliminada o perturbada a un grado que ha sido modificada sustancialmente). En su sistema de clasificación el INEGI toma en cuenta un aspecto que se denomina Desarrollo de la Vegetación, la cual agrupa a la vegetación por su grado de perturbación, ya sea por causas naturales o antropogénicas, así pues, se habla de vegetación primaria, esto es, no perturbada o secundaria, que es aquella que debido a o perturbaciones ha sido modificada y ha comenzado a presentar el proceso de sucesión.

El estudio de la vegetación tiene múltiples vertientes, cuyos enfoques, objetivos y necesidades determinan su contexto metodológico. Una de las líneas de investigación más frecuentemente abordadas es la que tiene que ver con el efecto de los disturbios (Wiens, 1976, Sousa, 1984, Vega y Peters, 2003), ya sean naturales o antrópicos, lo cual determina su estado de conservación.

Como una alternativa a los métodos basados en uso de conocimientos fitosociológicos (Loidi, 1994, 2008; Penas, *et al.*, 2005), el estado de conservación de la cubierta vegetal puede ser evaluado en función del establecimiento de diversos índices o indicadores, ya que en la actualidad, es cada vez más reducido el uso de conocimientos fitosociológicos como herramienta para la gestión y control de la calidad del medio natural (Márquez, *et al.* 2009). Cualquier elemento que aporte mensajes simples y claros sobre lo que ocurre en el medio, puede ser utilizado como indicador, sin embargo para diseñar indicadores específicos para evaluar el estado de conservación de cubiertas vegetales, se debe tener en cuenta que la relación entre la biodiversidad y los usos del suelo es muy compleja, aun cuando existe una clara alteración en sus patrones de distribución por la acción humana.

En este orden de ideas, se han diseñado diversas aproximaciones metodológicas basadas en el uso de índices o indicadores para evaluar el grado de conservación de la vegetación; entre estas se pueden mencionar el Índice de Distancia Potencial (PDI) descrito por Penas *et al.* 2005), cuyo objetivo es cuantificar la distancia existente entre

la vegetación actual (asociación vegetal/hábitat) y la vegetación potencial (clímax de la serie de vegetación) de un determinado lugar. Así, requiere del conocimiento de la fitosociología de la zona de estudio y las etapas seriales de las series de vegetación (sinfitosociología) existentes en esa área (Márquez, *et al.* 2009).

Con más ventajas aplicativas se tiene el Índice de Hábitat utilizado por (Hannah *et al.*, 1994) para evaluar el estado de los ecosistemas en el mundo y su versión modificada conocida como Índice de Vegetación Remanente IVR, desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, el cual expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje del total de la misma.

## 2.2. Cambio de uso de suelo

El uso de suelo es un proceso de producción de bienes materiales; mediante el cual el hombre transforma la naturaleza para obtener productos que le son necesarios: alimento, vestido, material para la construcción, instrumentos de trabajo y todos aquellos objetos que le permitan asegurar su supervivencia, y en consecuencia la existencia y desarrollo de la sociedad (INEGI, 2005).

El uso potencial del suelo es referido a la producción agropecuaria y forestal, se considera como un indicador que engloba, las condiciones ambientales que caracterizan al terreno y, el tipo de utilización agrícola, pecuario y forestal, que puede dársele, así como el grado en que los requerimientos técnicos y biológicos de cada tipo de utilización puedan satisfacerse mediante el conjunto de condiciones ambientales del terreno.

La dinámica de cambios entre diferentes usos puede ser visualizada como un flujo de terrenos que pasan de una forma a otra de manejo (PAOT *sf.*). En los sitios menos modificados, el uso del suelo está determinado precisamente por la vegetación natural



de los mismos: bosques, selvas y matorrales, que constituyen la categoría “primaria”. En las regiones donde una porción de la comunidad biológica ha sido explotada parcialmente o bien se está recuperando después de su remoción, la vegetación es calificada como “perturbada” o “secundaria”.

Se conoce como “cobertura antrópica” a aquellos lugares donde la vegetación ya es totalmente diferente de la original al ser modificada por el hombre; dentro de esta categoría se incluyen diferentes tipos de cubierta: agrícola, ganadera o urbana. Entre los procesos que determinan el cambio en el uso del suelo están, la deforestación, que es el cambio de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos. La alteración, implica una modificación inducida por el hombre en la vegetación natural, pero no un reemplazo total de la misma, como en el caso de la deforestación.

Un proceso derivado de la deforestación es la fragmentación, consistente en la transformación del paisaje dejando pequeños fragmentos de vegetación original rodeados de superficie alterada. Los fragmentos son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio. La superficie de los fragmentos muestra una clara correlación con la diversidad de especies que puede albergar. Un incremento de la extensión de los fragmentos facilita el mantenimiento de poblaciones mayores y más diversas. La forma de los fragmentos tiene una importancia primordial e incluso a veces se considera más relevante que la dimensión. Está condicionada por la actividad humana y las condiciones naturales (topografía, litología, etc.). El dominio de las condiciones naturales favorece las formas curvilíneas e irregulares y, en contraposición, el dominio de la actividad humana supone mayor presencia de formas rectilíneas. En general, una actividad humana moderada favorece la diversificación de las formas; en cambio, una actividad intensa supone una simplificación de la variabilidad. (Vila *et al.* 2006).

En las últimas décadas las actividades humanas se han convertido en el principal desencadenador de la transformación de los ecosistemas, modificándolos o destruyéndolos con el desarrollo de actividades económicas (Bassols, 1993). El cambio de cobertura vegetal y de uso del suelo es, en mayor medida, consecuencia de las interacciones entre las actividades humanas con el medio natural. La evaluación oportuna y precisa de los patrones de ese cambio permite conocer el impacto de las actividades económicas y de desarrollo sobre el territorio y sus recursos. Además la delimitación y cuantificación de los cambios contribuye a la caracterización del territorio y a la ubicación de áreas de atención prioritarias, así como al establecimiento de políticas correctivas y a la formulación de planes de acción para el mejor manejo de los recursos (Berlanga *et al.* 2010).

Los cambios de la cobertura de la tierra y el uso del suelo han tenido un papel importante en el ciclo del CO<sub>2</sub>, del agua, en el aumento de los contaminantes, en la degradación del suelo y en la disminución de la biodiversidad, de tal manera que el uso del suelo presenta un dilema, es esencial para la humanidad pero deteriora los ecosistemas de los cuales depende para su supervivencia, asimismo, presenta un reto, desarrollar esquemas de manejo sustentable (Foley *et al.* 2005).

El acceso a materiales de percepción remota en combinación con los sistemas de información geográfica (SIG) han permitido que los métodos para caracterizar y analizar los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo sean cada vez más diversos y con diferentes grados de efectividad (Beeby, 1995; Treitz y Rogan, 2004).

Entre otras capacidades, los SIG son útiles para delinear la estructura y los patrones espaciales de la vegetación, facilitando además la delimitación de unidades de estudio en escalas regionales (Edwards *et al.* 2003 Cit. en Vega y Márquez-Huitzil 2003). Otra gran ventaja de los SIG es que pueden usarse de modo complementario con otro tipo de modelos, por lo que el cambio de uso de suelo se analiza considerando varios

enfoques simultáneamente, enriqueciéndose así la comprensión del sistema estudiado (Vega y Márquez-Huitzil 2003).

### 2.3. Formas de propiedad de la tierra

En México la tenencia de la tierra es un registro que controla el Poder Ejecutivo de cada Estado de la Federación. Los derechos provienen del acto jurídico declarado, no de la inscripción cuya finalidad es dar publicidad y no constituir el derecho (CONAFOVI, 2004).

El Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 en materia de propiedad de tierras y aguas (con sus sucesivas modificaciones, de las que sobresale la hecha en 1992), reconoce tres tipos de propiedad: pública, privada y social.

La primera está sujeta a las disposiciones y usos que dicta el Estado; la segunda se transmite por derecho de la Nación a los particulares (lo que permite que los particulares la transmitan a su vez a otros particulares); y la tercera es el resultado de una evolución muy particular del país, cuyo origen se genera ya sea en las formas de tenencia y uso de la tierra desde la época prehispánica o bien como producto de las políticas derivadas de la revolución de 1910, y que ha derivado respectivamente en la propiedad comunal y ejidal.

### 2.3.1. La propiedad pública

El carácter público de la tenencia de la tierra no hace referencia a la posibilidad de que todos los habitantes de México puedan disponer de manera libre sobre estos bienes. Hace referencia a la facultad que tiene el Poder Ejecutivo para disponer del fin que se le ha de dar para el beneficio de la sociedad.

La federación obtiene este tipo de propiedad de dos maneras: Por compra directa con los recursos federales, o a través de la expropiación bajo argumento de utilidad pública y mediante indemnización. En el caso de la expropiación es requerido un decreto presidencial que nunca es arbitrario, sino que está sujeto a lo que el país a través de sus representantes considera o no como ineludible para el beneficio de la sociedad. La expropiación está respaldada por leyes que controlan la propiedad y el uso de la tierra, generadas por la federación y los estados a través de sus dependencias de gobierno.

### 2.3.2. La propiedad privada

La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, quien tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada (artículo 27 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos).

Esta modalidad constituye una de las tres formas de propiedad de la tierra que existen en México. A través de la facultad otorgada por el poder ejecutivo, los particulares tienen la facultad de seleccionar, bajo ciertos lineamientos generales, el tipo de uso que le quieren dar.

### 2.3.3 La propiedad social

El tercero de los tipos de propiedad que reconoce la Constitución Mexicana en su artículo 27 es el de propiedad social. En éste se circunscribe el ejido y la comunidad los cuales son parte nodal de la historia mexicana y constituyen también una parte ineludible en la gestión del patrimonio natural y cultural del territorio (INHA, 2001). De ahí la importancia de entender no sólo el concepto de propiedad social, sino de comprender quién es y cómo vive la gente relacionada a los ejidos y comunidades.

El 53% de la superficie del territorio mexicano es social (INEGI, 2004a); a partir del año 1992 se define legalmente al ejido como “Un núcleo de población conformado por las tierras ejidales y por los hombres y las mujeres titulares de derechos ejidales” (INEGI, 2004). Su funcionamiento se dirige a través de tres autoridades: la Asamblea general, el presidente Ejidal o de Bienes Comunales y el Consejo de Vigilancia.

En cuanto a su estructura territorial, el núcleo agrario está compuesto por uno o varios polígonos ejidales o comunales. Se define como polígono ejidal o comunal los linderos y superficies correspondientes a cada acción agraria o conjunto de acciones agrarias mediante las cuales se dotaron tierras a un núcleo agrario.

La tierra en estos casos aprovechase de tres formas: a) asentamiento humano, b) uso común, c) tierras parceladas; las primeras integran el área necesaria para el desarrollo de la vida comunitaria del ejido que está compuesta por los terrenos en que se ubique la zona de urbanización y su fundo legal; las parceladas son los terrenos del núcleo agrario que han sido fraccionados y repartidos entre sus miembros y que se pueden explotar en forma individual, en grupo o colectivamente. Corresponde a los ejidatarios y comuneros el derecho de aprovechamiento, uso y usufructo de ellos; finalmente, las tierras de uso común constituyen el sustento económico de la vida en comunidad del ejido y están conformadas por aquellas tierras que no hubieren sido reservadas por la

Asamblea para el asentamiento del núcleo de población, ni sean parceladas (INEGI, 2004).

Históricamente ha existido una seria problemática en torno a las tierras de propiedad social, ya sea por la urbanización y el desarrollo de asentamientos irregulares o por la falta de definición clara de límites territoriales. Ante esta situación, dentro del marco legal agrario vigente en el país (reformas de 1992 al artículo 27 constitucional y la expedición de la nueva Ley Agraria) se implementó el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE), puesto en marcha en 1993 con el objetivo de expedir y entregar a sus beneficiarios los certificados y títulos correspondientes. En principio su aplicación ha generado mecanismos para regular las tierras de propiedad social al delimitar la superficie de los núcleos agrarios, ya que muchos de los certificados ejidales entregados a los ejidatarios hasta antes de la aplicación de este programa no delimitaban claramente las superficies de los núcleos agrarios respecto a otros, o entre los ejidatarios de un mismo núcleo. En muchas ocasiones éstos no estaban actualizados después de las dotaciones, ampliaciones, expropiaciones y segregaciones de los núcleos agrarios del país, así como de sus divisiones y de sus superficies segregadas por otros medios. En otros casos los ejidatarios ni siquiera contaban con estos documentos (Maya, 2004).

El INEGI ha realizado los trabajos técnicos operativos conducentes a la identificación, ubicación geográfica y medición de los linderos y superficies de las tierras de los núcleos agrarios, así como de la generación de los productos cartográficos que amparan los resultados de las mediciones. Los gobiernos de los estados y municipios han participado en las tareas de coordinación y promoción del programa, al igual que otras dependencias que han coadyuvado a su ejecución, como la SEDESOL y la CORETT; esta última se ha encargado de identificar las superficies segregadas del núcleo agrario para que no sean certificadas.

### **3. OBJETIVOS.**

#### 3.1. Objetivo general

Desarrollar un diagnóstico del estado de conservación de las comunidades vegetales del territorio municipal de Atlautla, Estado de México y analizar su relación con las formas de propiedad.

#### 3.2. Objetivos particulares

1. Actualizar la información cartográfica sobre las cubiertas de uso del suelo, tipos de vegetación y formas de propiedad de la tierra en el área de estudio.
2. Describir las condiciones actuales de conservación/deterioro de las comunidades vegetales.
3. Indicar los cambios ocurridos en la cubierta vegetal con base en un periodo histórico de referencia 1955-2013.
4. Investigar la relación las condiciones actuales de conservación de la cubierta vegetal con las formas de propiedad de la tierra.

#### **4. HIPÓTESIS**

1. Dadas las tendencias documentadas de cambio de uso de suelo en la región (Programa de Manejo PNIP), se espera observar principalmente la pérdida de áreas forestales, en favor de actividades agrícolas y asentamientos humanos.
2. El cambio esperado en el uso de suelo y estado de la vegetación son influenciados por la forma de propiedad de la tierra.



## 5. MÉTODO

### 5.1. Área de estudio

El municipio de Atlautla se localiza en la porción sureste del Estado de México, colinda al Norte con el Municipio de Amecameca, al sur con los Municipios de Ecatzingo y Atlatlahucan, este último del Estado de Morelos, al este con el Municipio de Tochimilco, Estado de Puebla y al oeste con los municipios de Ozumba y Tepetlixpa, sus coordenadas geográficas extremas son: máximas 518935.20 Latitud norte y 2110395.96 Longitud oeste; mínimas: 539747.07 Latitud norte y 2093862.27 Longitud oeste (Figura 1), tiene una superficie de 16,757 ha y una población total de 27,663 habitantes (INEGI, 2010). Para efectos de su organización política y administrativa, el Municipio se integra por las siguientes localidades: la cabecera municipal que es Atlautla comprende los barrios: Natividad, San Pedro, Santo Domingo, San Jacinto, San Lorenzo, San Francisco, San Martín, San Bartolomé y Santiago; tres pueblos que son: San Juan Tehuixtílán, San Juan Tepecoculco y San Andrés Tlalamac; y tres colonias: Popo Park, Guadalupe Hidalgo y las Delicias (H. Ayuntamiento Constitucional de Atlautla: Plan Municipal de Desarrollo Municipal Atlautla 2009 - 2012).

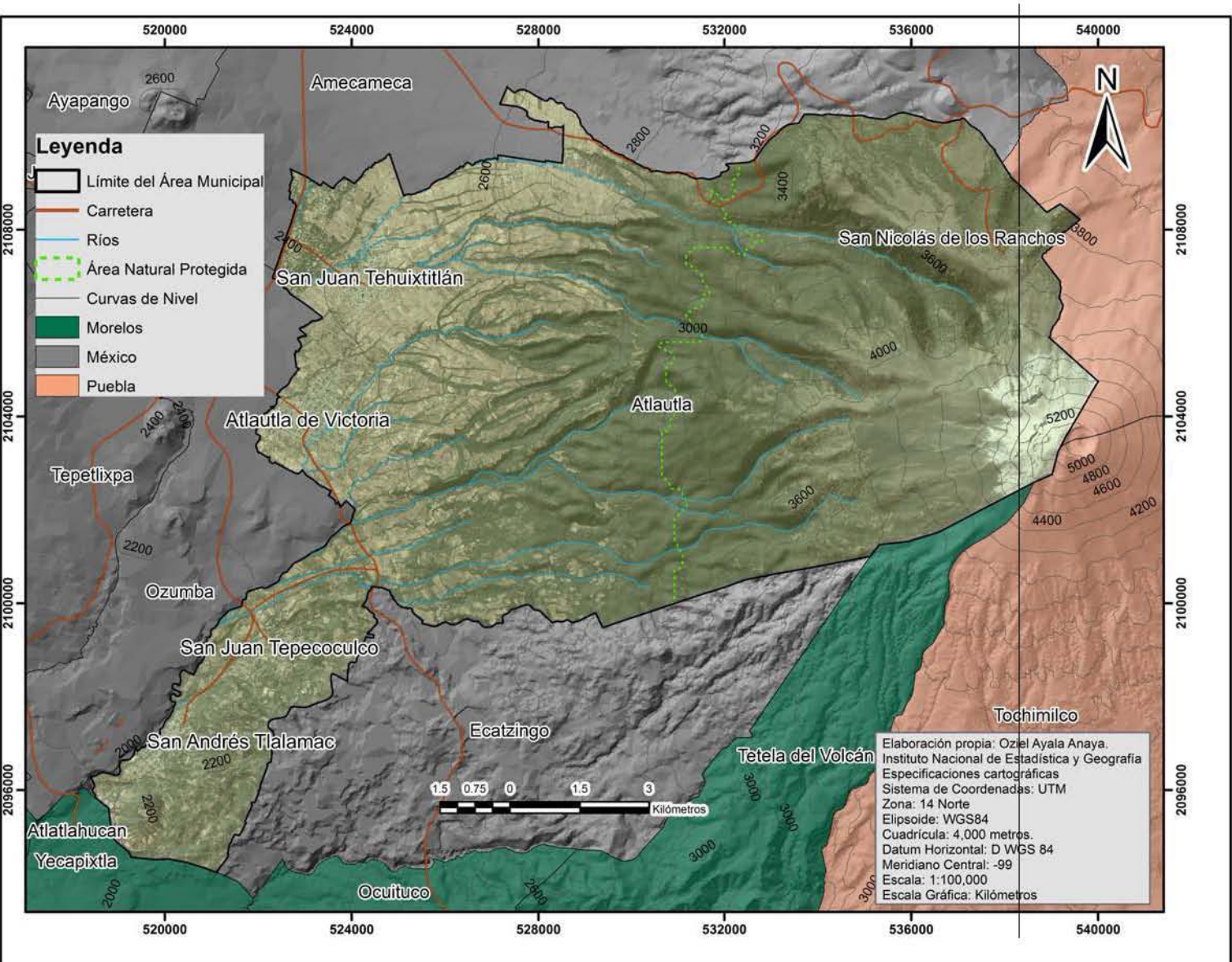


Figura 1. Localización del área de estudio: Atlautla Estado de México. Escala visual 1:100,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

El municipio se localiza en su totalidad dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico, Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. Su sistema de topoformas incluye sierra volcánica con estratovolcanes o estratovolcanes aislados (73.53%), llanura aluvial con lomerío (14.35%) y lomerío de basalto con cráteres (12.12%). Presenta cuatro tipos de clima: templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (54.03% de la superficie municipal), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (36.46%), frío de altura con marcado invierno (5.65%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (3.86%). El rango de temperatura es 2 – 20 °C y el rango de precipitación 800 – 1300 mm. En cuanto a su conformación geológica, el 53.71 % de la superficie es de origen Cuaternario y el 40.71% corresponde al período Neógeno, con presencia de rocas ígneas extrusivas: toba básica (34.19%), andesita (16.93%), basalto-toba básica (9.8%), basalto (6.2%), brecha volcánica básica (0.82%) y toba básica-brecha volcánica básica (0.09%); sedimentarias: brecha sedimentaria (23.77%) y suelo aluvial (2.62%). Los suelos son del tipo Andosol (42.22%), Regosol (24.29%), Arenosol (21.15%), Leptosol (4.84%), Fluvisol (1.24%) y Umbrisol (0.68%). La superficie municipal forma parte de dos grandes regiones hidrológicas: Balsas (94.98%) y Pánuco (5.02%), donde confluyen las cuencas Río Grande de Amacuzac (90.68%), Río Moctezuma (5.03%) y Río Atoyac (4.29%) y las subcuencas Río Cuautla (59.92%), Río Yautepec (30.77%), Lagos Texcoco y Zumpango (5.03%) y Río Nexapa (4.28%) (INEGI, 2009).

## 5.2 Cubiertas de uso del suelo y vegetación

Se elaboró el mapa actualizado de vegetación y uso del suelo a partir de la interpretación de la imagen satelital del año 2013 en línea de Google Earth Pro versión 7. Estas imágenes (Figura 2) contienen metadatos de origen y fue necesaria su reproyección la cual se hizo con el software Global Mapper 15, para su digitalización posterior con el software ArcGis 10. Para cartografiar las cubiertas del suelo se hizo la interpretación por medio de un enfoque “visual”, que se basa en técnicas directas, asociativas y deductivas para interpretar los “rasgos” (textura, tamaño, sombra, nitidez,

densidad, patrón, ubicación y elementos asociados) o características observables de un material o condición que permiten diferenciarlo de otros, y se identificaron los distintos elementos físicos de origen natural o cultural que cubren la superficie del terreno (Enciso, 1990; Mas y Ramírez, 1996; Slaymaker, 2003).

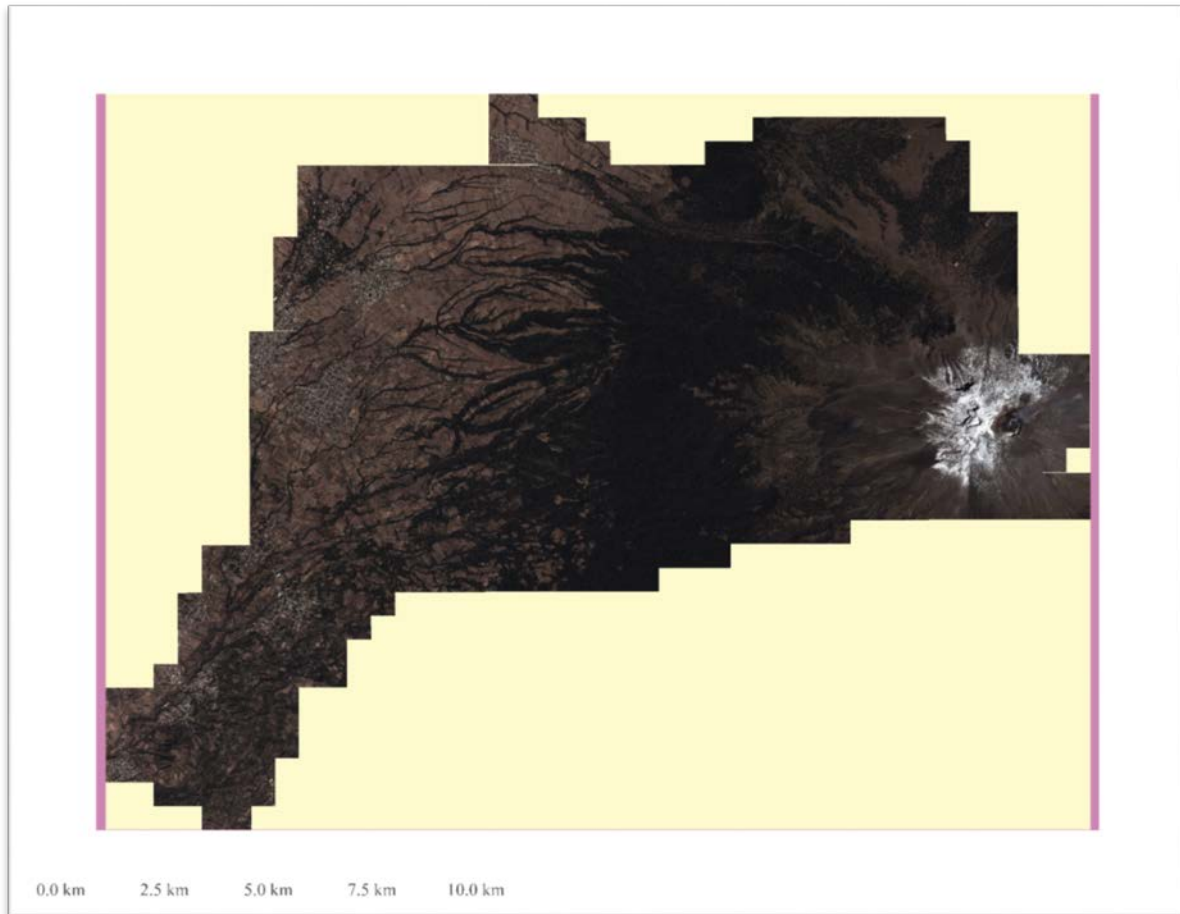
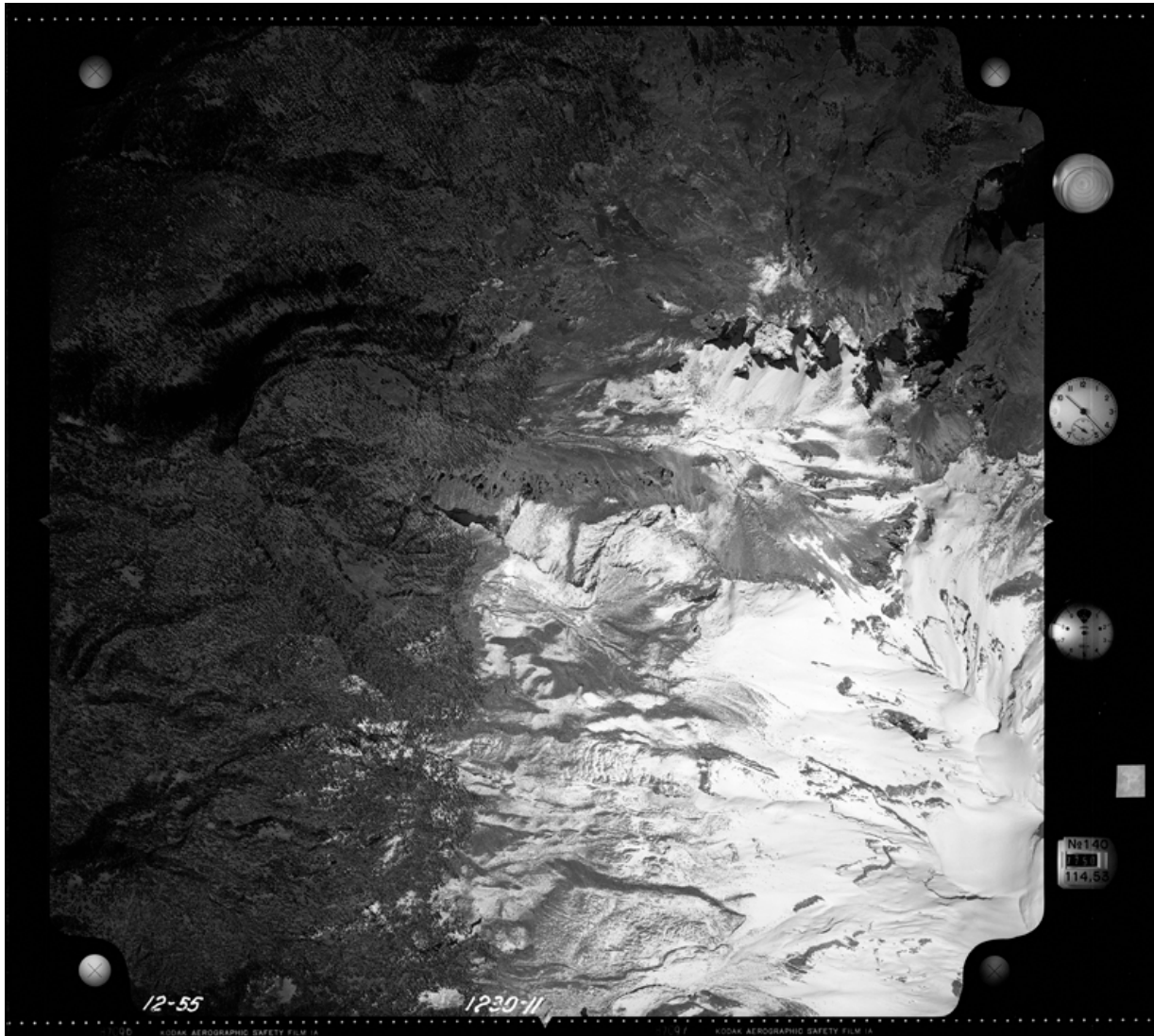


Figura 2. Mosaico en Global Mapper de imágenes satelitales de Google Earth 2013.

Para elaborar el mapa del año 1955 se utilizaron fotografías aéreas de ese año (Figura 3) a escala 1:50,000, altitud de vuelo 26,000 pies, obra 1230, negativos: 28, 29, 30, 69, 70, 71, 101, 102, 103, 104. Las cuales fueron georreferenciadas asignándoles sistema de coordenadas, datum, y proyección para elaborar un mosaico del área que fuera espacialmente equivalente a la imagen del 2013 y permitir su digitalización y

posteriormente su sobreposición cartográfica. Para poder elaborar el mosaico se utilizó el software Global Mapper 15 y su digitalización se llevó a cabo en el software ArcGis 10.



*Figura 3. Fotografía aérea de 1955.*

La tipología de las coberturas de suelo se estableció inicialmente a partir de los criterios del (INEGI,2009) para, posteriormente llegar a un nivel particular del área de estudio con base en la consideración de tres aspectos: el origen de la clase (natural o cultural), el nivel de desarrollo fisonómico de la vegetación, y el tipo y permanencia de disturbios

asociados al uso del suelo. Para contrastar y, en los casos necesarios corregir el mapa, se efectuó la correspondiente verificación en campo.

### 5.3 Estado de conservación de las comunidades vegetales actuales

La interpretación de los materiales remotos que dieron origen al mapa de cubiertas de uso del suelo y vegetación de los tiempos considerados (1955 y 2013), también permitió determinar el estado de conservación de la vegetación. Los criterios para establecer el nivel de conservación fueron los siguientes:

a) Presencia-ausencia de vegetación natural madura.

Se consideró a las áreas con vegetación natural madura con el valor más alto de conservación y en orden descendente los tipos de vegetación secundaria y la vegetación antrópica. No se consideraron los asentamientos humanos ni las áreas con vegetación ausente. La naturalidad se refiere a la calidad de la vegetación interpretada cartográficamente (Åsa *et al.* 2008).

b) Tamaño y homogeneidad de los fragmentos (polígonos).

Estos factores son indicativos del estado de conservación de las cubiertas vegetales ya que áreas grandes con vegetación natural generalmente se consideran en mejor estado (Hannah *et al.* (1994), las áreas grandes generalmente presentan mayor homogeneidad. La información sobre las áreas se obtuvo directamente del SIG y los 7 índices utilizados se refieren a superficie y variabilidad (Vila *et al.* 2006) los cuales permitieron disponer de una primera aproximación general a las características morfológicas, dimensión y número de los fragmentos que conforman el área de estudio, interpretándose como:

Área: Calcula el área correspondiente a cada uno de los fragmentos.

Clase Área: Calcula el área correspondiente al conjunto de fragmentos que constituyen una clase determinada.

Área Total: Calcula el área que ocupa el conjunto total de fragmentos, es decir, el área correspondiente a todo el territorio representado.

Número de polígonos: Número de fragmentos totales y número de fragmentos de cada clase.

c) Conectividad de la vegetación.

Cuando existe fragmentación la interconexión entre los distintos fragmentos de un tipo de vegetación, la conectividad es un factor que reduce el denominado efecto distancia, que determina la presencia de un menor número de especies en los fragmentos más aislados (Wilson, 1992) y por tanto favorece la presencia de corredores en el hábitat (Taylor *et al.* 1993; Hilty *et al.* 2006). En la cartografía que se elaboró se localizaron las interconexiones entre polígonos de un mismo tipo de vegetación y combinando los criterios de tamaño de los fragmentos interconectados y la naturalidad de la vegetación se determinó el estado de conservación, interpretándose como mejor conservados aquellos que están interconectados.

En ambiente SIG, siguiendo los criterios de los párrafos anteriores, se representó el estado de conservación de la vegetación clasificándose en una escala diseñada con las siguientes categorías: bien conservado (BC), conservado (C), perturbado (P), muy perturbado (MP). Para complementar la interpretación y resolver las dudas al respecto se realizaron recorridos de verificación en los distintos tipos de vegetación de la zona de estudio.

#### 5.4. Cambio de cobertura y uso del suelo

Se realizó un análisis comparativo de las cubiertas de uso del suelo y vegetación en los dos momentos históricos considerados (1955 y 2013) los cuales están separados por un período de 58 años. Con ayuda del SIG se realizó la sobreposición cartográfica de los dos años identificándose los cambios de uno a otro tiempo. La comparación se realizó aplicando el procedimiento interpretativo con el que se generaron ambos mapas. Los cambios observados fueron cartografiados para obtener su localización y superficies.

Con los datos obtenidos a partir de la sobreposición se calculó la tasa de cambio de uso de suelo aplicando la ecuación utilizada en el trabajo de Nascimento (1991).

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

Dónde: “t” es la tasa de cambio, “S1” la superficie en la fecha 1, “S2” la superficie en la fecha 2 y “n” el número de años del periodo estudiado (fecha 1 – fecha 2).

#### 5.5. Conservación y propiedad de la tierra

Para elaborar el mapa de formas de propiedad, se realizó la consulta en el Archivo General Agrario (AGA) del Registro Agrario Nacional (RAN) de los registros públicos de los núcleos agrarios incorporados al Programa de Certificación de predios (PROCEDE). Los mapas obtenidos fueron digitalizados y procesados con el SIG para



generar el mapa de formas de propiedad de la tierra del polígono municipal. La información se complementó con la cartografía de Plan de Desarrollo Municipal Atlautla 2009 - 2012 y fuentes electrónicas disponibles.

Con el SIG el mapa de formas de propiedad fue sobrepuesto con el mapa de conservación de las comunidades vegetales actuales para obtener la relación espacial “conservación-propiedad”.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Cubiertas de uso del suelo**

Se identificaron 15 tipos de cubiertas de las cuales doce correspondieron a comunidades forestales, pastizales y matorral con distinto estado de madurez y conservación. Destaca también la presencia de una extensión importante de pradera alpina. Las restantes fueron tres de uso antrópico (asentamientos humanos, cultivos y equipamiento) y dos más caracterizadas por ausencia de vegetación o actividad antrópica (arenas volcánicas y suelo o sustrato rocoso desnudo). Con fines de interpretación y síntesis de información, las 15 categorías fueron clasificadas en cuatro grupos principales (vegetación forestal, vegetación secundaria, sin vegetación y uso antrópico). En la (Figura 4) se presenta el mapa de cubiertas vegetales y uso del suelo en el área de estudio. La relación de superficies y porcentajes de cada cubierta así como el número de polígonos cartografiados se indican en la (Tabla 1).

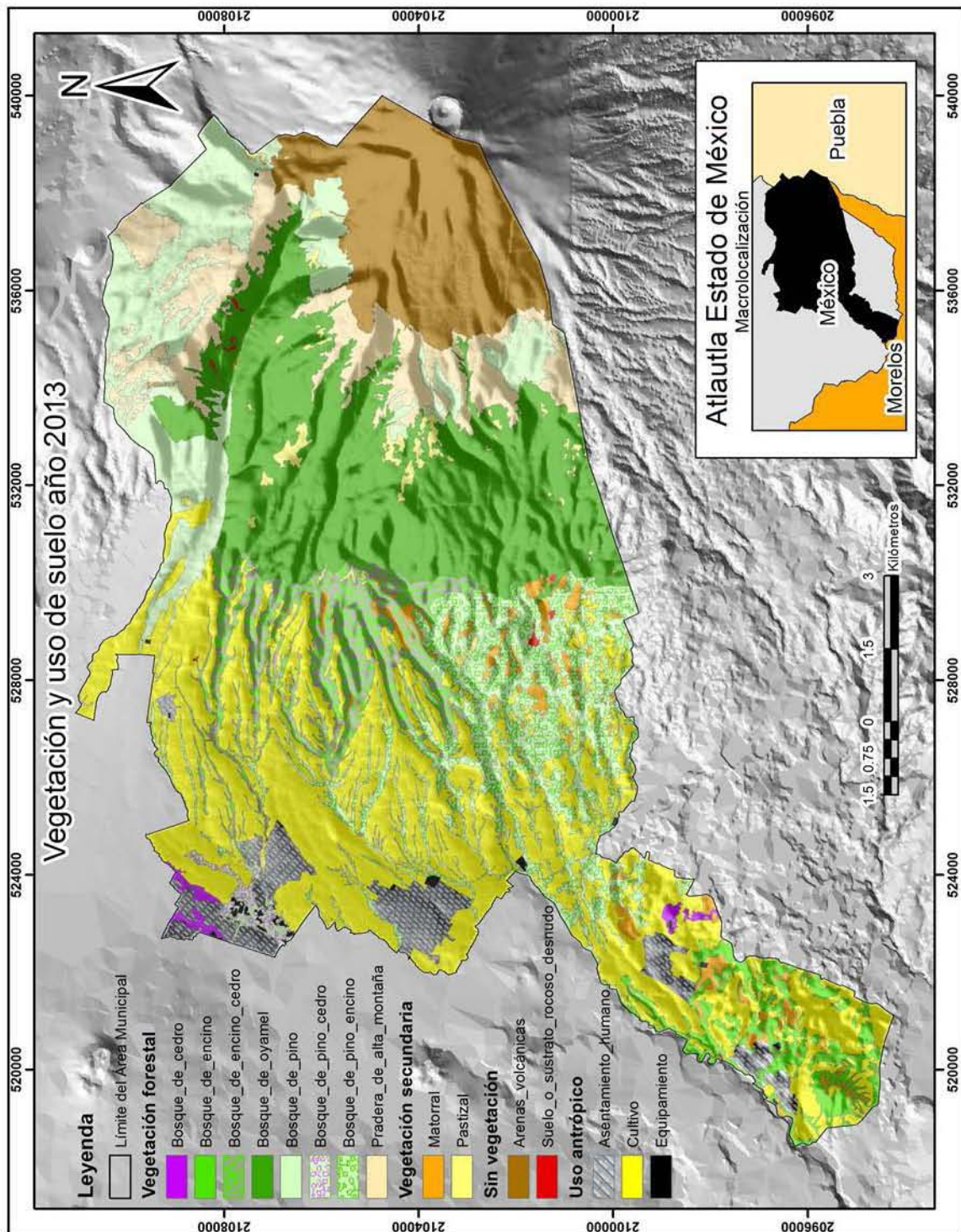


Figura 4. Mapa de vegetación y uso del suelo año 2013. Escala visual 1:100,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

Tabla 1. Vegetación y uso del suelo año 2013.

<i>Grupo/Cubierta</i>	<i>No. de polígonos</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>%</i>
<b>VEGETACIÓN FORESTAL</b>			
<i>Bosque de oyamel</i>	4	3418.63	20.40
<i>Bosque de pino</i>	25	1590.96	9.49
<i>Bosque de pino encino</i>	48	1762.3	10.51
<i>Bosque de encino</i>	18	456.84	2.72
<i>Bosque de pino cedro</i>	9	94.95	0.56
<i>Bosque de encino cedro</i>	8	1051.02	6.27
<i>Bosque de cedro</i>	6	66.27	0.39
<i>Pradera de alta montaña</i>	19	1176.88	7.02
<b>VEGETACIÓN SECUNDARIA</b>			
<i>Matorral</i>	160	329.92	1.96
<i>Pastizal</i>	56	163.81	0.97
<b>SIN VEGETACIÓN</b>			
<i>Arenas volcánicas</i>	1	1626.48	9.70
<i>Suelo o sustrato rocoso desnudo</i>	10	18.85	0.11
<b>USO ANTRÓPICO</b>			
<i>Cultivo</i>	167	4376.89	26.11
<i>Asentamiento humano</i>	11	586.04	3.49
<i>Equipamiento</i>	22	37.69	0.22
<b>TOTAL</b>	<b>564</b>	<b>16757</b>	<b>100</b>

## 6.2. Comunidades vegetales

Siguiendo el orden establecido en la (Tabla 1), a continuación se indican las características de las cubiertas vegetales del área de estudio.

### 6.2.1. Vegetación forestal

Esta categoría de comunidades vegetales se distribuye en la mayor parte de la superficie municipal, ocupa 9,617.85 ha (57.36% del área total). La mayor parte corresponde a bosques de oyamel (3418.63 ha), siguiéndole en orden de extensión el grupo formado por los bosques de pino encino (1,762.3 ha), pino (1,590.96 ha), pradera de alta montaña (1,176.68), y encino cedro (1,051.02 ha). Los bosques de encino (456.84 ha) constituyen un tercer grupo con menor extensión y finalmente los menos representados en superficie son los bosques de pino cedro (94.95 ha) y de cedro (66.27 ha).

#### 6.2.1.1. Bosque de oyamel

Este tipo de vegetación (Figura 5) se caracteriza por la presencia de árboles principalmente del género *Abies* como: oyamel, pinabete (*Abies religiosa*), abeto (*A. duranguensis*) y *Abies* spp., además de pino u ocote (*Pinus* spp.), encino o roble (*Quercus* spp.) y aile (*Alnus firmifolia*), que a veces sobrepasan a los 30 m de altura y que se desarrollan en clima semifrío y húmedo, entre los 2,000-3,400 m de altitud.

Las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos (*Abies-Pinus*), acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas; algunos bosques son densos sobre todo en condiciones libres de disturbio, pero debido al fuerte impacto que provocan las actividades humanas, su área se encuentra en constante disminución para dar lugar a espacios agrícolas y pecuarios.

En el área de estudio la especie dominante y casi exclusiva de estos bosques es *Abies religiosa*. Tiene un rango altitudinal entre 2,720 m a 3,980 m. El dosel suele estar entre los 20 y 40 metros sobre el nivel del suelo. Se hallan limitados a cañadas o barrancas más o menos profundas que ofrecen un microclima especial (SEMARNAT, 2013). Se trata de una comunidad madura que presenta cuatro estratos bien definidos: (arbóreo, arbustivo, herbáceo y rasante). En el estrato arbóreo se da la presencia esporádica de especies como *Alnus* sp., *Quercus laurina* y *Cupressus lindleyi*. Las especies más recurrentes en los estratos arbustivo y herbáceo son: *Senecio barba-johanensis*, *S. angulifolius*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Acaena elongata*, *Brachipodium mexicanum* y *Festuca amplissima*.

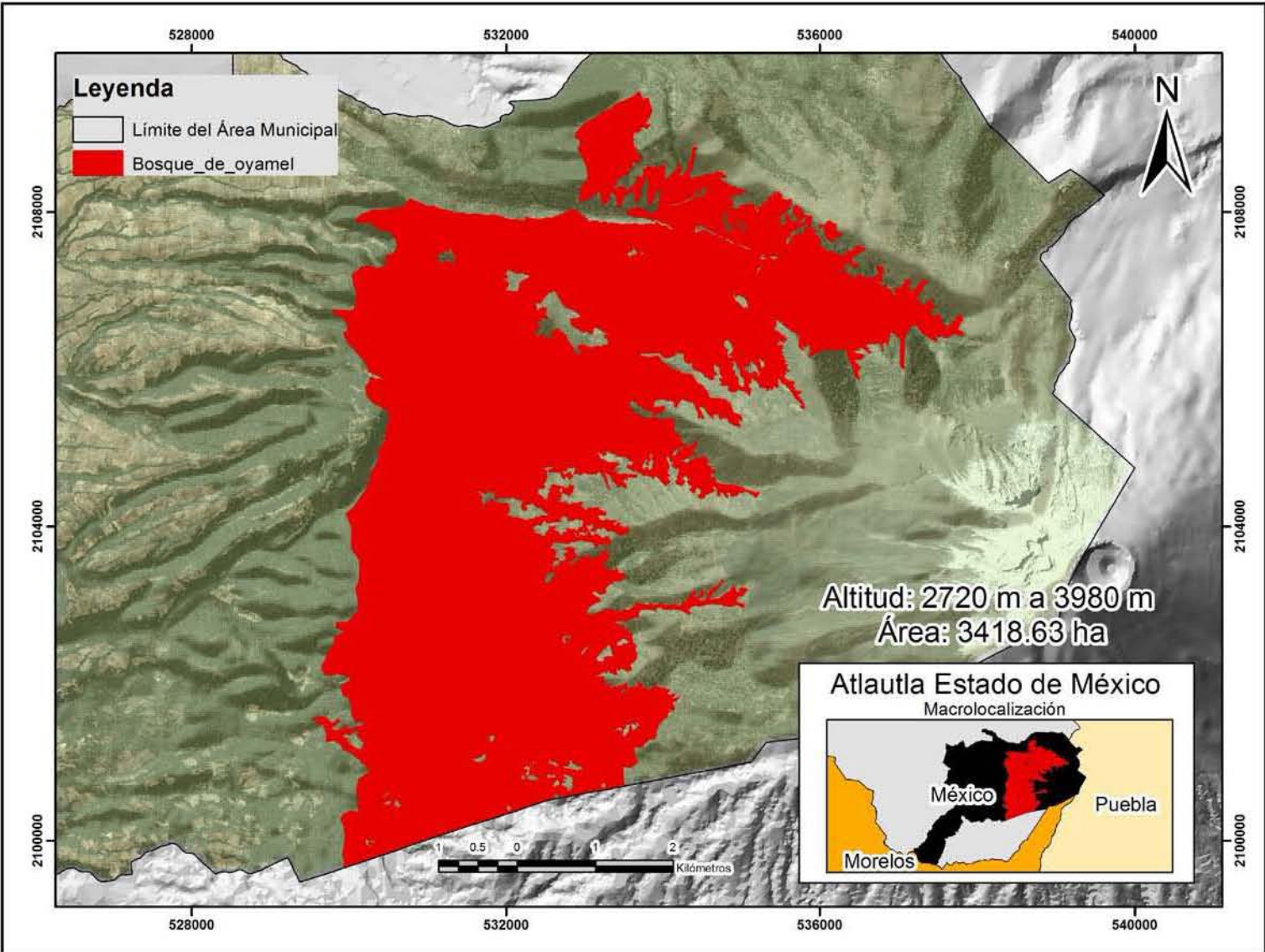


Figura 5. Bosque de oyamel año 2013. Escala visual: 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

### 6.2.1.2. Bosque de pino

Es una comunidad constituida por árboles del género *Pinus*, de amplia distribución; Rzedowski menciona que en México existen 35 especies del género *Pinus* que representan el 37% de las especies reportadas para todo el mundo, mientras que (Challenger, 1998) considera que México es el centro primario mundial de este género y considera a este género como uno de los principales dominantes en los bosques primarios, además de que varias de sus especies son pioneras predominantes tras las perturbaciones naturales y antrópicas. Considera también, que junto con los encinos son relativamente resistentes a la perturbación humana por su capacidad de regeneración. Estos bosques son de amplia distribución en México, se localizan en las cadenas montañosas de todo el país (Figura 6) y en el área de estudio se encuentran desde los 2,600 m de altitud hasta los 4,260 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Las especies más comunes que caracterizan este tipo de vegetación son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmanni*, *P. lawsoni*, *P. oaxacana*, entre otros. Las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsoni*, *P. oaxacana*, encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucooides*, y *Q. scytophylla*.

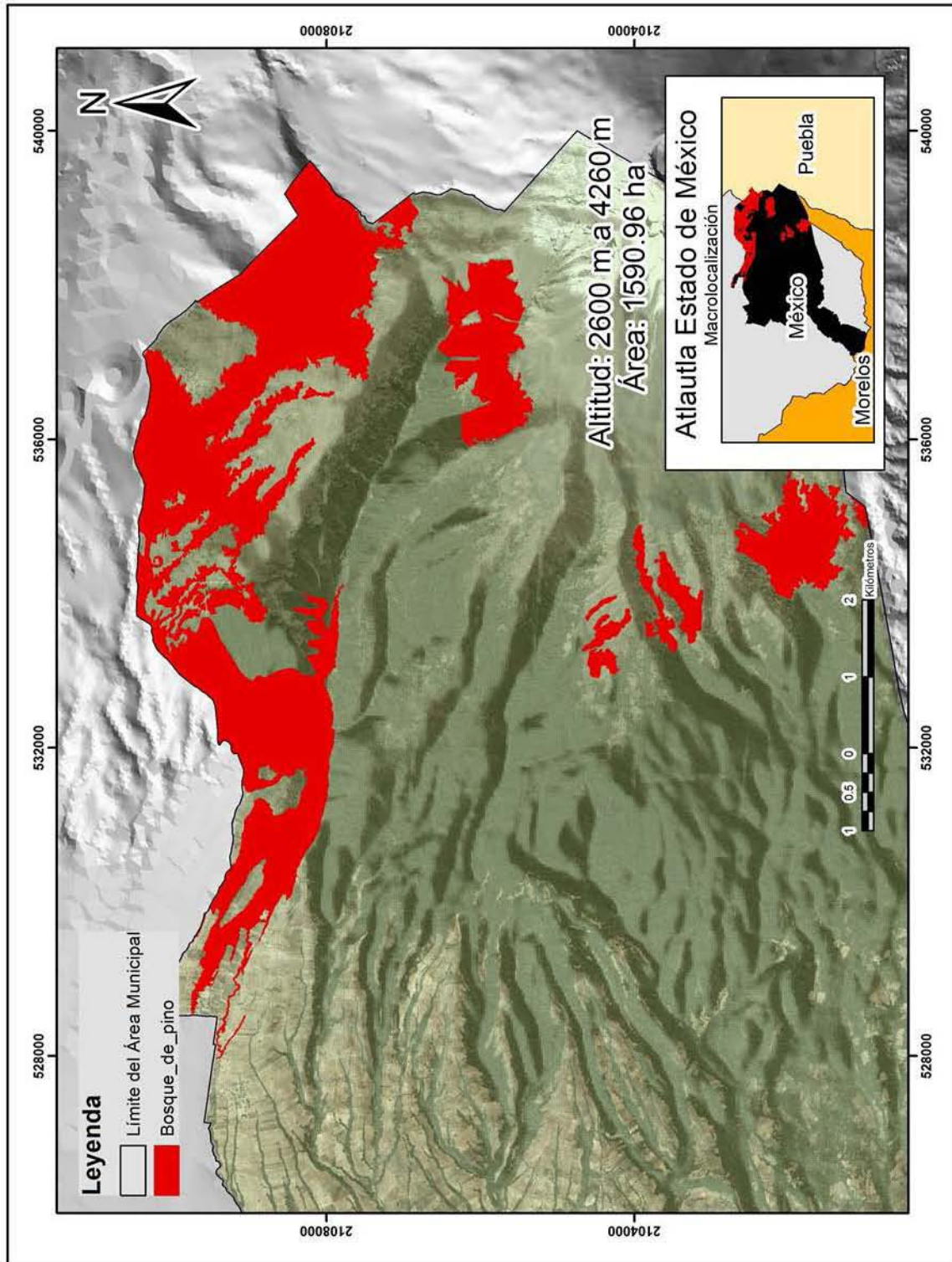


Figura 6. Bosque de pino año 2013. Escala visual: 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.



### 6.2.1.3. Bosque de pino encino

Esta comunidad (Figura 7), se considera fase de transición en el desarrollo de bosques de pino o encino puros, sin embargo Challenger afirma que muchos de ellos se consideran vegetación clímax de muchas zonas de México.

Este tipo de bosque se distribuye ampliamente en la mayor parte de la superficie forestal de las partes altas de los sistemas montañosos del país, la cual está compartida por las diferentes especies de pino (*Pinus spp.*) y encino (*Quercus spp.*); siendo dominantes los pinos. Su rango altitudinal en el área de estudio es de 2,140 m a 2,920 m.

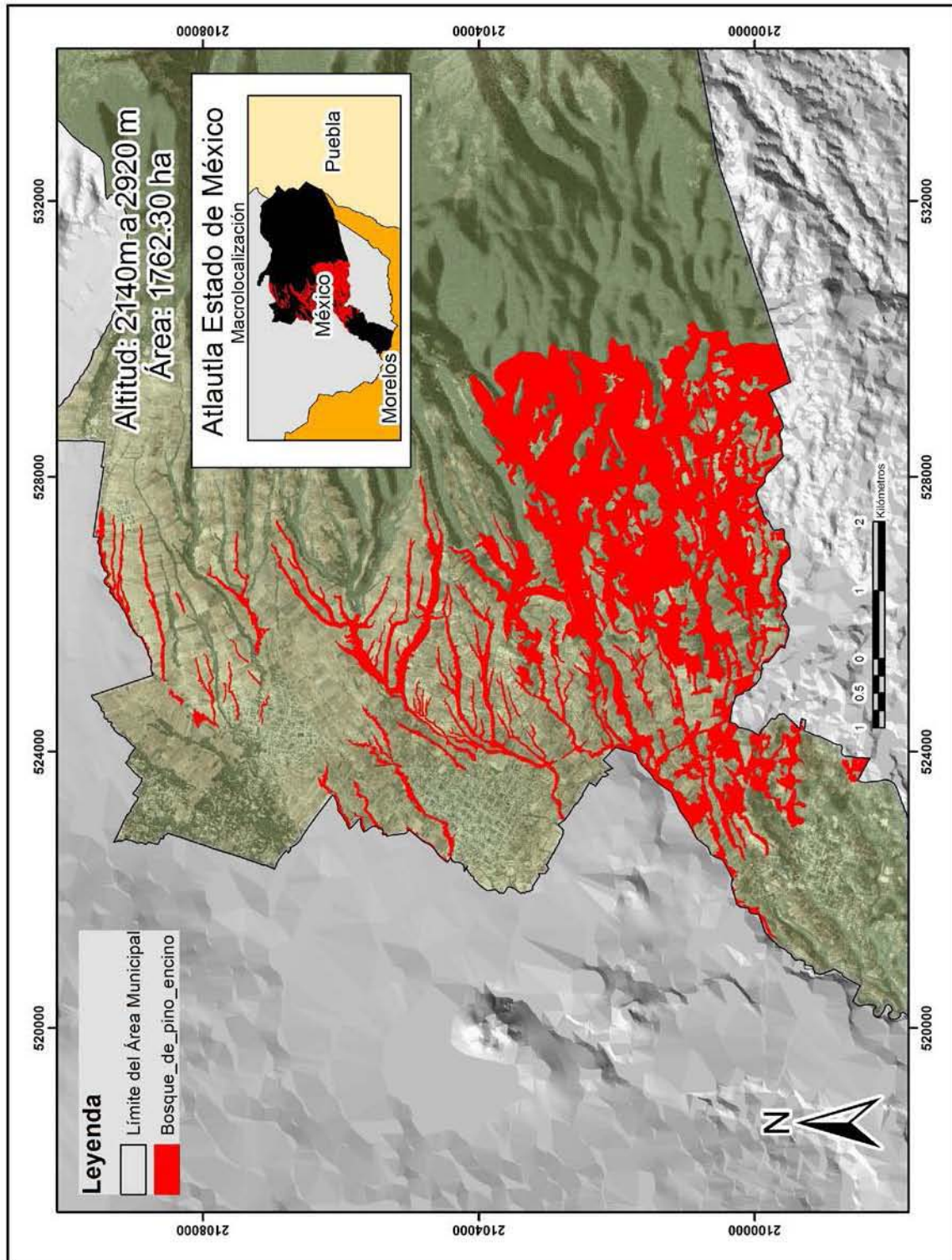


Figura 7. Bosque de pino encino año 2013. Escala visual: 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

#### 6.2.1.4. Bosque de encino

Comunidades vegetales constituidas por el género *Quercus* (encinos, robles) que en México, salvo condiciones muy áridas se encuentran prácticamente desde el nivel del mar, hasta los 2,800 msnm. Está muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros.

Junto con los bosques de pino, los bosques de encino (Figura 8) representan el otro tipo importante de vegetación templada de México, Challenger menciona que nuestro país es el centro de distribución de este género en el hemisferio occidental, comparte espacio con diferentes especies de pino (*Pinus spp.*), dando origen a los denominados bosques de pino-encino, o bosques de encino pino, cuando dominan los encinares.

Su distribución, de acuerdo con Rzedowski abarca prácticamente desde el nivel del mar, hasta los 3100 m, sin embargo, la mayoría de estas zonas se ubican entre los 1,200 y 2,800 msnm. Challenger menciona también que los bosques de encino de la mayor parte de las zonas templadas son de dosel cerrado, aunque esta caracteriza varía con las condiciones específicas de cada lugar. En el área de estudio se encuentran desde los 1,900 m a los 2,280 m.

Las especies más comunes de estas comunidades son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*.

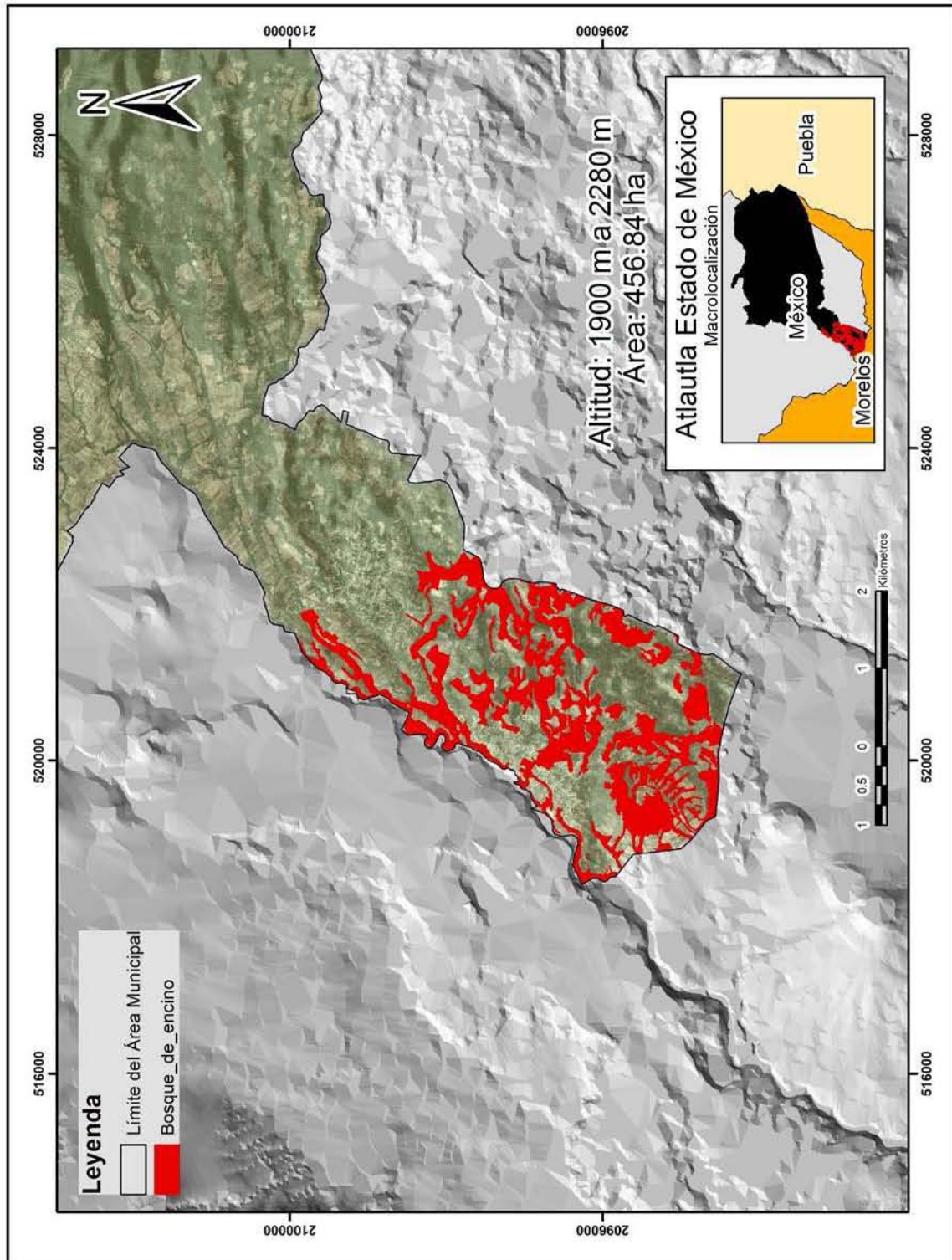


Figura 8. Bosque de encino año 2013. Escala visual: 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

#### 6.2.1.5. Bosque de pino cedro

Este tipo de vegetación se localizó en un rango de altitud de 2,380 m a 2,460 m y está asociada al uso antrópico del suelo, es un bosque cultivado ya que se establece mediante la plantación de diferentes especies arboladas realizadas por el hombre (Figura 9), sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se pueden considerar como bosques cultivados, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros.

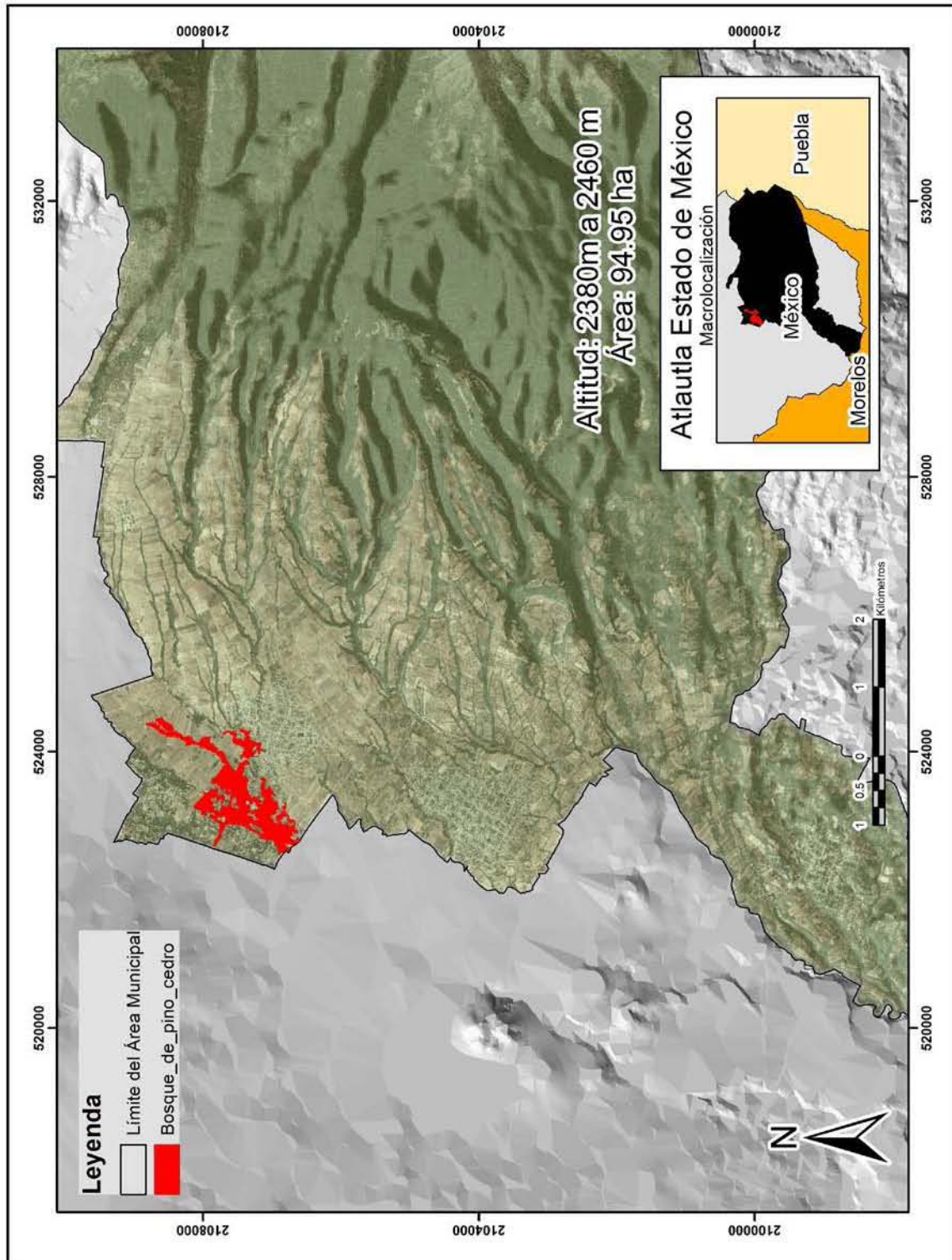


Figura 9. Bosque de pino cedro año 2013. Escala visual: 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

#### 6.2.1.6. Bosque de encino cedro

En el área de estudio este tipo de vegetación (Figura 10) se distribuye en barracos localizados en altitudes de 2,440 m a 2,980 m. El estrato arbóreo se incluye especies de 7 familias, siendo *Fagaceae* y *Ericaceae* (*Arbutus xalapensis*) las dominantes. Se identificaron *Quercus conspersa Benth.*, *Quercus laurina Humb. & Bonpl.* y *Quercus rugosa Née* fue la especie más abundante. En el estrato arbustivo se identificaron familias, siendo *Scrophulariaceae* y *Lamiaceae* las mejor representadas y, en el estrato herbáceo se distribuyeron en 10 familias *Adiantaceae* y *Lamiaceae* las familias con más individuos registrados.

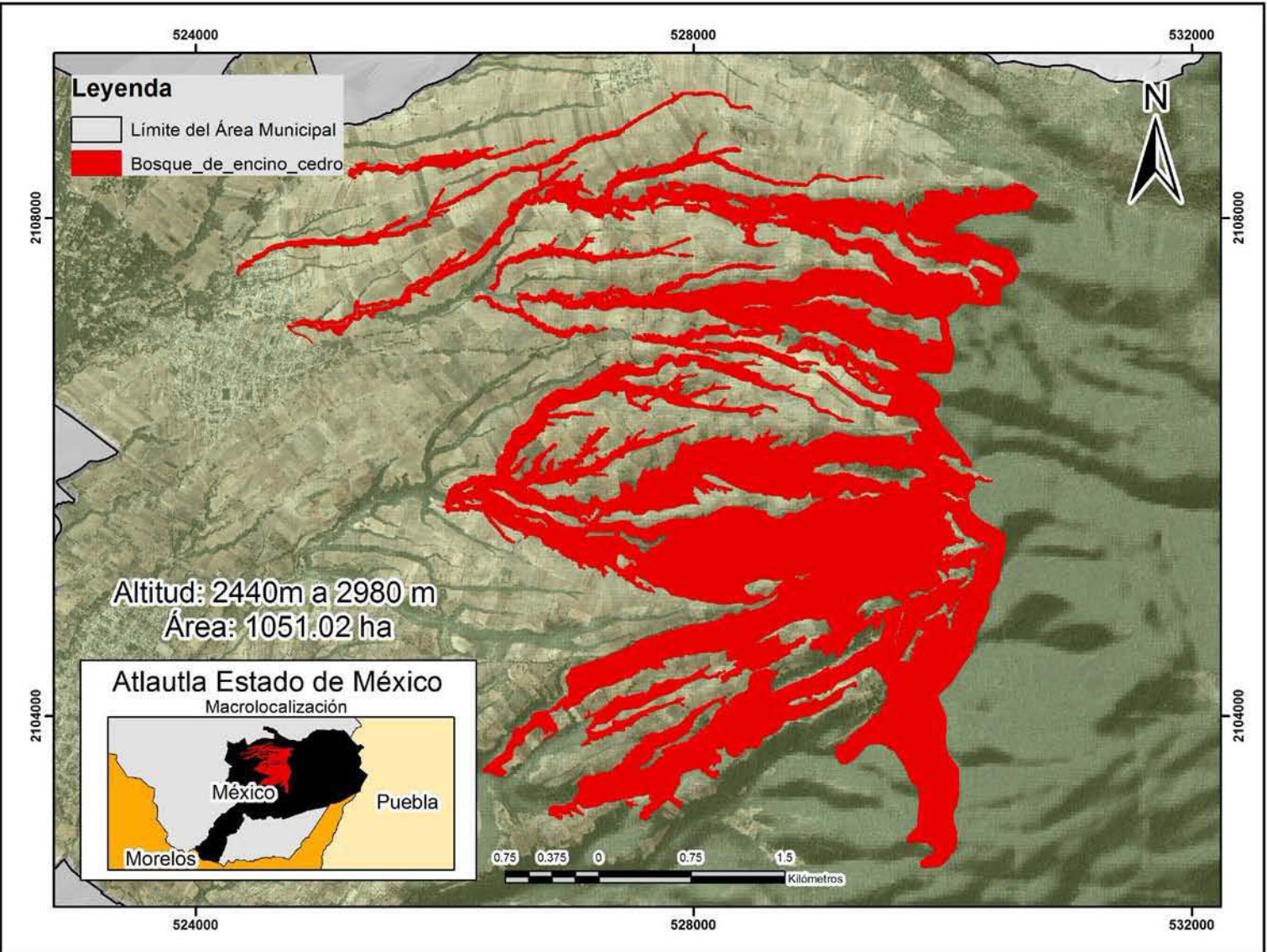


Figura 10. Bosque de encino cedro año 2013. Escala visual: 1:40,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.



#### 6.2.1.7 Bosque de cedro

Comunidad de árboles de gran porte con una altura superior a los 15 m, comparte características ecológicas con los géneros de *Pinus*, *Abies* y *Quercus* con quienes frecuentemente se mezcla, se desarrolla en climas templado y semifrío, húmedo, están restringidos en la actualidad a pequeños manchones a lo largo de las sierras del país, principalmente en el eje Neovolcánico. En el área de estudio están asociados a la actividad antrópica y se localizan de los 2,220 m a los 2,460 m.

La principal especie que lo forma es: *Cupressus lindleyi* y recibe el nombre común de cedro blanco o cedro. En el área de estudio están asociados a la actividad humana (Figura 11).

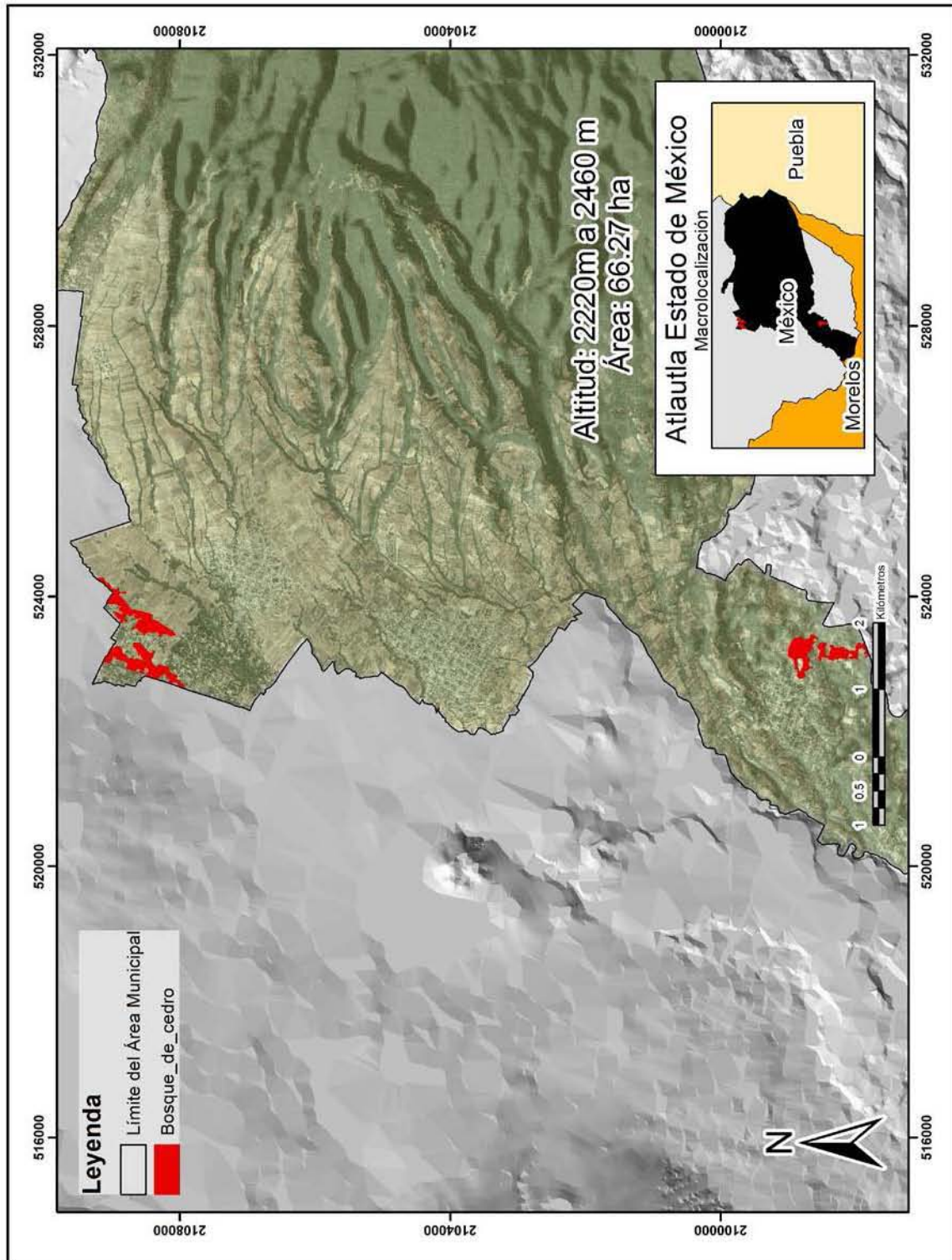


Figura 11. Bosque de cedro 2013. Escala visual: 1:70,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

#### 6.2.1.8 Pradera de alta montaña

La forman comunidades de pocos centímetros de altura, con aspecto cespitoso (Pradera), amacollado (Zacatonal) o arrosetado, localizado generalmente arriba de los 3,500 msnm, después del límite altitudinal de la vegetación arbórea y cerca de las nieves perpetuas (Figura 12).

Su distribución está restringida a las montañas y volcanes más altos de la República. Se constituye principalmente por especies de gramíneas como: *Calamagrostis tolucensis*, *Stipa ichu*, *Festuca amplissima*, *Festuca livida*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia macroura*, *Muhlenbergia quadridentata*; otras especies notables en estas comunidades son: *Potentilla candicans*, *Eryngium spp.*, *Arenaria bryoides*, *Draba spp.*, *Muhlenbergia repens*, *Vulpia myuros*, *Deschampsia pringleii*, *Cyperus sesleroides* y *Carex leucophylla*, entre otras.

Estas montañas, se localizan en la mitad meridional del país, donde la cota aproximada de 4000 m señala la altitud máxima que alcanza el bosque; el límite superior que alcanza este pastizal alpino se sitúa alrededor de 4,300 m, aunque algunas especies de plantas crecen todavía más allá de 4,500 m.

En la región del Popocatepetl y del Iztaccíhuatl, se distinguen tres asociaciones del zacatonal alpino la dominada por *Muhlenbergia quadridentata*, que ocupa algunos sitios carentes de bosques entre 3,700 y 3,800 m de altitud; la del *Calamagrostis tolucensis* y *Festuca tolucensis*, que es la más extendida entre los 3800 y 4,200 m; la de *Festuca livida* y *Arenaria bryoides*, propia de algunos parajes entre 4,200 y 4,300 metros. La última constituye un zacatal más bajo y abierto con abundancia de plantas acojinadas de *Arenaria*. En la zona de estudio se localiza este polígono en un rango altitudinal de 3,260 m a 4,100 m.

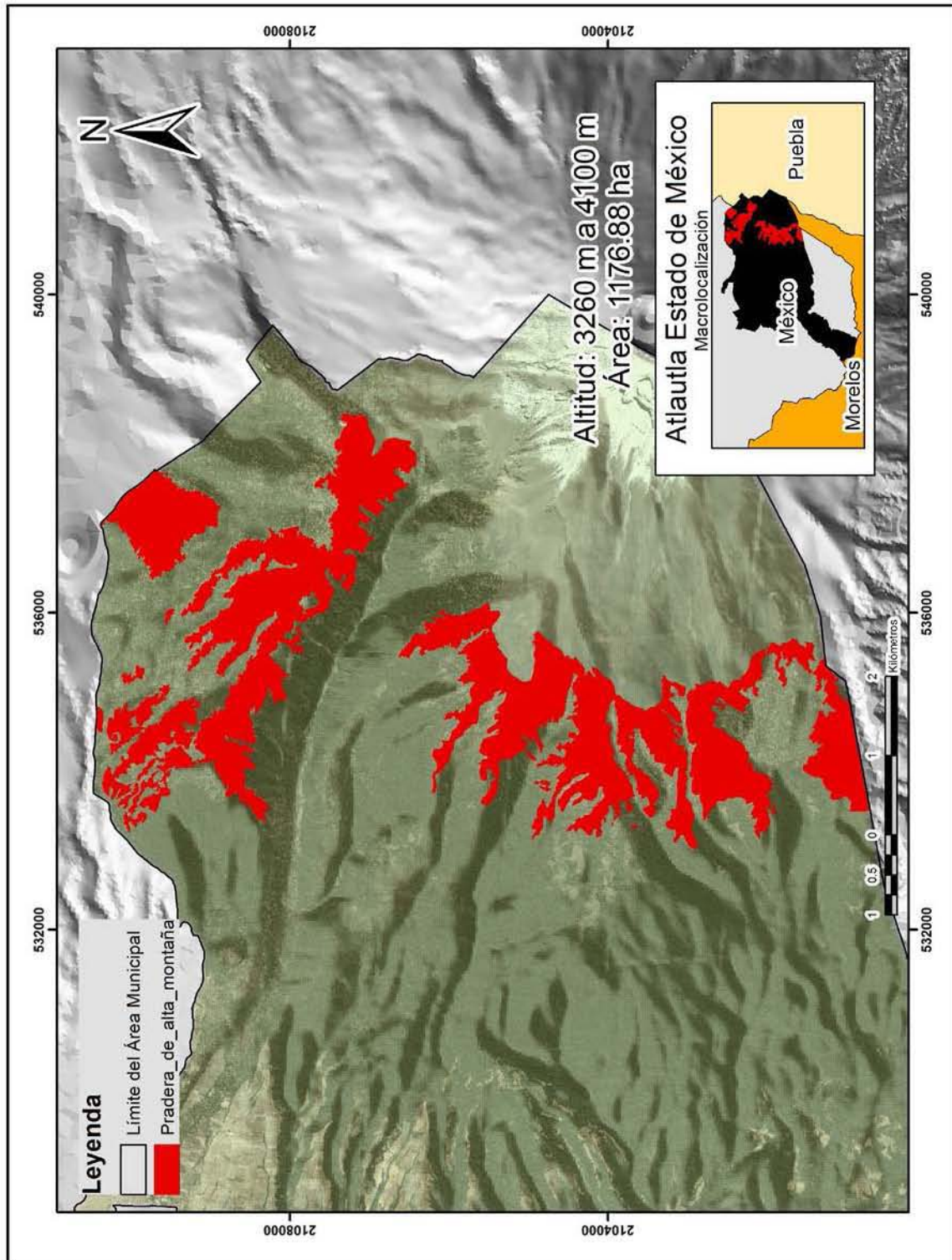


Figura 12. Pradera de alta montaña año 2013. Escala visual: 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

#### 6.2.1.9 Matorral

Comunidad arbustiva o arbórea compuesta por coníferas menores a 5 m de altura (Figura 13). Se localiza en las partes altas de las montañas, en climas templados y fríos subhúmedos. Las asociaciones más comunes están formadas por pino (*Pinus cembroides*) y táscate (*Juniperus monosperma*) los cuales forman bosques bajos y abiertos. Se encuentra a una altitud que va de los 1,980 m a 3,420 m.

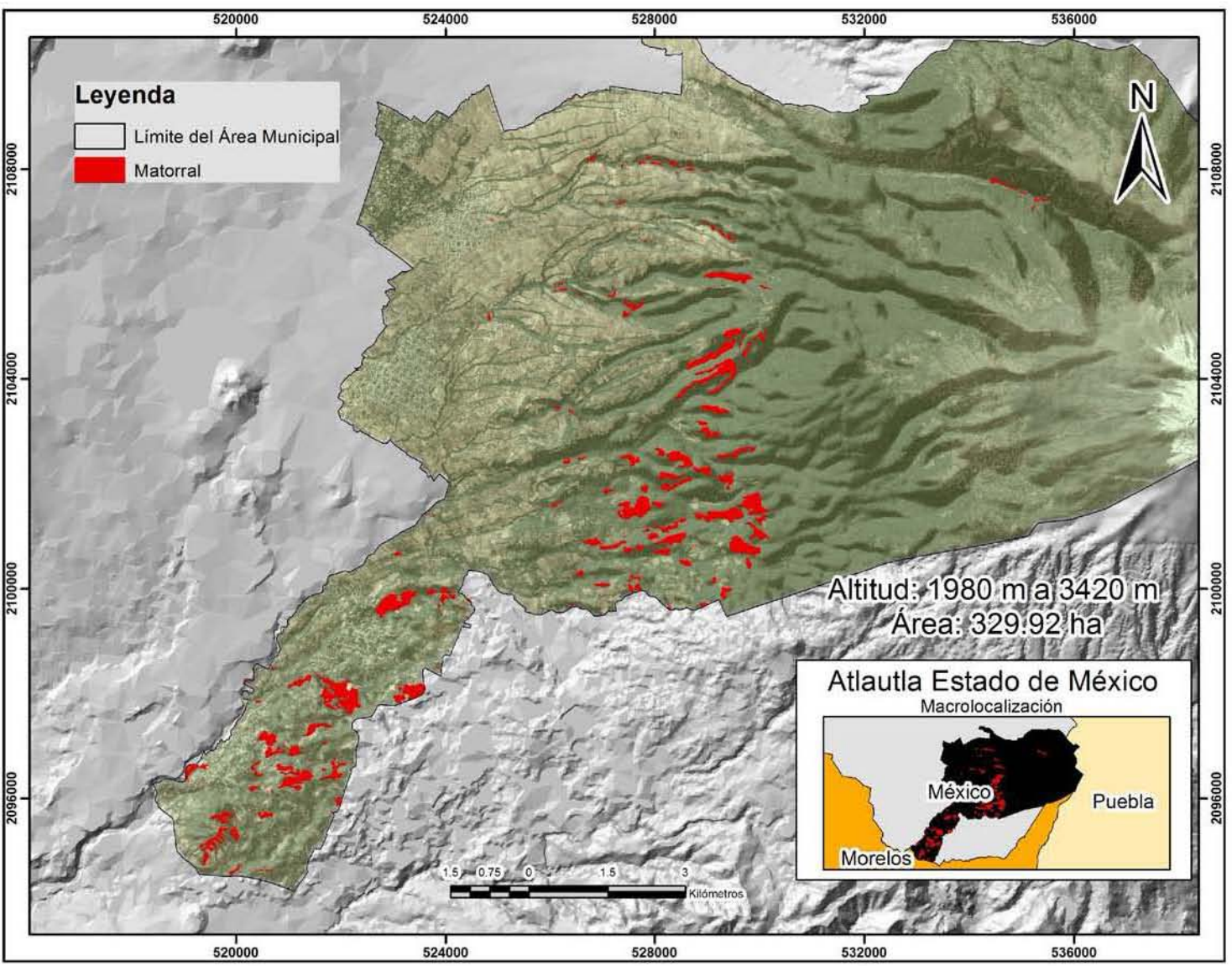


Figura 13. Matorral año 2013. Escala visual: 1:80,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

### 6.2.2 Pastizal

Estos ecosistemas están constituidos por comunidades herbáceas en las que predominan las gramíneas y las graminoides, en algunos casos son de origen natural, pero en otros, obedece a condiciones de perturbación por sobrepastoreo (INEGI, 2009)

Este tipo de vegetación (Figura 14) se caracteriza por la dominancia de gramíneas (pastos o zacates) o graminoides, y que en condiciones naturales se desarrolla bajo la interacción del clima, suelo y biota. El conjunto de esta manera delimitado incluye biocenosis diversas, por su composición florística, sus condiciones ecológicas, su papel en la sucesión, su dependencia de las actividades humanas e incluso su fisonomía. Mientras la presencia de algunas está determinada por el clima, muchas otras son favorecidas, al menos en parte, por las condiciones del suelo o bien por el disturbio ocasionado por el hombre y sus animales domésticos. Se localizó a un rango altitudinal de 2,220 m a 3,960 m.

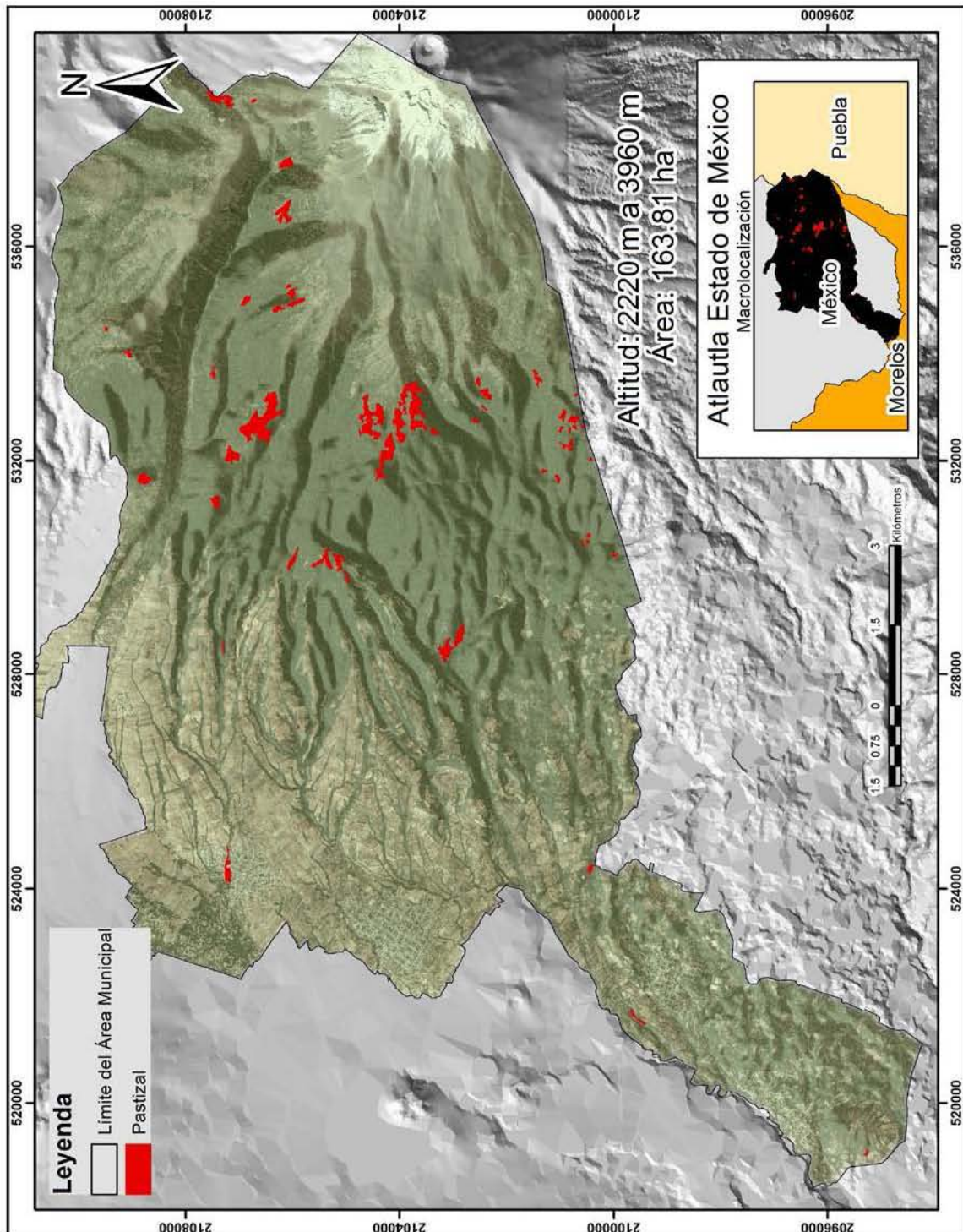


Figura 14. Pastizal año 2013. Escala visual: 1:80,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.



### 6.3 Estado de conservación

Las actividades humanas tienen distintos efectos en términos de la degradación ambiental y su efecto sobre la vegetación. Uno de los factores que con mayor frecuencia contribuye a la degradación de las comunidades vegetales es precisamente el cambio en el uso del suelo, debido a que la finalidad de tales cambios es diversa y varía notablemente en intensidad, duración y extensión. Por lo tanto, la identificación y análisis de los cambios de uso del suelo como factor ecológico y geográfico son fundamentales para entender cómo, donde, y que tanto se están modificando o perdiendo los recursos naturales (Galicia *et al.* 2007).

Los resultados obtenidos al evaluar el estado de conservación de las cubiertas vegetales indican que una fracción importante del polígono municipal, correspondiente a 8,782.13 ha (52.4% total del municipio) presenta un estado de conservación alto (categoría BC en el mapa de la figura 15). En contraparte también es apreciable el área que fue determinada como “Muy Perturbada” (MP) con una superficie de 4,376.25 ha equivalente a 26.11%; en menor proporción se localizaron áreas con el nivel “Conservado” (C) con 180.04 ha (1.07%) y con la categoría “Perturbado” (P) 1,149.84 ha cuyo porcentaje es de 6.86%. La distribución de estas áreas se muestra en el mapa de la (Figura 15) y la lista de comunidades vegetales incluidas en cada área-categoría se indica en la (Tabla 2).

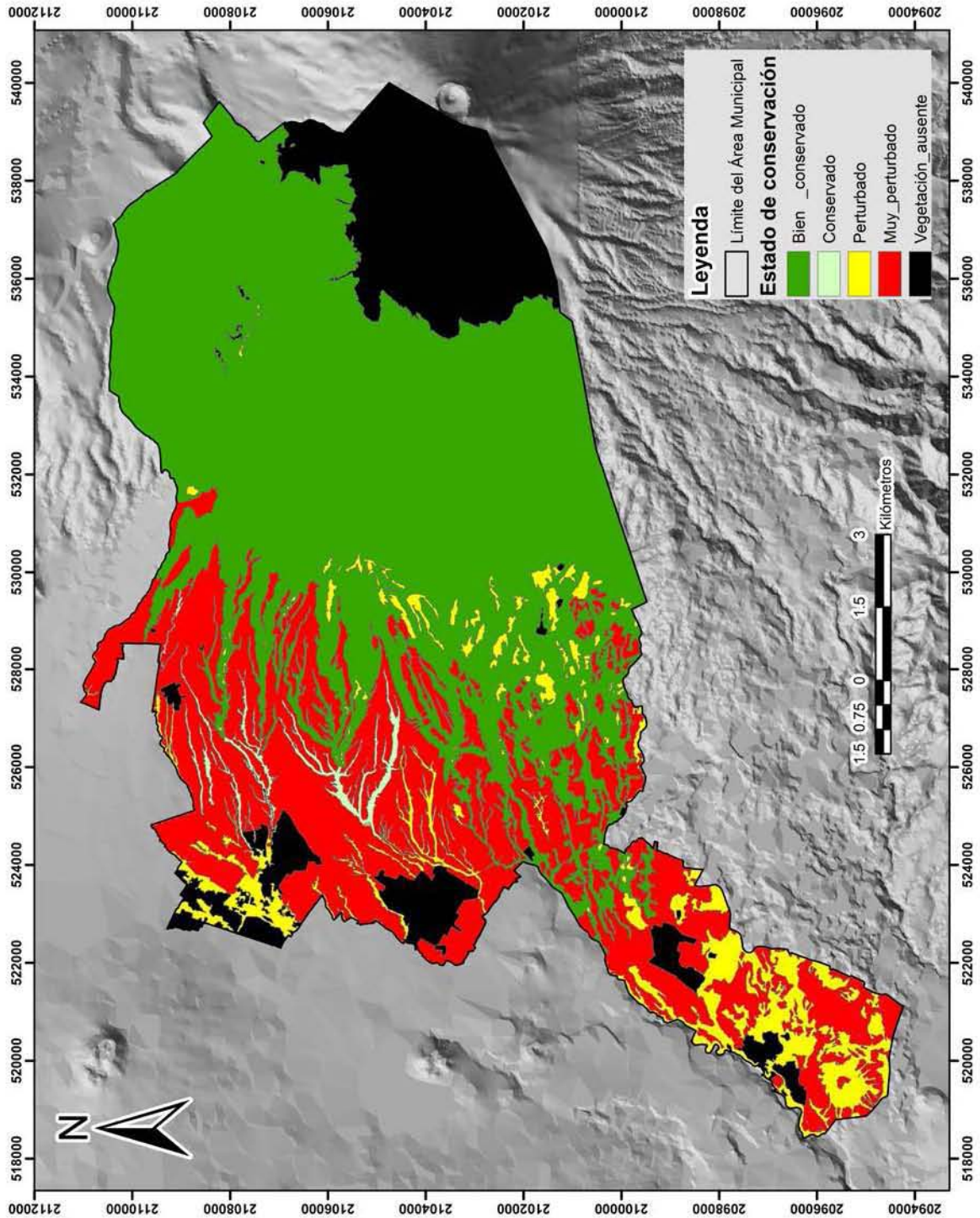


Figura 15. Estado de conservación de las comunidades vegetales. Escala 1:100,000.  
Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

*Tabla 2. Comunidades vegetales y estados de conservación. BC=Bien conservado, C=Conservado, P=Perturbado, MP=Muy perturbado.*

<i>Estado de Conservación</i>	<i>Comunidades vegetales</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>%</i>
<i>BC</i>	Bosque de oyamel Bosque de encino Bosque de encino cedro Bosque de oyamel Bosque de pino Bosque de pino cedro Bosque de pino encino Pastizal Pradera de alta montaña	8782.13	60.61
<i>C</i>	Bosque de encino cedro Bosque de pino Bosque de pino encino	180.04	1.24
<i>P</i>	Bosque de cedro Bosque de encino Bosque de encino cedro Bosque de pino Bosque de pino cedro Bosque de pino encino Cultivo Matorral Pastizal	1149.84	7.93
<i>MP</i>	Bosque de cedro Bosque de pino cedro Bosque de pino encino Cultivo	4376.25	30.20

Al sobreponer las capas “topografía” y “conservación” se observó, siguiendo un gradiente altitudinal, que de manera general las comunidades bien conservadas (BC) se distribuyen en las partes más altas del área de estudio, en un rango amplio que va desde la cota de los 2,200 msnm hasta el límite superior de la vegetación, 4,260 msnm. El tipo “Conservado” (C) ocupa típicamente el rango de 2400 msnm a 2,740 msnm, siendo este también el intervalo de sobreposición entre estas dos categorías de conservación, tal como se puede apreciar en la (Tabla 3) y la (Figura 16). Las comunidades del tipo “Perturbado” (P) ocurren, al igual que las BC en un rango amplio, que va de los 1,900 msnm hasta los 3,420 los cual le hace compartir pisos altitudinales con las categorías BC y C, en tanto que la vegetación del tipo “Muy Perturbado” (MP), se distribuye desde los 1,940 a los 2,980 msnm. Con una amplia sobreposición con las otras categorías, sobre todo con “Perturbado” y “Conservado”.

*Tabla 3. Estado de conservación y rango altitudinal.*

Conservación	Altitud
Bien conservado	2200 - 4260
Conservado	2400 - 2740
Perturbado	1900 - 3420
Muy perturbado	1940 - 2980

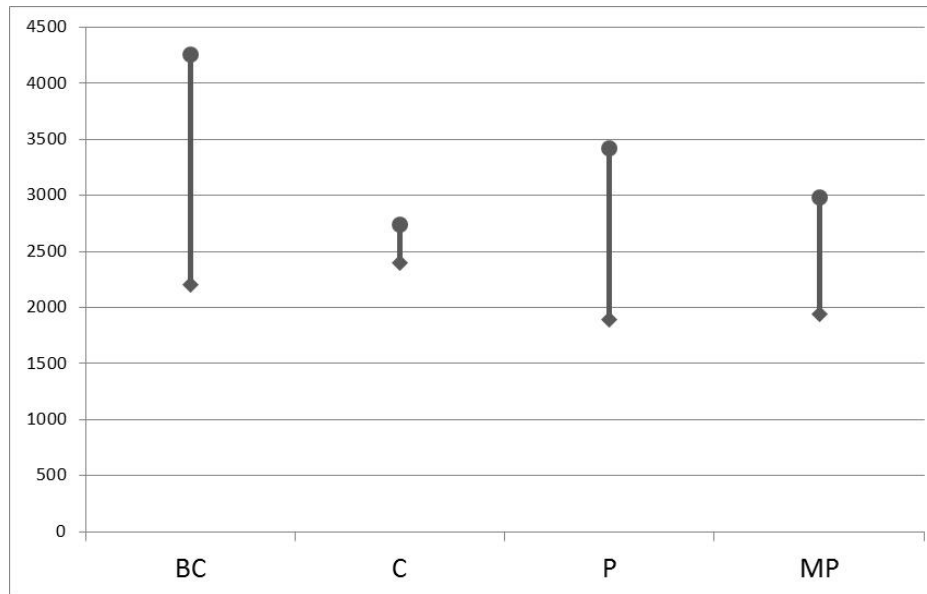


Figura 16. Distribución altitudinal de las categorías de conservación de la vegetación. BC=Bien conservado, C=Conservado, P=Perturbado, MP=Muy perturbado. ◆ = Límite Inferior, ● = Límite superior

#### 6.4. Cambio de uso del suelo

El mapa de referencia para evaluar la dinámica de cambio de uso del suelo fue del año 1955, el cual se muestra en la (Figura 17). Los datos relativos al número de polígonos y superficies se incluyen en la (Tabla 4).

El número de tipos de uso del suelo cartografiado para 1955 es el mismo que para su mapa homólogo de 2013. Esto significa que no se agregaron nuevos usos a los ya existentes desde ese tiempo y tampoco desapareció alguno de los tipos que ya existían desde entonces. Por lo tanto las diferencias observadas entre ambos mapas se refieren a cambios en el tamaño y no en la diversidad de las cubiertas. El mapa del año 1955 muestra una distribución de tipos de vegetación similar al de fecha reciente donde predominan los bosques y las áreas agrícolas y sobre estas dos matrices geográficas se distribuyen los tipos de vegetación restantes manteniendo desde esa época el patrón presentado en el mapa de 2013.

En el mapa del 55' los bosques con mayor superficie son el de oyamel (3449.31 ha), siguiéndole en orden de extensión el grupo formado por los bosques de pino encino (1,594.3 ha), pino (1,690.21 ha) y encino cedro (1,078.08 ha). Los bosques encino (443.09 ha) constituyen un tercer grupo con menor extensión y finalmente los menos representados en superficie son los bosques de pino cedro (109.71 ha) y de cedro (55.17 ha).

Destaca al igual que en el mapa actual el límite altitudinal del bosque, dominado por *Pinus hartwegi*, para dar paso a los pastizales alpinos localizado en la cota de los 3,260 msnm. En general las cubiertas asociadas a la ladera montañosa, a los grandes barrancos, y a las laderas altas erosivas del volcán se han mantenido sin cambios en el periodo considerado y los cambios observados se asocian a zonas agrícolas y asentamientos humanos, aunque en términos de superficie no son significativos.

En la (Tabla 4) se observa que en 1955 las áreas agrícolas ocupaban el 28.52% de la superficie municipal (4779.14 ha), los bosques el 50.2% (8419.9 ha), el pastizal el 0.94% (157.53 ha) y los asentamientos humanos el 2.49 % (417.79 ha). Para el 2013 la superficie de zonas agrícolas disminuyó en 402.25 ha, siendo el cultivo la categoría que más pierde en ese lapso, las superficies boscosas aumentaron a 21.06 ha y los asentamientos humanos ganaron 168.25 ha.

Con el objeto de obtener una visión integral del proceso de cambio para el área de estudio y mostrar las limitaciones al simple cálculo de superficie de cobertura por fecha, se realizó una sobreposición de las fuentes cartográficas generadas digitalmente (Figura 4 y Figura 17) t1, y t2 respectivamente. Esta parte del análisis permitió crear una cartografía confiable que muestra en forma concisa la magnitud y distribución espacial de los resultados de la compleja dinámica del cambio de uso del suelo en el municipio de Atlautla. Asimismo se pueden observar las pérdidas de la vegetación natural (Tabla 6) y las ganancias (Tabla 7) que se obtuvieron a través de 58 años (Figura 18).

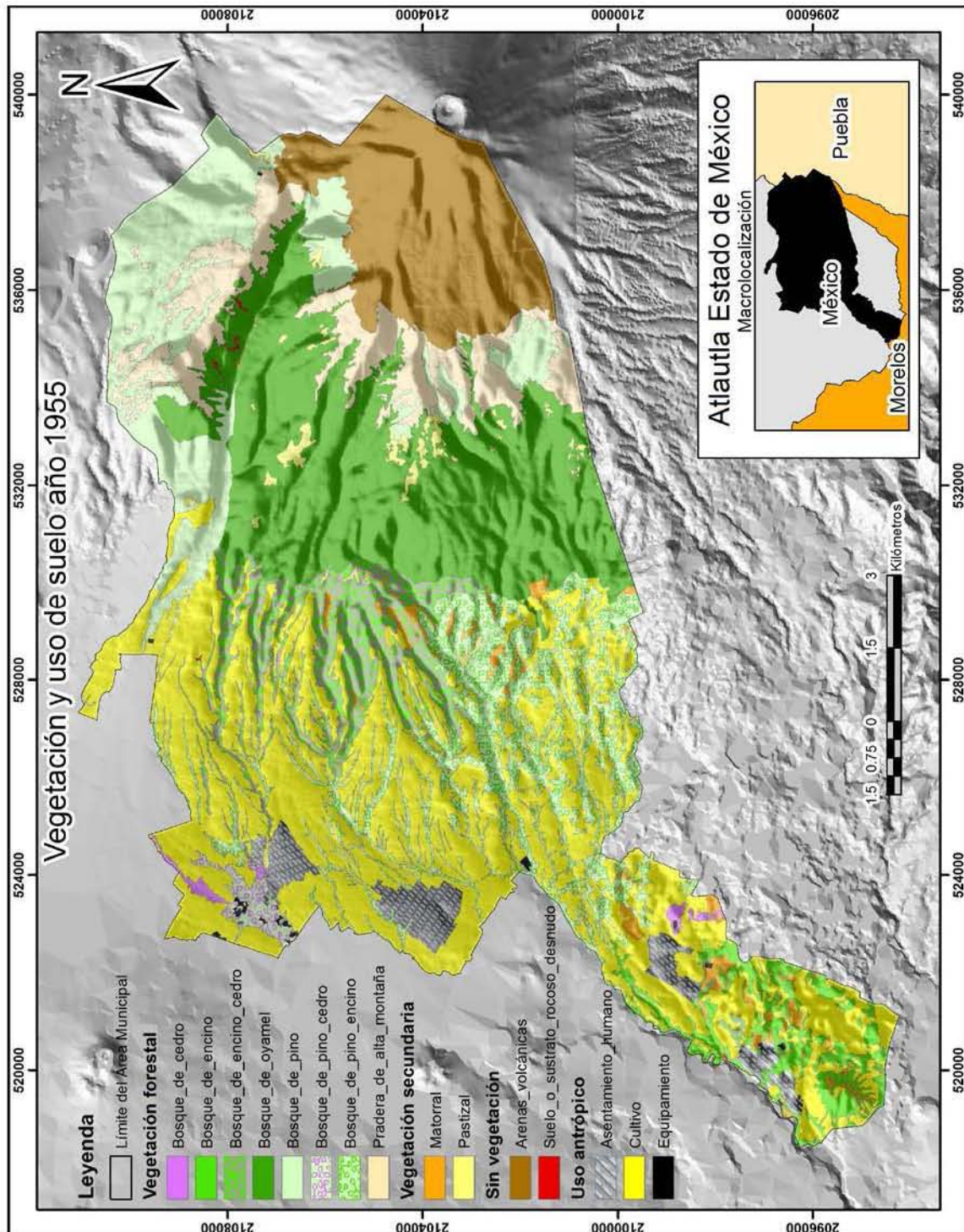


Figura 17. Mapa de vegetación y uso el suelo año 1955. Escala visual 1:100,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

Tabla 4. Vegetación y uso del suelo año 1955.

<i>Grupo/Cubierta</i>	<i>No. de polígonos</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>%</i>
<i>VEGETACIÓN FORESTAL</i>			
<i>Bosque de oyamel</i>	6	3449.31	20.58
<i>Bosque de pino</i>	27	1690.21	10.08
<i>Bosque de pino encino</i>	79	1594.35	9.51
<i>Bosque de encino</i>	18	443.09	2.64
<i>Bosque de pino cedro</i>	12	109.71	0.65
<i>Bosque de encino cedro</i>	13	1078.08	6.43
<i>Bosque de cedro</i>	9	55.17	0.32
<i>Pradera de alta montaña</i>	20	1081	6.45
<i>VEGETACIÓN SECUNDARIA</i>			
<i>Matorral</i>	124	240.35	1.43
<i>Pastizal</i>	50	157.53	0.94
<i>SIN VEGETACIÓN</i>			
<i>Arenas volcánicas</i>	1	1626.48	9.70
<i>Suelo o sustrato rocoso desnudo</i>	7	10.49	0.06
<i>USO ANTRÓPICO</i>			
<i>Cultivo</i>	219	4779.14	28.51
<i>Asentamiento humano</i>	8	417.79	2.49
<i>Equipamiento</i>	15	24.85	0.14
<i>TOTAL</i>	609	16757	100



Tabla 5. Cobertura vegetal y uso del suelo en superficie y porcentaje entre 1955 y 2013.

Categoría	1955		2013		Cambio de la superficie (ha)	
	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetación forestal						
Bosque de oyamel	3449.31	20.58	3418.63	20.40	-30.68	-0.18
Bosque de pino	1690.21	10.08	1590.96	9.49	-99.25	-0.59
Bosque de pino encino	1594.35	9.51	1762.3	10.51	168	1
Bosque de encino	443.09	2.64	456.84	2.72	13.75	0.08
Bosque de pino cedro	109.71	0.65	94.95	0.56	-14.76	-0.08
Bosque de encino cedro	1078.08	6.43	1051.02	6.27	-27.06	-0.16
Bosque de cedro	55.17	0.32	66.27	0.39	11.1	0.06
Pradera de alta montaña	1081	6.45	1176.88	7.02	95.88	0.57
Vegetación Secundaria						
Matorral	240.35	1.43	329.92	1.96	89.57	0.53
Pastizal	157.53	0.94	163.81	0.97	-6.28	0.03
Sin Vegetación						
Arenas volcánicas	1626.48	9.70	1626.48	9.70	0	0
Suelo o sustrato rocoso desnudo	10.49	0.06	18.85	0.11	8.36	0.04
Uso antrópico						
Cultivo	4779.14	28.52	4376.89	26.11	402.25	2.40
Asentamiento humano	417.79	2.49	586.04	3.49	168.25	1
Equipamiento	24.85	0.14	37.69	0.2	12.84	0.07
Total	16757	100.0	16757	100.0		

Tabla 6. Pérdidas de vegetación año 2013.

Transición	Área en 1955 ha	Cambio	Perdidas en ha	Interpretación
Bosque de oyamel en 1955 y matorral en 2013.	3449.31	Matorral	1.56	Cuando el bosque de oyamel pierde, lo sustituye el matorral.
Bosque de oyamel en 1955 y pastizal en 2013.		Pastizal	2.91	Cuando el bosque de oyamel pierde, lo sustituye el pastizal.
Bosque de oyamel en 1955 y suelo o sustrato rocoso desnudo en 2013.		Suelo o sustrato rocoso desnudo	2.54	Cuando el bosque de oyamel pierde, lo sustituye el suelo o sustrato rocoso desnudo.
Bosque de cedro en 1955 y cultivo en 2013.	55.17	Cultivo	9.98	Cuando el bosque de cedro pierde, los sustituye el cultivo.
Bosque de encino en 1955 y cultivo en 2013.	443.09	Cultivo	11.22	Cuando el bosque de encino pierde, lo sustituye el cultivo.
Bosque de encino cedro en 1955 y cultivo en 2013.	1078.08	Cultivo	2.07	Cuando el bosque de encino cedro pierde, los sustituye el cultivo.
Bosque de pino en 1955 y pastizal en 2013.	1690.21	Pastizal	3.37	Cuando el bosque de pino pierde, lo sustituye el pastizal.
Bosque de pino en 1955 y pradera de alta montaña en 2013.		Pradera de alta montaña	95.87	Cuando el bosque de pino pierde, lo sustituye la pradera de alta montaña.
Bosque de pino cedro en 1955 y asentamiento humano en 2013.	109.71	Asentamiento humano	9.78	Cuando el bosque de pino cedro pierde, lo sustituye el asentamiento humano.
Bosque de pino cedro en 1955 y cultivo en 2013.		Cultivo	9.52	Cuando el bosque de pino cedro pierde, lo sustituye el cultivo.
Bosque de pino cedro en 1955 y equipamiento en 2013.		Equipamiento	4	Cuando el bosque de pino cedro pierde, lo sustituye el equipamiento.
Bosque de pino encino en 1955 y asentamiento humano en 2013.	1594.35	Asentamiento humano	3.15	Cuando el bosque de pino encino pierde, lo sustituye el asentamiento humano.
Bosque de pino encino en 1955 y cultivo en 2013.		Cultivo	128.31	Cuando el bosque de pino encino pierde, lo sustituye el cultivo.
Bosque de pino encino en 1955 y equipamiento en 2013.		Equipamiento	1.6	Cuando el bosque de pino encino pierde, lo sustituye el equipamiento.
Bosque de pino encino en 1955 y matorral en 2013.		Matorral	37.94	Cuando el bosque de pino encino pierde, lo sustituye el matorral.
Bosque de pino encino en 1955 y suelo o sustrato rocoso desnudo en 2013.		Suelo o sustrato rocoso desnudo	1.62	Cuando el bosque de pino encino pierde, lo sustituye el suelo o sustrato rocoso desnudo.

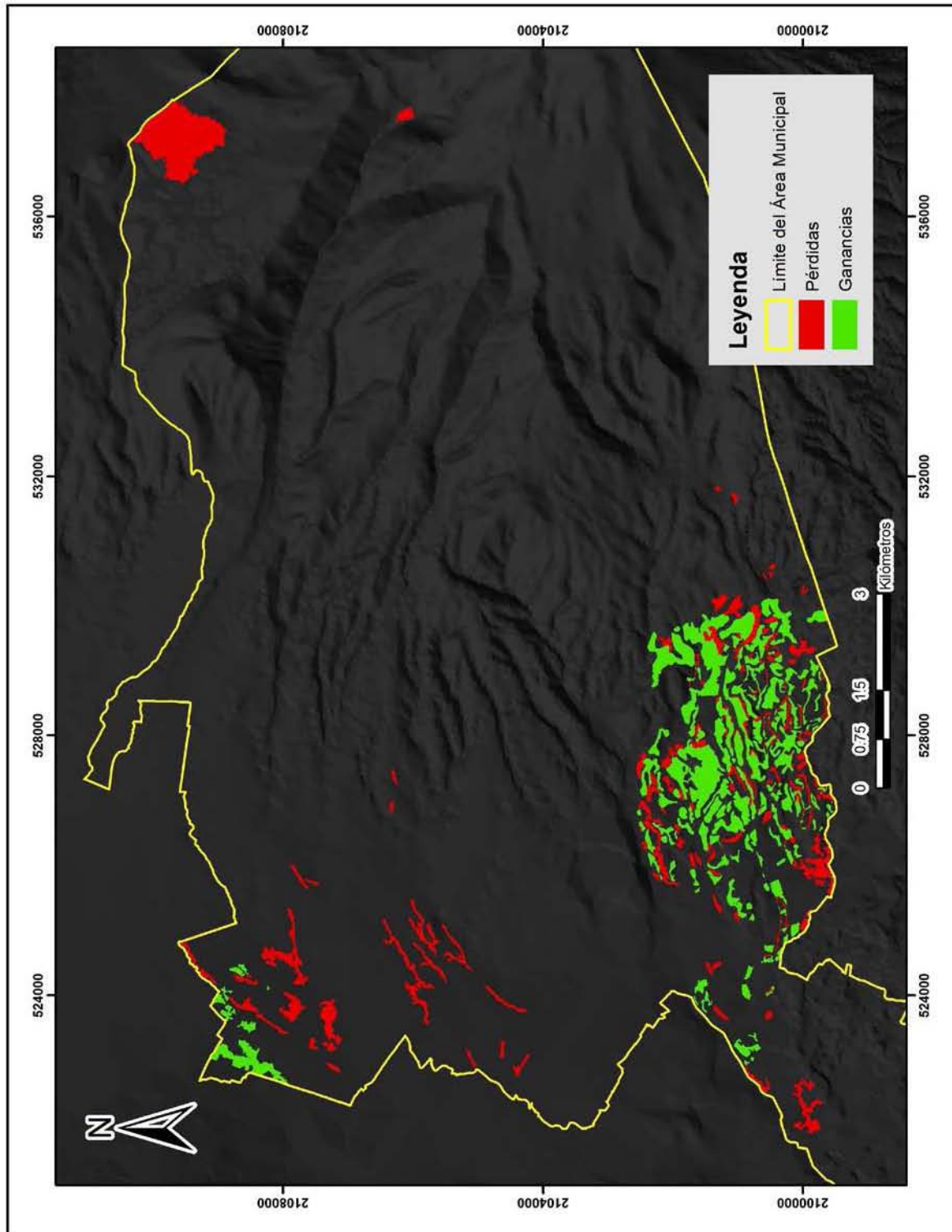


Figura 18. Pérdidas y ganancias de vegetación 2013. Escala visual 1:70,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

Tabla 7. Ganancias de vegetación año 2013.

Transición	Área en 1955 ha	Cambio	Ganancia en ha	Interpretación
Cultivo en 1955 y bosque de cedro en 2013.	4779.14	Bosque de cedro	28.64	Cuando el bosque de cedro gana reemplaza al cultivo
Cultivo en 1955 y bosque de oyamel en 2013.		Bosque de oyamel	4.89	Cuando el bosque de oyamel gana reemplaza al cultivo
Cultivo en 1955 y bosque de encino en 2013.		Bosque de encino	3.17	Cuando el bosque de encino gana reemplaza al cultivo
Cultivo en 1955 y bosque de pino cedro en 2013.		Bosque de pino cedro	2.24	Cuando el bosque de pino cedro gana reemplaza al cultivo
Cultivo en 1955 y bosque de pino encino 2013.		Bosque de pino encino	299.27	Cuando el bosque de pino encino gana reemplaza al cultivo.
Cultivo en 1955 y matorral en 2013.		Matorral	59.67	Cuando el matorral gana reemplaza al cultivo
Matorral en 1955 y bosque de pino encino en 2013	240.35	Bosque de pino encino	9.59	Cuando el bosque de pino encino gana reemplaza al matorral

Finalmente, los valores calculados de las tasas de cambio para cada cubierta vegetal y uso del suelo, se indican en la (Tabla 8).

*Tabla 8. Tasa de cambio 1955 a 2013.*

Categoría	t1 (ha)	t2 (ha)	Tasa de cambio
VEGETACIÓN FORESTAL			
Bosque de oyamel	3449.31	3418.63	-0.01
Bosque de pino	1690.21	1590.96	-0.10
Bosque de pino encino	1594.35	1762.3	0.17
Bosque de encino	443.09	456.84	0.05
Bosque de pino cedro	109.71	94.95	-0.24
Bosque de encino cedro	1078.08	1051.02	-0.04
Bosque de cedro	55.17	66.27	0.31
Pradera de alta montaña	1081	1176.88	0.14
VEGETACIÓN SECUNDARIA			
Matorral	240.35	329.92	0.54
Pastizal	157.53	163.81	0.06
SIN VEGETACIÓN			
Arenas volcánicas	1626.48	1626.48	0
Suelo o sustrato rocoso desnudo	10.49	18.85	1.01
USO ANTRÓPICO			
Cultivo	4779.14	4376.89	-0.15
Asentamiento humano	417.79	586.04	0.58
Equipamiento	24.85	37.69	0.72

Los valores negativos indican disminución en la superficie del uso de suelo o tipo de vegetación del tiempo 1 (1955) al tiempo 2 (2013), en tanto que los valores positivos significan incrementos de las coberturas.

En general las variaciones en el periodo considerado tanto positivas como negativas indican cambios relativamente menores en el patrón de las cubiertas, aun cuando el periodo es relativamente amplio (58 años).

La tasa de cambio más notoria ocurrió por una pérdida general de vegetación que dio paso al incremento de superficies de suelo desnudo (1.01), observándose también incrementos de las superficies de equipamiento (0.72), asentamientos humanos (0.58), matorrales (0.54), bosques de cedro (0.31) mientras que las tasas que indican disminución se aprecian principalmente en bosques de pino cedro (-0.24), cultivos (-0.15). Finalmente permanecieron sin cambios ( $t=0$ ) las arenas volcánicas.

#### 6.5. Conservación y propiedad

En el área de estudio se presentan dos formas de propiedad: la privada y la social, en sus dos modalidades, bienes comunales y ejidos. La mayor parte de la superficie 12180.61 ha (72.68%) corresponde a bienes comunales, siguiéndole en orden de extensión los ejidos 3798.43 ha (22.66%) y la propiedad privada 778.38 ha (4.64%) (Figura 19).

*Tabla 9. Conservación y tipo de propiedad.*

Conservación	Ejidal %	Comunal %	Privada %
Bien Conservado	48.21	57	0.4
Conservado	4.23	0.15	0
Perturbado	1.61	6.92	31.62
Muy perturbado	45.01	19.82	32.86
Vegetación Ausente	0.92	16.12	35.09

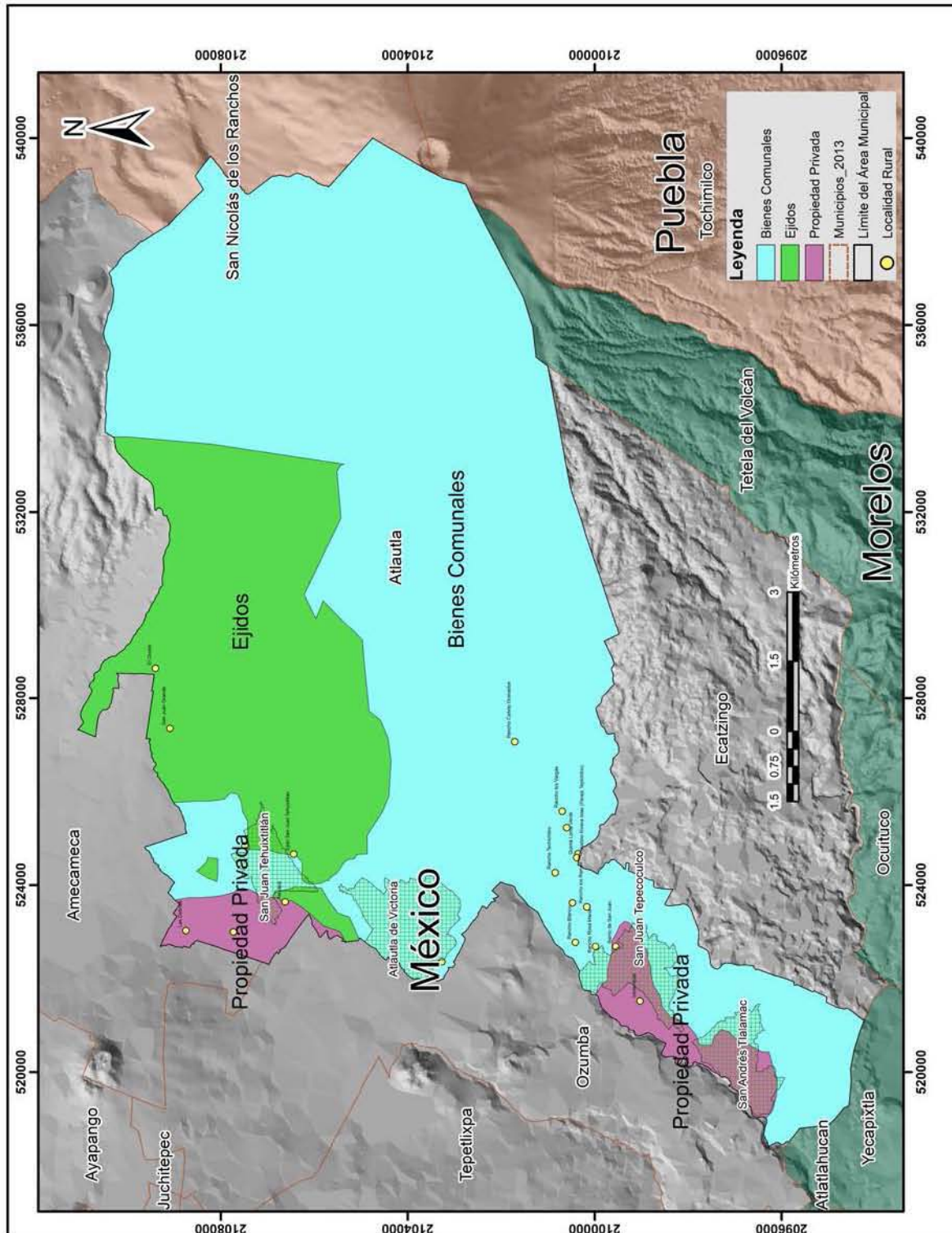


Figura 19. Tipo de propiedad en el área de estudio. Escala visual 1:100,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

Al combinar el mapa de formas de propiedad con el mapa de conservación se observaron los siguientes patrones:

#### 6.5.1. Propiedad ejidal

Los terrenos ejidales presentan una proporción de áreas casi equivalente entre las categorías (Tabla 9) “Bien Conservado” y (48.21%), “Muy Perturbado” (45.01%) con presencia mínima de las otras categorías: Conservado (4.23%), “Perturbado” (1.61%) y “Vegetación Ausente” (0.92%). Las categorías dominantes están claramente diferenciadas espacialmente, correspondiendo, de acuerdo con el mapa de cubiertas de uso del suelo, las áreas muy perturbadas a asentamientos humanos y terrenos de cultivo y las áreas conservadas a zonas con bosques de coníferas, bosques de pino y bosques de pino abierto.

El bosque se introduce y adquiere continuidad en las áreas muy perturbadas con uso agrícola y asentamientos humanos a través de los barrancos que descienden por la ladera en sentido este-oeste y terminan conectándose con los barrancos menores (segundo y tercer orden), los cuales presentan la condición de conservado (C). La pequeña porción identificada con el nivel perturbado (P), corresponde a matorrales y pastizales inducidos (Figura 20).



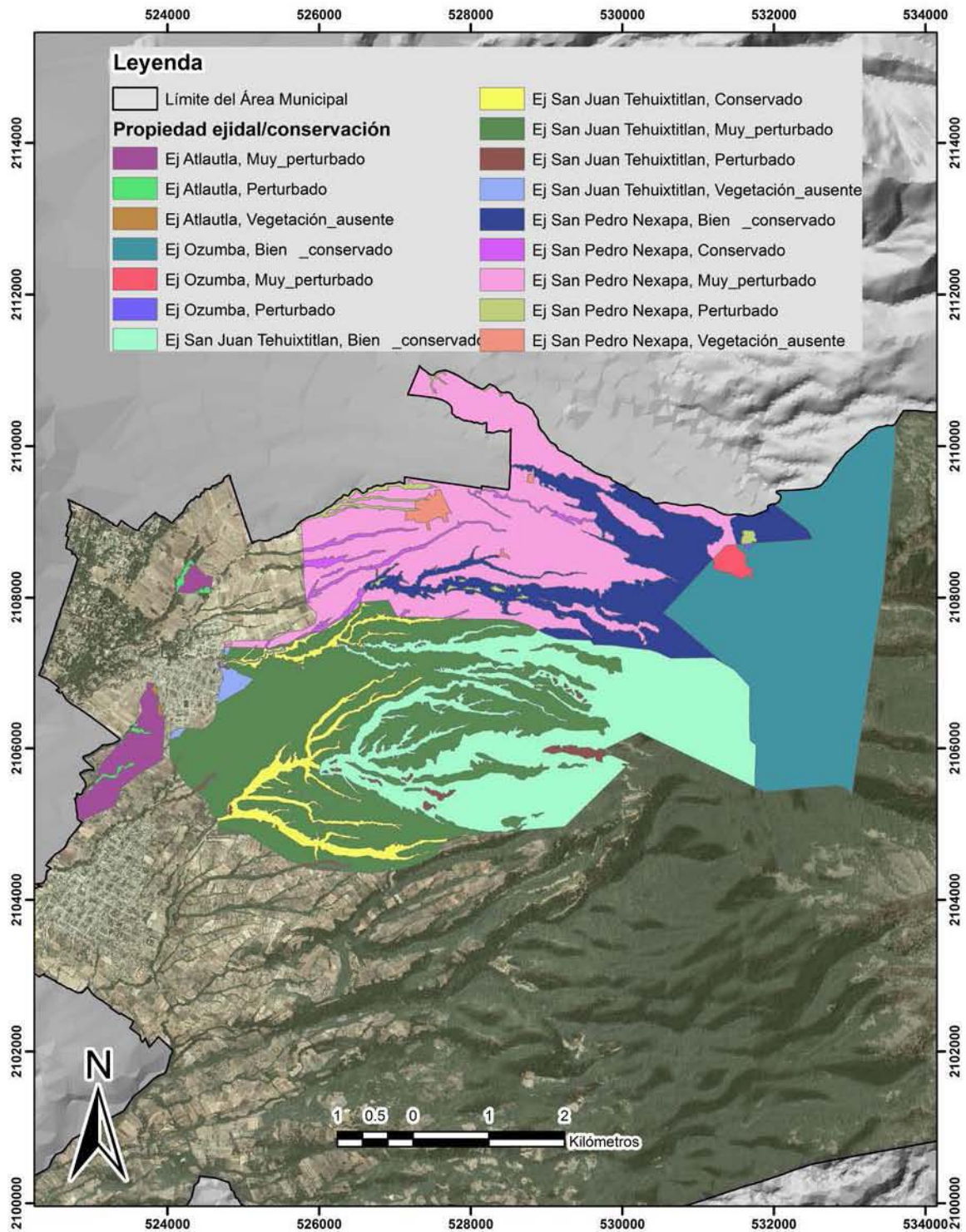


Figura 20. Estado de conservación en el territorio de propiedad ejidal. Escala visual 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

### 6.5.2. Bienes comunales

En lo que respecta al territorio de bienes comunales hay dominancia de la categoría “Bien Conservado”, (Tabla 9) ocupando el (57%) de la superficie; siguiéndole en orden descendente las categorías Muy Perturbado (19.82%), Vegetación Ausente (16.12%), Perturbado (6.92%) y Conservado (0.15%) (Figura 21). Las áreas bien conservadas corresponden a las masas forestales de mayor tamaño del área de estudio, incluyen bosques de oyamel, de encino, cedro y asociaciones de estas (pino-encino, pino-cedro y encino-cedro). Los bosques, principalmente los de oyamel, están estrechamente asociados a las laderas de pendientes fuertes y grandes cañadas que descienden del volcán Popocatepetl. Los bosques se introducen a manera de corredores ramificados en sentido descendente hacia el oeste en la zona determinada por perturbación alta (Muy Perturbada) y que corresponde a las áreas agrícolas que rodean a los asentamientos humanos. La condición Bien Conservado se mantiene hasta la parte baja final de los barrancos, estableciéndose así la conectividad de la vegetación con las áreas mayores de bosques de las partes altas.

Las áreas definidas como “Vegetación Ausente” se refieren dos tipos de cubierta disímiles entres sí: por un lado son las zonas de asentamientos humanos de la parte occidental del área de estudio, donde la ausencia de vegetación es resultado de un evidente impacto antrópico, mientras que en un contexto distinto las grandes extensiones sin vegetación localizadas en el extremo oriental a partir de los 4,200 msnm están ocupadas por las arenas volcánicas de la ladera erosiva del volcán y tal ausencia de cubierta vegetal es causada por condiciones estrictamente naturales, tales como la ausencia de un suelo estable y bien constituido y las condiciones climáticas extremas a estas altitudes.

En cuanto a las áreas con condición “Muy Perturbado”, estas se concentran en la parte occidental y suroccidental del área, en zonas agrícolas en las que se insertan

de manera recurrente los corredores definidos por los barrancos que conectan los bosques remanentes de las partes bajas con las grandes áreas forestales de la ladera del volcán. Debido a esta particularidad geomorfológica (presencia de abundantes barrancos) ocurre una fragmentación del área agrícola y una extensa red de interconexión de la vegetación forestal.

Las áreas con el atributo “Perturbado” se presentan con tres expresiones geomorfológicas; en el extremo noroccidental del área esta condición se observa en los barrancos menores (tercer orden), que rodean a los asentamientos humanos y que corren en sentido SW-NE a través de los campos agrícolas. Esta condición también se observa en fragmentos insertados dentro de la masa de bosques maduros de coníferas, en la franja de intersección de la ladera volcánica con el piedemonte donde se originan los barrancos que descienden a las áreas agrícolas. Estos fragmentos corresponden a matorrales formados por abandono de campos agrícolas previamente utilizados aprovechando los pequeños valles intermontanos formados por el desarrollo geomorfológico de la zona. Una tercera variante de la condición “Perturbado” se puede identificar en la sección sur-occidental del área, la cual corresponde a una zona de lomeríos en los que se alternan áreas agrícolas en las secciones planas o de pendiente suave y matorrales, bosques perturbados de encino, de pino-encino y vegetación secundaria (cedro). La distribución de los fragmentos está claramente definida por la disposición y la alternancia de lomeríos y terrenos planos.

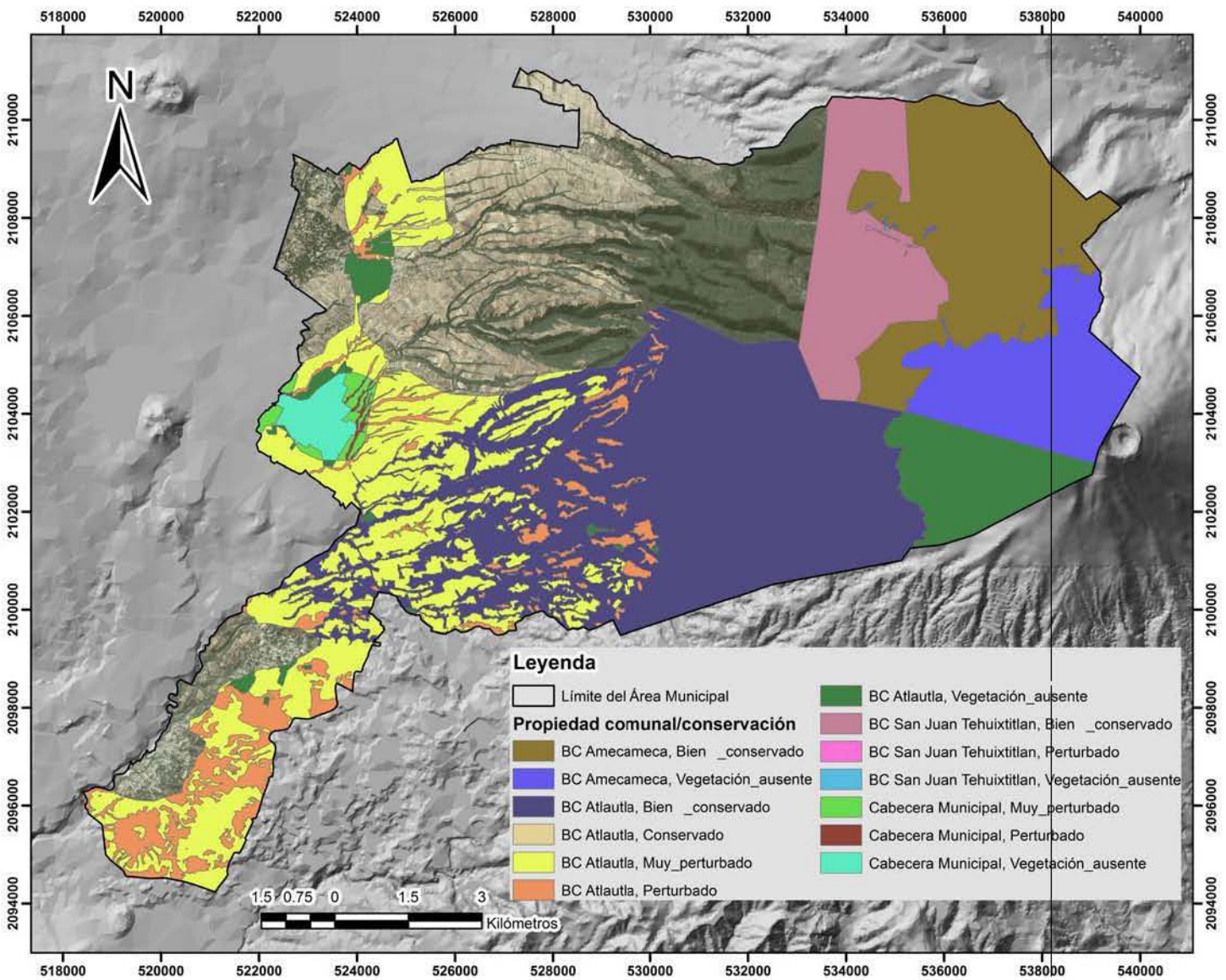


Figura 21. Estado de conservación en el territorio de propiedad comunal. Escala visual 1:100,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

### 6.5.3 Propiedad Privada

La fracción territorial de propiedad privada marcadamente repartida de manera proporcional entre las condiciones (Tabla 9) “Vegetación Ausente” (35.09%), “Muy Perturbado” (32.86%) y “Perturbado” (31.62%) (Figura 22). Este tipo de propiedad se presenta solo en dos secciones menores del área de estudio, con un polígono en la parte noroccidental y otro en la parte suroccidental, asociados principalmente a los asentamientos humanos. En ambas secciones las áreas de “Vegetación Ausente” están definidas por las secciones urbanizadas, mientras que la condición “Muy Perturbado” se aplica a campos agrícolas y el atributo “Perturbado” se origina de la sustitución de la vegetación original, bosques de pino en la sección norte y bosques de encino en la sección sur, por especies introducidas, principalmente cedro blanco (*C. lindleyi*).

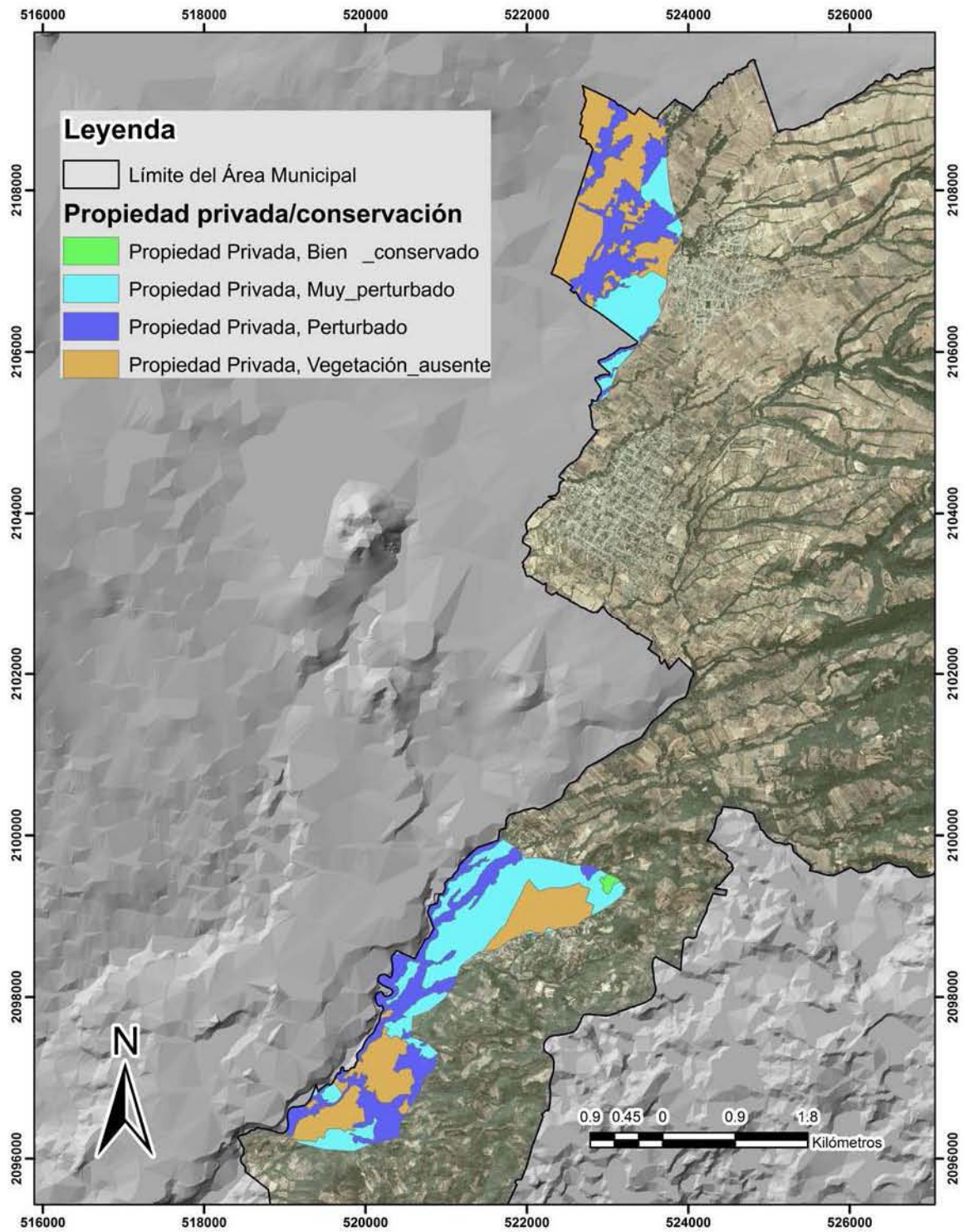


Figura 22. Estado de conservación en el territorio privado. Escala 1:60,000. Elaboró: Oziel Ayala Anaya.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 7.1. Uso del suelo actual

No obstante la problemática en torno a los bosques que en general se presenta actualmente en todo el país, relativa a la acelerada perturbación antrópica (Sousa, 1984, 1985; Vega *et al.* 2003) expresada principalmente en los cambios de uso del suelo por causas de orden socioeconómico y que ha conducido a la pérdida gradual de grandes masas forestales en favor actividades económicas (Bolaños, 1990; Foley *et al.* 2005), en el área de estudio el patrón de uso del suelo actuales parece ser consistente con la vocación natural del territorio (*sensu* INEGI, 2009), es decir, se tienen usos antrópicos (cultivos, asentamientos humanos, equipamiento, y vías de comunicación, entre otros) en las secciones del territorio donde son más aprovechables y menos riesgosas. Estos usos culturales se distribuyen en los sitios más accesibles, morfológicamente estables, con suelos fértiles y climas favorables que garantizan una mayor productividad, en tanto que las masas forestales, cuya diversidad de asociaciones y tipos de vegetación es consistente con el panorama esperado de acuerdo con los antecedentes bibliográficos (Rzedowski, 2006; Galicia y García-Romero 2007), se distribuyen en las secciones con las que, desde el punto de vista geomorfológico, tienen mejor asociación natural.

La diversidad de usos del suelo en el área puede ser interpretada como favorable, ya que los patrones dominados por un solo tipo de uso de suelo intensivo están relacionados con mayor degradación ambiental y mayor pérdida en biodiversidad y en la calidad de los suelos, entre otros efectos (Persson *et al.*, 2010), La diversidad de los usos del suelo favorece sistemas flexibles, dinámicos y complejos que permiten la adaptabilidad de las actividades económicas a las condiciones biofísicas (Farshad y Barrera-Bassols, 2003), con menores impactos en términos de degradación ambiental. En términos de la transformación del territorio en el periodo de tiempo considerado, donde los resultados arrojaron bajas tasas de cambio, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

Se infiere una dinámica de cambio relativamente lenta, lo cual establece un fenómeno distinto al reportado en otros estudios sobre el tema donde las tasas de cambio son mayores y los cambios se dan entre 25 y 30% (Berlanga *et al.*, 2010) incluso en periodos más cortos, los que hace una dinámica más fácilmente apreciable.

En la dirección de los cambios ocurridos no se aprecia con certeza el patrón esperado ya que dicho cambio ha seguido direcciones diversas, donde los usos agrícolas, los cuales se esperaba que hubiesen aumentado, en realidad mostraron pérdidas, en favor de alguno de los tipos de bosque, como los de pino-encino y cedro. Por otro lado, un uso antrópico que si respondió al incremento esperado (dentro de las proporciones mínimas encontradas) fueron los asentamientos humanos.

## 7.2. Conservación de las comunidades vegetales

Los resultados expresados en el mapa de conservación (Figura 15) mostraron una relación aparentemente clara con la altitud, sin embargo este factor no explica por si solo la distribución de las distintas áreas-categorías de conservación, ya que existe una amplia sobreposición altitudinal entre estas, lo cual podría interpretarse, en términos espaciales, como una mezcla, sin embargo en la perspectiva bidimensional del mapa, la separación y el patrón espacial de las categorías es fácilmente apreciable, lo cual sugiere la asociación del estado de conservación con uno o varios factores ambientales, además de la altitud, que determinan dicho patrón. Teniendo en cuenta las características físico-geográficas del área de estudio los factores más evidentes como causa de las variaciones en el nivel de conservación son de dos tipos: físicos, relacionados con la altitud, como el relieve y los atributos geomorfológicos de la zona de estudio y, antrópicos, es decir aquellos derivados de la presencia y actividad humana.

En el caso de los factores físicos, resulta evidente la influencia del relieve y las geoformas asociadas. En ese sentido las áreas bien conservadas (BC) no solo se



relacionan con las mayores cotas altitudinales, sino a la presencia de pendientes abruptas y grandes cañadas que caracterizan las laderas del volcán Popocatepetl.

El hecho de que se encuentren comunidades vegetales de este nivel de conservación en pisos altitudinales bastante inferiores puede explicarse a partir de un rasgo geomorfológico característico de esta zona, y que se refiere a la gran cantidad de barrancos con distinto orden de conectividad se originan en la laderas y que recorren el área en sentido este-oeste insertándose hasta las partes bajas del piedemonte y la llanura aluvial que le precede. Estos barrancos hacen la función de corredores biológicos que permiten la continuidad de las comunidades vegetales y su variación altitudinal sin grandes efectos de perturbación.

Desde el punto de vista de los factores antrópicos, es destacable el hecho de que las áreas que rodean a los barrancos son terrenos relativamente planos donde los cultivos constituyen es el uso de suelo predominante, de tal manera que conforman una extensa matriz de campos agrícolas (categoría “Muy Perturbado”) dentro de la cual se inserta la red de corredores determinada por los barrancos. Asimismo, la presencia de asentamientos humanos y sus complementos (vías de comunicación y equipamiento) es otro factor determinante de la perturbación de las comunidades vegetales en sus cercanías.

Por otro lado, dentro del polígono del área de estudio destaca la presencia, a partir de la cota de los 3600 msnm, de una sección perteneciente a una Área Natural Protegida creada en 1935: el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. El Parque Nacional es el remanente más importante de bosques de coníferas y praderas de alta montaña en el centro del país. Su importancia radica no sólo en la extensión de bosques en buen estado de, sino en la diversidad de su flora y fauna. La permanencia de estos ecosistemas permite la continuidad de los procesos naturales y garantiza la calidad de los servicios ecosistémicos que son fundamentales para los habitantes de los valles centrales de México, Puebla y Morelos, la macroregión más poblada del país (CONANP 2013).

Aunque las políticas de uso del suelo establecidas en el Programa de manejo del parque, contribuyen evidentemente a la conservación de las comunidades vegetales, los resultados de esta investigación mostraron que el atributo de una buena conservación (BC) también ocurre en el exterior del área protegida, es decir en altitudes menores de los 3600 msnm, permitiendo hipotetizar la influencia de factores distintos a los las políticas del parque, pero igualmente efectivas. Estas razones están relacionadas en sentido físico-geográfico, como ya se ha indicado con el relieve y la geomorfología mientras que, en el contexto social, se relaciona con las formas de propiedad, como se analiza en los párrafos siguientes.

### 7.3. Conservación y propiedad

Con los antecedentes históricos regionales y la hipótesis planteada para el estudio, se esperaba un escenario marcado por el deterioro de las comunidades vegetales naturales, atribuible a causas antrópicas, sin embargo la investigación mostró que las condiciones prevalecientes son más variables de lo que tal expectativa pudiera sugerir.

En el caso de los terrenos de propiedad privada donde se concentra la mayor densidad de población y equipamientos dispersos, era comprensible esperar los más altos regímenes de disturbio y paisajes drásticamente transformados (Hudson *et al.*, 2006). Sin embargo la superficie bajo este régimen es comparativamente menor con respecto a la propiedad social.

El problema ambiental observado está estrechamente relacionado con un trasfondo de orden socioeconómico en que el crecimiento de la población ha obligado a la utilización de la propiedad privada para satisfacer las necesidades de vivienda o actividad económica local, sin dejar de considerar una fracción de habitantes que han emigraron en busca de mejores oportunidades.

En las áreas de propiedad social, sin embargo la superficie conservada y bien conservada es proporcionalmente mayor y aunque tiene un alto potencial económico, los ejidatarios y comuneros subsisten bajo condiciones de pobreza. De acuerdo con estudios paralelos a la presente investigación, este fenómeno socioambiental debe ser entendido desde un contexto local, como resultado de los conflictos de poder internos (Méndez *et al.* en prensa). Existe en Atlautla una situación que parece paradójica: los bosques que ocupan el sector alto de la vertiente (>2700 msnm) se encuentran bien conservados y la comparación histórica aquí reportada demuestra la permanencia de tal estado de conservación a través del tiempo. Tal fenómeno parece tener relación con las formas de propiedad de la tierra, y por lo tanto de sus recursos.

El territorio correspondiente a bienes de propiedad social contiene la mayor parte de las masas forestales, es decir, el bosque y la montaña son patrimonio común y, contrariamente a cualquier predicción clásica (*sensu* Hardin 1968: *La tragedia de los comunes*), el recurso no se ha perdido a causa de “ser de todos” ni se ha deteriorado como resultado predecible de la globalización (Cañizares 2013). Sin embargo, los resultados sugieren que tal estado de conservación no responde a una actitud planeada o consiente de los poseedores, ni siquiera a una tendencia cultural o ecológicamente explicable, sino que es producto de una marcada ausencia de cohesión social, de la existencia de conflictos entre grupos y del papel desempeñado por liderazgos basados en intereses ajenos al beneficio común. Dicha situación se ha reflejado en el hecho repetido de que cualquier intento de apropiación y el correspondiente uso del recurso, por cualquiera de los actores sociales, individual o grupal, es cuestionado, descalificado y bloqueado por su contraparte, causando la inmovilidad de las condiciones del recurso territorial, por desacuerdos irreconciliables hasta la fecha.

## 8. CONCLUSIONES

El desarrollo del trabajo permitió poner en práctica un método para el estudio del territorio y sus recursos naturales, fundamentado en la utilización de materiales remotos como fuente de información y de sistemas de información geográfica como herramienta análisis de datos y presentación de resultados. En este caso los resultados fueron satisfactorios, de acuerdo a lo esperado aun cuando, para el caso específico de la comparación histórica, el tipo y calidad de los materiales no fue homogénea. Conviene mencionar que la gran utilidad y potencial de los SIG's, pueden ser optimizados mediante el uso de software complementario para necesidades específicas, como en esta caso lo fue Global Mapper.

La diversidad y arreglo espacial (distribución horizontal y vertical) de las comunidades vegetales en el área de estudio, corresponden con las caracterizaciones documentadas en la literatura y trabajos recientes sobre ecosistemas de montaña y particularmente en la región de la Sierra Nevada, considerando obviamente, los procesos de transformación que operan a nivel regional y local.

La combinación de usos del suelo y vegetación refleja las características ambientales del área, lo cual se aprecia especialmente desde el punto de vista físico-geográfico, donde las comunidades vegetales están determinadas por la complejidad del gradiente altitudinal y las condiciones particulares del relieve y la geomorfología, quedando evidentemente implícitas las variaciones climáticas y de otros factores asociados como los edafológicos, los cuales, aun cuando no se discuten en esta trabajo por no corresponder a su enfoque y alcances, si se reconocen a priori como fundamentales en la definición de la diversidad y atributos de la vegetación.

Se comprende la dominancia de los bosques de coníferas y los pastizales alpinos en las altitudes medias y altas en el contexto del paisaje del área de estudio. Las partes bajas con una pendiente suavizada que permite el desarrollo de actividades antrópicas, principalmente la agricultura y los asentamientos humanos.

Destaca, desde el punto de vista ecológico la presencia del gran número de barrancos insertados en el relieve de las partes bajas, estas geoformas conectan con las áreas forestales de la ladera volcánica y que a manera de corredores mantienen la conectividad y continuidad de la vegetación y de los procesos ecológicos relacionados. En este caso es el relieve al factor determinante del estado de conservación de los bosques que crecen al interior de dichos barrancos.

Se estableció una escala del grado conservación similar a las utilizadas en trabajos de diagnóstico y ordenamiento territorial, la cual se adaptó adecuadamente a la escala, enfoque y método de este estudio. De acuerdo con ésta parte de trabajo, el nivel de conservación es resultado de la combinación de los factores físico-geográficos tal como se interpretaron en los párrafos anteriores en combinación con factores determinantes de origen antrópico, como lo es la forma de propiedad de la tierra.

La forma de tenencia de la tierra condiciona también el estado de conservación, donde la propiedad social, sobre todo la modalidad de bienes comunales se asocia directamente con los estados más altos de conservación y la propiedad privada representa los usos más intensos y las perturbaciones mayores,

El análisis que se desarrolló sobre la base cartográfica elaborada con materiales remotos mostró la eficiencia metodológica del uso de sistemas de información geográfica para la generación de resultados apropiados para fines prácticos tales como la elaboración de diagnósticos de los recursos naturales (en este caso vegetación) asociados generalmente a trabajos de ordenamiento y planificación territorial o bien a estudios de impacto ambiental.

## Bibliografía

- Bassols, B., Á. (1993). *Geografía económica de México. Teoría, Fenómenos Generales, Análisis Regional*. México: Trillas.
- Beeby, A. (1995). *Applying Ecology*. Reino Unido: Chapman & Hall.
- Begon, M., et. al. (2005). *Ecology: from individuals to ecosystems*, 4th ed. Estados Unidos de América: Willey-Blackwell.
- Bolaños, F. (1990). *El impacto biológico, problema ambiental contemporáneo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, p.p. 476.
- Brown, J. H. and Gibson A.C. (1983). *Biogeography*. Estados Unidos de América: Mosby.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. México: Instituto de Biología-UNAM, p.p. 847.
- Enciso, J., L. (1990). *La fotointerpretación como instrumento de apoyo a la investigación urbana*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 47.
- Flores, M. (1971). *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. México: Secretaría de Recursos Hidráulicos, pp. 59.
- Flores, V.O. y Gerez P. (1989). *Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo*. México: Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos.
- \_\_\_\_\_. (1994) *Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*, segunda edición. México: CONABIO-UNAM.
- Hilty, J., et. al. (2006). *Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Estados Unidos de América: Island Press.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Guía para la Interpretación de Cartografía, Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie III*. México: el autor, pp. 77.
- \_\_\_\_\_. (2005). *Guía para la Interpretación de Cartografía. Uso Potencial del Suelo. Escala 1:250 000*. México: el autor, pp. 89.
- \_\_\_\_\_. (2010). *Prontuario de Información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. México: el autor.
- Kreb, C. (1998). *Ecological Methodology*. 2a ed. Canadá: Addison-Welsey.
- Lenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. México: Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 847.

- Loidi, J. (1994). *Phytosociology applied to nature conservation and land management*, en Song, Y., et. al., editores, *Applied Vegetation Ecology. 35th Symposium LAVS in Shanghai*. China: East China Normal University Press, pp. 17-30.
- Mas, J., et. al. (1996), *Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing*. ITC J. 3: 278 – 283.
- Ondarza, R.N. (1993). *Ecología: El Hombre y su Ambiente*. México: Trillas.
- PROCEDE. (2004). *Núcleos agrarios. Tabulados básicos por municipio. Michoacán de Ocampo. Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares*. PROCEDE, abril de 2002 a agosto de 2004. México: el autor.
- Rojas-Mendoza, P. (1965). *Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora*. Tesis Doctoral. México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 124 + 75 pp.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. edición digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 504.
- Slaymaker, D. (2003). *Using georeferenced large-scale aerial videography as a surrogate for ground validation data* en Wulder M.A., et.al., editores, *Remote sensing for forest environments: concepts and case studies*. Cánada: Kluwer, Hardbound, pp. 469-488.
- Sousa, W. P. (1985). *Disturbance and patch dynamics on rocky intertidal shores*, en: Pickett S. T. y White P. S. (Eds.) 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Estados Unidos de América: Academic Press., p.p. 101-124.
- Turner, M.G., Gardner R.H. and O'Neill R.V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Estados Unidos de América: Springer-Verlag Inc.
- Vega E., et al. (2003). *Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas*, en: Sánchez O., et. al. *Conservación de ecosistemas templados de montaña*. México: INE-SEMARNAT.
- \_\_\_\_\_. (2003). *Evaluación indirecta del disturbio mediante la combinación de estrategias de modelaje: un ejemplo con la cuenca de Valle de Bravo, Estado de México*. México: el autor.
- Verhoef, H., et. al. (2009). *Community Ecology: processes, models and applications*. Estados Unidos de América: Oxford University Press.
- Wilson, E. (1992). *The diversity of life*. Estados Unidos de América: The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, p. 424.

**Revistas Especializadas.**

- Aragón–Piña E., A. Garza–Herrera, M. S. González–Elizondo, I. Luna–Vega. (2010). *Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Durangueño, en la Sierra Madre Occidental*, en *Biodiv.* vol.81, no.3, México: UNAM, Instituto de Biología, p.p. 771 – 787.
- Arita, H.T. (1993). *Riqueza de especies de la mastofauna de México*, en: Medellín R. A and Ceballos G. (eds). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. México: Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., pp. 109-128.
- Åsa Ode, Mari S. Tveit & Gary Fry (2008): Capturing Landscape Visual Character Using Indicators: Touching Base with Landscape Aesthetic Theory, *Landscape Research*, 33:1, 89-117
- Berlanga, R., et. al. (2010). *Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000)*. *Investigaciones Geográficas en: Boletín del Instituto de Geografía*, no. 72, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 7-22.
- Cañizares, R. (2013). *Sostenibilidad y turismo: de la documentación internacional a la planificación en España <Horizonte 2020>*, en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 61. España: Asociación de Geógrafos Españoles, p.p. 67-92.
- Farshad, A. and Barrera-Bassols, N. (2003) *Historical anthropogenic land degradation related to agricultural systems: case studies from Iran and Mexico*, en: *Geografiska annaler*, series A. Physical geography, 85 (2003)3-4 pp. 277-286.
- Foley, J. A., et. al. (2005). *Global consequences of land use* en: *Science*, vol 309, num 5734. Estados Unidos de América: Advanced Science-Higwire Press, pp. 570-574.
- Galicia, L., et. al. (2007). *Land use and land cover change in highland temperate forests in the Izta-Popo National Park, Central Mexico* en: *Mountain Research and Development*, vol. 27, issue 1. Suiza: International Mountain Society. , pp. 48-57.
- González, M., et. al. (2004). *El PROCEDA y el Piso en la incorporación del suelo de propiedad social a usos urbanos en los municipios conurbados de la ZMCM* en: *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 56, mayo-agosto. México: El Colegio de México A.C., pp. 313-375.
- Hannah, L., et. al. (1994). *A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems* en: *AMBIO*, vol. 23 no. 4/5 july. *Estados Unidos de América: Springer*, pp. 246-250.
- Hardin, G. (1968). *The Tragedy of the Commons*, en: *Science*, Vol. 162, No. 3859. Estados Unidos de América: Advanced Science-Higwire Press, pp. 1243-1248.
- Leopold, S. A. (1950). *Vegetation zones of Mexico* en: *Ecology*, vol. 31, no. 4. Estados Unidos de América: Ecological Society of America, pp. 507-518.
- Loidi, J. (2008). *La fitosociología como proveedora de herramientas de gestión* en: *Lazaroa* vol. 29 Universidad Complutense de Madrid. España, pp. 7-17.



- Márquez, G. *et. al.* (2009). *Ensayo para la determinación del estado de conservación de la vegetación en: Folia Botanica Extremadurensis* vol. 4. España: Junta de Extremadura, pp. 4-15.
- Miranda, F., *et. al.* (1963). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*, en: *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, núm. 28. México: Sociedad Botánica de México, pp. 29-179.
- Mittermeier, A.R. y C.G. Mittermeier. (1992). *La importancia de la diversidad biológica de México. In México ante los retos de la biodiversidad*, J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. p. 63-74.
- Nascimento, R.J. (1991). *Discutiendo números de desmatamento*, en: *Interciencia* 16(5), Venezuela: Asociación Interciencia, p.p.: 232-239.
- Penas, A., *et. al.* (2005). *A new methodology for the quantitative evaluation of the conservation status of vegetation: the potentiality distance index (PDI)* en: *Fitosociología* vol. 42 no. 2. Italia: Società Italiana de Fitosociología, pp. 23-31.
- Rzedowski, J. (1966). *Vegetación del estado de San Luis Potosí* en: *Acta Científica Potosina*, vol. 5. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas p.p 5-291.
- Sousa, W. P. (1984). *The role of disturbance in natural communities* en: *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 15. Estados Unidos de América: Annual Reviews, pp. 353-391.
- Taylor, D.R., *et. al.* (1993). *Connectivity is a vital element of landscape structure* en: *OIKOS*, vol. 68, fasc. 3. Estados Unidos de América: Wiley , pp.571-3.
- Treitz, P., *et. al.* (2004). *Remote sensing for mapping and monitoring land-cover and land-use change*, en: *Progress in Planning*, vol. 61, issue 4. Reino Unido: N. Gallent, pp. 269-279.
- Vila, J., *et. al.* (2006). *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía* en: *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, no. 48. España: Universitat de Girona, pp. 151-166.
- Vitousek, P. M. De Antonio, C.M. Loope, L. L. Rejmánek. M. R. Westbrooks. (1997). *Introduced species: A significant component of human-caused global change* en: *New Zealand Journal of Ecology*. 21(1). Nueva Zelanda: New Zealand Ecological Society, p.p. 1-16.
- Whittaker, R. H. (1972). *Evolution and Measurement of species diversity* en: *Taxon*, vol. 21, no. 2/3. Austria: International Association for Plant Taxonomy, pp. 213-251.
- Wiens, J. A. (1976). *Population responses to patchy environments* en: *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 7. Estados Unidos de América: Annual Reviews, pp. 81-120.

### Recursos en línea.

Consejo Nacional de Fomento a la Vivienda. (2004). *Análisis del Marco Jurídico de los Registros Públicos de la Propiedad* en: [www.conafovi.gob.mx](http://www.conafovi.gob.mx), liga a *¿Qué hacemos? - Estudios y Proyectos*, consultado el 22 de enero de 2014.

<http://www.inah.gob.mx/>, consultado el 5 de mayo de 2013.

PAOT y CentroGeo. (2010). *Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal*. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. México, en: <http://paot.org.mx/centro/ceidoc/archivos/pdf/EOT-15-2010.pdf>, consultado el 3 de enero 2014.

Rzedowski J. (2006). *Vegetación de México*, CONABIO. - 2006.-1.-  
[http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/vegetacion\\_de\\_mexico.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/vegetacion_de_mexico.html), consultado el 17 de noviembre de 2014.

SEMARNAT. (2013) [http://iztapopo.conanp.gob.mx/documentos/programa\\_de\\_manejo\\_izta\\_popo.pdf](http://iztapopo.conanp.gob.mx/documentos/programa_de_manejo_izta_popo.pdf) , consultado el 9 de febrero 2015.

### Legislación.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972.

Plan Municipal de Desarrollo Municipal Atlautla 2009-2012, Publicado en la Gaceta Oficial del Ayuntamiento de Atlautla número 1, año 2010.

Acuerdo por el que se da a conocer el Programa de manejo del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de abril de 2013.