



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

**“CAMBIO DE OCUPACIÓN Y USO DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE AGUA
BLANCA, EJIDO DE SANTA MARÍA DEL MONTE, ZINACANTEPEC. PARQUE
NACIONAL NEVADO DE TOLUCA DURANTE EL PERIODO 2000-2009”**

TESIS

**QUE, PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA

ANGÉLICA PEDRAZA ROQUE

DIRECTOR DE TESIS:

SERGIO FRANCO MAASS

FEBRERO DEL 2013

DEDICATORIAS

A Dios, por haberme dado la oportunidad de seguir día a día a pesar de los obstáculos presentes en el camino.

A mi MADRE, por haberme apoyado no solo en este proceso, sino en todas las fases de mi vida, por ser mi fuerza para seguir en el camino.

A mi PADRE, a quien dedico esta tesis, por haber creído en mí durante toda mi carrera, por ser el motor principal para terminar este proceso.

Al Dr. SERGIO FRANCO, por haberme brindado su apoyo para realizar ésta investigación, le agradezco sus regaños y observaciones, fundamentales para culminar esta fase de mi vida.

A el Mtro. HÉCTOR REGIL, por facilitarme las cosas con sus consejos y observaciones, sin tu apoyo no hubiera logrado seguir con ésta investigación.

A mis AMIGAS (OS) por haberme apoyado y seguido durante este proceso, sin olvidar a aquellas personas con las cuales compartí parte de mi vida, a todos, gracias, los tengo en la mente y el corazón.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo obtener los cambios de uso y ocupación del suelo en la localidad de Agua Blanca, durante el periodo de estudio 2000-2009,

Con base en ortofotos digitales del año 2000 así como una imagen de satélite del año 2009, se realizó la digitalización de la información utilizando diferentes metodologías: para realizar la ocupación del suelo se aplicó la metodología propuesta por Regil (2005), en donde se retoma una clasificación de las coberturas del suelo, ésta fue adaptada a la zona de estudio, en el caso del uso del suelo, se aplicó una propuesta metodológica basada en información obtenida directamente de informantes clave mediante entrevistas.

Mediante los Sistemas de Información Geográfica se realizaron los mapas de ocupación del suelo de año 2000 y 2009 así como los mapas de uso del suelo del año 2000 y 2009, los cuales dieron como resultado el cambio de ocupación del suelo y el cambio de uso del suelo del periodo estudiado.

Una vez obtenido el cambio de ocupación y uso del suelo se llevó a cabo el análisis de los cambios ocurridos en la Localidad de Agua Blanca durante el periodo 2000-2009, en donde a manera general se puede decir que las zonas boscosas se han degradado durante este periodo de tiempo derivado (no de su totalidad) del uso del suelo y de factores naturales.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Estado de México, a través de la Facultad de Geografía, por la formación académica recibida, que se ve reflejada a través de éste trabajo de investigación

Al Doctor Sergio Franco Maass, por su apoyo incondicional como mi formador, así como su paciencia y tiempo para culminar ésta tesis.

Al Maestro Héctor Hugo Regil García por los aportes realizados a esta investigación así como su apoyo incondicional para culminar este proceso.

A los Maestros Gustavo Maldonado y Natalia Santana, por colaborar con datos del trabajo de campo realizado en esta investigación.

Al Doctor Miguel Ángel Balderas Platas y a la Doctora Xanat Némiga por las observaciones realizadas para el presente trabajo.

Al CONACYT, por la beca recibida para apoyar éste trabajo de investigación.

Al Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA-UAEM), por todo el respaldo recibido a lo largo de mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	I
RESUMEN	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos particulares	5
ANTECEDENTES	6
Uso del suelo y Cambio de uso del suelo	6
1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	10
1.1 Ocupación del suelo	10
1.2 Uso del suelo	11
1.3 Clasificaciones de ocupación del suelo	11
1.3.1 <i>Clasificación del Inventario Forestal Nacional</i>	11
1.3.2 <i>Sistema de Clasificación de uso del suelo de la CONABIO</i>	12
1.3.3 <i>Sistema de clasificación de la ocupación del suelo del INEGI (1972)</i>	12
1.4 Clasificación de uso del suelo	13
1.5 Herramientas de interpretación para el uso del suelo	15

1.5.1 Entrevista	15
1.6 Sistemas de Información Geográfica	16
1.6.1 Definición de los Sistemas de Información Geográfica	16
1.6.2 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica	16
1.6.3 Tipos de SIG	17
1.6.4 El proceso de digitalización de información geográfica	19
1.6.5 Operaciones de un SIG para el análisis de cambio de cobertura	19
1.7 La fotointerpretación	21
1.7.1 Elementos para el análisis de fotografías	21
1.7.2 Características de la imagen fotográfica	22
1.8 Ortofoto	22
1.9 Marco de referencia	23
1.9.1 Ubicación	23
1.9.2 Caracterización física	24
1.9.3 Caracterización socioeconómica	24
1.9.4 Ubicación geográfica de la localidad de Agua Blanca	26
2. METODOLOGÍA	28
2.1 Elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2000	29
2.1.1 Fuentes de Información	29
2.1.2 Digitalización	29
2.1.3 Interpretación	29
2.1.4 Definición de coberturas	30
2.1.5 Limpieza, topología y etiquetas de mapa	30
2.1.6 Exportación de coberturas con base de datos	31
2.1.7 Reclasificación	31
2.2 Elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2009	33

2.2.1 Fuentes de Información	33
2.2.2 Mapa de ocupación del suelo del año 2009	34
2.2.3 Reclasificación	34
2.3 Cambio de ocupación del suelo del periodo 2000-2009	34
2.3.1 Importación de las coberturas del año 2000 y 2009	34
2.4 Elaboración del mapa de uso del suelo del año 2000	35
2.4.1 Fuentes de información	35
2.4.2 Levantamiento de la información	35
2.4.3 Digitalización	36
2.4.4 Limpieza del mapa y creación de la topología	36
2.4.5 Clasificación y etiquetado de los tipos de uso del suelo	37
2.4.6 Exportación de los usos del suelo con base de datos	37
2.4.7 Mapa de uso del suelo del año 2000	37
2.5 Elaboración del mapa de uso del suelo del año 2009	38
2.6 Elaboración del mapa de cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009	38
3. RESULTADOS	40
3.1 Ocupación del suelo	40
3.1.1. Ocupación del suelo del año 2000	40
3.1.2. Ocupación del suelo del año 2009	41
3.1.3 Cambio de ocupación del suelo periodo 2000-2009	42
3.2 uso del suelo	47
3.2.1 Uso del suelo del año 2000	47
3.2.2 Uso del suelo del año 2009	49
3.2.3 Cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009	52
3.3 Cambio de uso y ocupación del suelo del periodo 2000-2009	61
3.3.1 Cambio de ocupación del suelo	62
3.3.2 Cambio de uso del suelo	62

3.3.3 Cambios de ocupación y uso del suelo	63
DISCUSION	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificaciones de uso del suelo	14
Cuadro 2. Municipios y localidades dentro del PNNT	24
Cuadro 3. Clasificación de la ocupación del suelo del año 2000	30
Cuadro 4. Reclasificación de la ocupación del suelo	32
Cuadro 5. Clasificación de uso del suelo del año 2000	37
Cuadro 6. Clasificación de uso del suelo del año 2009	38
Cuadro 7. Ganancia/pérdida de la ocupación del suelo del periodo 2000-2009	42
Cuadro 8. Matriz de transiciones de la ocupación del suelo del periodo 2000-2009	44
Cuadro 9. Ganancia/pérdida del uso del suelo del periodo 2000-2009	52
Cuadro 10. Matriz de transiciones del cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de la tabulación cruzada.	20
Figura 2. Localización del PNNT	23
Figura 3. Diseño de investigación	28
Figura 4. Dinámica de evolución de densidad para coberturas forestales	31
Figura 5. Ocupación del suelo del año 2000	40
Figura 6. Ocupación del suelo del año 2009	41
Figura 7. Cambio de ocupación del suelo del periodo 2000-2009	43
Figura 8. Uso del suelo del año 2000	49
Figura 9. Uso del suelo del año 2009	50
Figura 10. Cambio de uso del suelo en las zonas de extracción de hongos 2000-2009	54
Figura 11. Cambio de uso del suelo en las zonas de pastoreo 2000-2009	56
Figura 12. Cambio de uso del suelo en las zonas de tala 2000-2009	58
Figura 13. Cambio de uso y ocupación del suelo del periodo 2000-2009	61

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) representa una importante Área Natural Protegida (ANP) con importantes funciones ecológicas para el Valle de Toluca, sin embargo el estado de conservación de sus recursos naturales ha ido en detrimento debido a la presión ejercida por las actividades antrópicas con fines económicos que se ejercen tanto de manera externa como de manera interna por parte de las poblaciones que se encuentran dentro de ella.

La localidad de Agua Blanca pertenece al ejido de Santa María del Monte, y su fundación es relativamente reciente; en el 2003 contaba con tan solo 48 habitantes (H. Ayuntamiento de Zinacantepec, 2003). limita al norte con el ejido de Contadero; al noreste con el Parque de los Venados; al este con el Cráter del Nevado de Toluca; al sureste con ejido de Pueblo Nuevo; al sur con ejido de Coatepec Harinas; al oeste con el ejido el Varal y al noroeste con ejido la Comunidad y el ejido de Albarranes (Nava, 2009). Esta comunidad se localiza dentro del Parque Nacional Nevado de Toluca, el cual se localiza entre los paralelos 18°58' y 19°13' de latitud norte y los 99°37' y 99°58' de longitud oeste,

El suelo de Agua Blanca contribuye con algunas funciones importantes dentro del Parque Nacional Nevado de Toluca, entre las que están ser soporte de las raíces de las plantas y proveerles sustancias para su alimentación, retener y captar de agua que posteriormente será utilizada por organismos de suelos y el ser el sustento para la vida de plantas, animales y el hombre (Ortiz y Ortiz, 1984). Las condiciones de estas funciones dependen del adecuado uso y ocupación del suelo, que en una parte considerable del territorio se caracteriza por ser bosque.

La localidad ha venido presentando acelerados procesos de cambio de ocupación y uso del suelo derivado de la principal actividad económica que se practica en la zona, el pastoreo extensivo. Además se enfrenta a otros problemas como la tala ilegal, la extracción de recursos no maderables, el incremento de la población, entre otros.

Por esta razón, el objetivo de la presente investigación es analizar los cambios de ocupación y uso del suelo ocurridos en la localidad de Agua Blanca. Para cumplir con este objetivo, se llevó a cabo la adecuación de diversas metodologías para la determinación del cambio de ocupación de suelo, y se planteó adicionalmente la determinación del cambio de ocupación de suelo.

Este documento cuenta con la siguiente estructura:

Capítulo 1 es el Marco Teórico; en el cual se describen los principales conceptos de ocupación del suelo y uso del suelo, así como las clasificaciones empleadas. De la misma manera, se describen las herramientas utilizadas para trabajar los temas mediante los Sistemas de Información Geográfica.

En el capítulo 2 se presenta la Metodología detallando cada uno de los pasos realizados para cumplir el objetivo general de la investigación. Se retoma la metodología de Regil (2005) y se hace una propuesta metodológica para determinar el uso del suelo de la localidad.

En el capítulo 3 de Análisis de resultados, se detallan los productos obtenidos resultantes de la metodología, así como el análisis de estos, describiendo los procesos que están generando el cambio de ocupación y uso de suelo y su implicación en el estado de conservación del área estudiada.

Finalmente en el capítulo 4, se establecen las conclusiones y recomendaciones, identificando los principales problemáticas encontradas durante el proceso de la aplicación de la metodología y las recomendaciones hechas respecto al trabajo con los dos temas.

JUSTIFICACIÓN

La localidad de Agua Blanca se caracteriza por ser una localidad dedicada al pastoreo extensivo; lo que ha tenido como efecto colateral el deterioro de los recursos naturales de la zona. Sin embargo, se desconoce la distribución espacial de estos efectos; no solo en cuanto al cambio de ocupación de suelo sino en cuanto al uso de suelo. La adecuación de métodos de determinación de transiciones a utilizar, permitirá entender la dinámica de cambios, su intensidad y sus potenciales efectos, lo cual posibilitará a la localidad tener una gestión más adecuada de sus recursos. Adicionalmente, se generará una propuesta para la evaluación del cambio de uso de suelo, lo que ha sido evaluado en estudios anteriores.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La localidad de Agua Blanca pertenece al ejido de Santa María del Monte, Zinacantepec, dentro del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT).

A través de los años el PNNT ha sido sujeto a una creciente presión de las actividades productivas, en donde la actividad dominante es el pastoreo extensivo de ganado ovino y bovino. Esta localidad se encuentra en constante crecimiento y dada su cercanía con la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, se encuentra sujeta a intensos procesos de deterioro y cambio de uso del suelo (Franco, 2009)

La zona está siendo afectada por la falta de regulación y los serios problemas de tenencia de la tierra propiciados por el incremento de la población, la cual se dedica principalmente a la actividad ganadera en donde la apertura de zonas de pastoreo genera una fuerte presión sobre los bosques. Además se encuentra la extracción ilícita de madera (por taladores provenientes de otras localidades), leña y tierra de monte. El sotobosque es utilizado para el pastoreo extensivo de ganado ovino y bovino, lo que impide el renuevo del arbolado, conduce a la disminución de su densidad y favorece la recurrencia de los incendios forestales inducidos. Todo ello está poniendo en peligro la biodiversidad de los ecosistemas (Franco, 2009)

Pese a que se sabe del impacto de estas actividades, se desconocen los patrones de cambio de ocupación y uso del suelo de la localidad de Agua Blanca, por lo que no es viable plantear medidas correctivas, debido a la incertidumbre de los efectos presentados tanto de manera cuantitativa como en distribución espacial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar los cambios de ocupación y uso del suelo que han ocurrido en la localidad de Agua Blanca, ejido de Santa María del Monte durante el periodo 2000-2009.

Objetivos particulares

- Caracterizar la ocupación y uso del suelo en los años 2000 y 2009.
- Analizar los cambios de ocupación y uso del suelo
- Identificar las causas de los cambios de ocupación y uso del suelo en el periodo evaluado.

ANTECEDENTES

Uso de Suelo y Cambio de Uso de Suelo

Los estudios de ocupación de suelo y cambio de ocupación de suelo, se han abordado de manera amplia en diversos estudios; mismos que a continuación se reseñan.

En España, el Instituto Geográfico Nacional (2011) y el Centro Nacional de Información Geográfica están especializados en el tema de ocupación y usos del suelo. Cuentan con un proyecto llamado *CORINE Land Cover (CLC)*, el cual tiene como objetivo fundamental la captura de datos numéricos y geográficos para la creación de una base de datos europea en escala 1:100.000 con registros sobre la Cobertura y/o Uso del Territorio (Ocupación del suelo).

En México se han realizado diversos estudios de ocupación del suelo, donde es común la falta de discriminación entre los conceptos de uso de suelo y ocupación de suelo:

López *et al.* (2001) en su investigación llamada *Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo: el caso de la ciudad de Morelia*, el objetivo del trabajo fue cuantificar las tendencias espaciales y temporales de la ciudad de Morelia, y la formulación de un modelo predictivo del crecimiento de la ciudad en un periodo de 30 años. Para esto se realizó una comparación secuencial de fotos aéreas pancromáticas y empleó además una imagen de satélite Landsat TM. Muestra los cambios de ocupación del suelo para los años 1960, 1975 y 1990 con el apoyo de cartas temáticas en donde se obtuvieron 8 clases de ocupación, además se elaboró las matrices de Markov para conocer la probabilidad de cambio para periodos de 15 años. En este trabajo se evaluó el grado de error de cada una de las fases de la investigación. Y se examinó el comportamiento de las categorías cobertura-uso, considerando el área y el porcentaje de cobertura de las clases generalizada para cada tiempo.

Castillo *et al.* (2001) realizaron la investigación llamada *Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche*. Esta se hizo mediante los Sistemas de Información Geográfica obteniendo como resultado una base geográfica digital a través de la cual se hizo el análisis de la transformación de la cobertura forestal y se evaluó la situación de la Reserva.

Velázquez *et al.* (2002), publicó los *Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México*. Este trabajo tuvo como fin obtener las estadísticas del cambio así como su localización geográfica en donde consideraron dos bases de datos de INEGI (Serie I y Serie II) y el inventario forestal nacional, realizando una sobreposición de la información cartográfica corregida. Obtuvieron como resultado el monitoreo de los cambios de los tipos de vegetación y uso del suelo para los años 1976, 1993 y 2000 generando además una cartografía confiable que expresa la distribución espacial de la dinámica del cambio de uso del suelo en toda la República Mexicana.

Lang *et al.* (2007) aportaron la investigación llamada *Actitud hacia el cambio de uso del suelo en la región centro de Veracruz, México*, donde se muestran los cambios de ocupación del suelo ocurridos de 1997 al 2000 y 1990 al 1997. Esta se llevó a cabo en 7 ejidos del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, bajo un enfoque social y ecológico, tomando en cuenta la actitud de los productores.

Por otra parte Rosete *et al.* (2008), llevaron a cabo el estudio de *Cambio de Uso del Suelo y Vegetación en la Península de Baja California, México*, del periodo 1978-2000 mediante el método de análisis espacial de la información. Se basa en la identificación de los cambios en las componentes espacial y temática, y en la representación de los procesos espacio-temporales. Se realizó una matriz de transición y se agruparon los cambios en procesos. Los cambios de ocupación del suelo se obtuvieron mediante técnicas de teledetección e interpretación cartográfica y digital.

Todos los trabajos revisados tienen en común la utilización del concepto “uso de suelo” abarcando en la idea de “ocupación de suelo”, siendo que en ninguno de ellos cubre el primer concepto. En este contexto, se observan en común 2 grandes carencias: en primer lugar, un criterio demasiado abierto en la conceptualización de los estudios y, segundo lugar, un evidente sesgo en los resultados de transición derivado de la falta de control en los procesos metodológicos, en muchos casos, debido a una excesiva dependencia de los procesos automatizados de generación cartográfica.

El Parque Nacional Nevado de Toluca

Respecto a los estudios elaborados para el Parque Nacional Nevado de Toluca se revisaron los siguientes estudios

En la tesis de licenciatura de Regil (2005) llamada *Análisis de Cambio de Uso de Suelo y Vegetación para la Obtención de la Dinámica de Perturbación-Recuperación de las Zonas Forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca 1972-2000*. se analizan de manera meticulosa los procesos de cambio de ocupación de suelo y se determinan sus posibles dinámicas.

Por otra parte, Franco (2009) realizó el estudio llamado *Estimación de la captura de carbono en zonas forestales. El caso del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Esta investigación retoma en uno de sus capítulos el cambio de uso del suelo del Parque Nacional Nevado de Toluca lo cual le permitió determinar la dinámica de perturbación-recuperación a través del análisis del cambio de la cobertura vegetal en el periodo 1972-2000.

Otro aporte importante es el trabajo de Pineda *et al.*, (2009) llamado *Análisis de Cambio de Uso del Suelo en el Estado de México mediante Sistemas de Información Geográfica y Técnicas de Regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de Deforestación*, en el cual se determinaron los cambios de uso del suelo en el periodo 1993-2002 mediante el método de regresión multivariante.

Además se determinaron transiciones sistemáticas que afectan la pérdida de la cubierta forestal. Aquí se utilizaron dos mapas digitales de vegetación y uso del suelo en donde se elaboró una matriz de transiciones, además se hizo una aproximación a las posibles causas que pueden provocar el cambio mediante modelos de regresión lineal múltiple y de regresión logística.

Es importante mencionar que solo se ha realizado un estudio en la Localidad de Agua Blanca, el cual fue realizado por Nava (2009), *llamado Análisis del Paisaje en la localidad de Agua Blanca, Zinacantepec*. Este consiste en un análisis del uso de los recursos naturales, infiriendo que se da una modificación en el paisaje de la localidad.

El seguimiento bajo varios enfoques del estado de conservación del Parque Toluca Nevado de Toluca es importante, sin embargo, la heterogeneidad de criterios y temáticas hace al momento imposible tener un hilo conductor para solventar integralmente las problemáticas en las que está envuelto. Éste trabajo de investigación pretende ser un punto de partida para empezar a gestionar las propuestas tendientes al mejoramiento ambiental del Área Natural Protegida.

1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Los conceptos “uso del suelo” y “ocupación del suelo” generalmente no son discriminados adecuadamente. Es indispensable entonces diferenciar los conceptos de uso de suelo y ocupación del suelo. Para términos de la presente investigación se presentan algunos conceptos de ocupación del suelo, los cuales pueden encontrarse como cobertura del suelo.

1.1 Ocupación del suelo

Se establece como ocupación de suelo a aquellos cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto, pueden originarse de ambientes naturales como resultado de la evolución ecológica o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (López y Bocco, 2000).

Pineda (2011) dice que cobertura (ocupación) es todo aquello que cubre la superficie del suelo, puede originarse de ambientes naturales como resultado de la evolución ecológica general (bosques, sabanas, lagos, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (cultivos, presas, ciudades, etc.).

Castañeda y López (2009) lo definen como el tipo de cobertura que existe sobre el suelo, ya sea ésta vegetación natural, bosques, pastizales, cultivos agrícolas, espacios urbanos.

Al realizar la revisión de la terminología usada en México se identificaron diferentes conceptos para llamar a las coberturas del suelo. Para efectos de la presente investigación, se optó por usar el término “ocupación del suelo”, en donde se propone utilizar para este trabajo el concepto proporcionado por López y Bocco (2000), el cual expresa concretamente lo que se realizó en esta investigación.

1.2 Uso del suelo

López y Bocco (2000) lo definen como el resultante de las actividades productivas y asentamientos humanos que se desarrollan sobre la cobertura del suelo para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos.

También Pineda (2011) menciona que el concepto de uso del suelo expresa el empleo o uso humano de la cobertura del terreno, lo que incluye asentamientos humanos, cultivos, recreación, Introducción general etc.

Para efectos de este trabajo se toma como base el concepto proporcionado por López y Bocco (2011) el cual enmarca claramente la diferencia con el término “ocupación del suelo”, además esclarece la forma en que se llevó a cabo la presente investigación.

1.3 Clasificaciones de ocupación del suelo

En México se emplean diversas clasificaciones para definir la ocupación del suelo. A continuación se detallan tres de las más empleadas.

1.3.1 Clasificación del Inventario Forestal Nacional

Este sistema de clasificación ha sido establecido por CONAFOR y SEMARNAT es utilizado para definir las clases de uso del suelo y tipos de bosques. Se basa en un método dicotómico e incluye dos niveles: El primer nivel está compuesto de clases mundiales diseñadas para la evaluación del bosque y los recursos arbóreos a nivel mundial y, el segundo nivel es específico del país e incluye clases adicionales integradas considerando las necesidades de información nacionales y subnacionales (Inventario Forestal Nacional, 2010).

Las clases mundiales fueron desarrolladas dentro del marco de la Evaluación Mundial de Recursos Forestales de la FAO (Inventario Forestal Nacional, 2010)

Los términos y definiciones utilizados en las evaluaciones nacionales se escogen para armonizar las evaluaciones forestales nacionales con las de nivel mundial. Las clases mundiales aseguran una clasificación armonizada entre países para evaluaciones regionales o mundiales. El segundo nivel de la clasificación se ha diseñado para atender necesidades específicas de información del país

1.3.2 Sistema de Clasificación de uso del suelo de la CONABIO

La clasificación de ocupación del suelo de CONABIO fue obtenida a partir de la clasificación de ocupación de INEGI incorporándose las clases o categorías nuevas. Posteriormente se estableció el agrupamiento de las clases originales dentro de las clases seleccionadas; este agrupamiento se realizó en la tabla de atributos de la fuente original. Finalmente, se realizó una generalización por disolución de límites innecesarios utilizando el atributo con las clases seleccionadas y se generó la nueva capa de datos (CONABIO, 2008).

1.3.3 Sistema de clasificación de la ocupación del suelo del INEGI (1972)

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), tiene dentro de sus funciones, elaborar la cartografía básica y de recursos naturales del territorio mexicano.

El sistema de clasificación seleccionado para el presente trabajo uso del suelo, fue el que INEGI utiliza para escala 1:50 000, que se caracteriza por contener 51 categorías principales en donde y sus objetivos son (INEGI, 2010):

1. Conocer la localización de las áreas agrícolas, tanto de riego, de temporal y de humedad, como de agricultura nómada, así como los tipos de cultivos de estas áreas.
2. Determinar la distribución de las áreas dedicadas a la ganadería.

3. Conocer la localización de las áreas de interés forestal.
4. Saber cuáles son los principales tipos de vegetación en su estado actual.
5. Conocer el grado de afectación de los recursos vegetales y su dinámica de uso,
6. Proporcionar información básica para la enseñanza e investigación sobre los recursos naturales.
7. Servir de marco general para el señalamiento de políticas a nivel nacional, regional y local, que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

Es importante decir que INEGI no volvió a utilizar la leyenda pues no era factible una actualización dada la complejidad de la categorización.

1.4 Clasificación de uso del suelo

Como ya se mencionó anteriormente, en la revisión bibliográfica para la formulación de este trabajo, se identificó la aplicación tanto del término “ocupación del suelo” y “uso del suelo”, identificándose que la terminología usada es aplicada de manera poco precisa, por esta razón en esta investigación se muestran las clasificaciones de uso de suelo identificadas en diversas instituciones, programa e investigaciones.

Para esto se ha propuesto una clasificación donde se sintetizaron las clasificaciones de uso del suelo, las cuales se delimitaron en función a la escala y propósito (Cuadro 1).

La escala se refiere al nivel de detalle dentro de la cual se encuentra la clasificación, la cual puede ser nacional, regional o local. El propósito se refiere al objetivo de la clasificación, lo que se pretende mostrar al agrupar la información, las cuales son procedentes de los inventarios de recursos naturales, los inventarios especializados y la ordenación del territorio.

En función del propósito y la escala se va adquiriendo especialización lo cual depende del detalle de la clasificación.

	ESCALA			
		Local	Regional	Nacional
PROPÓSITO	Inventario de recursos naturales	Análisis del Paisaje en la Localidad de Agua Blanca, Zinacantepec	INEGI 1:250 000	INEGI 1:1000000
	Inventario Especializado	Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (<i>Arceuthobium sp.</i>) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca, México	CEPANAF	CONABIO
	Ordenación del territorio	Plan de desarrollo urbano del municipio de Zinacantepec	Propuesta de ordenamiento ecológico de parque nacional nevado de Toluca, Estado de México.	Programa de Ordenamiento general del territorio. SEMARNAT

Cuadro 1. Clasificaciones de uso del suelo

Fuente: Elaboración propia

Los estudios de cambios de uso del suelo y ocupación del suelo realizados por Franco, Regil, Castañeda y López revisados en esta investigación se han hecho con base en diferentes técnicas entre las cuales destacan el levantamiento de datos en campo y los sistemas de información geográfica. A continuación se describen algunas de las técnicas consideradas en esta tesis.

1.5 Herramientas de interpretación para el uso del suelo

1.5.1 Entrevista

La entrevista es un encuentro cara a cara entre personas que conversan con la finalidad, al menos de una de las partes, de obtener información respecto de la otra. En el contexto específico de la investigación y con base a lo propuesto por Castañeda *et al.* (2002: 74) la entrevista se define como “una conversación entre un investigador y una persona que responde a preguntas orientadas a obtener la información exigida por los objetivos específicos de un estudio.”

Al inicio del encuentro el entrevistado debe percibir, respeto y calidez en el entrevistador para que sienta la confianza y este dispuesto a aportar la información válida. Por su naturaleza, la entrevista se clasifica en dos tipos: entrevista estructurada y no estructurada

a) Entrevista abierta o no estructurada: se trata de una conversación que dirige el entrevistado, pero que controla el entrevistador. Este tipo de entrevistas se privilegian en la investigación clínica. Aunque también se utiliza en las ciencias sociales, donde el entrevistador saluda y propone al entrevistado que enuncie de manera libre sus ideas con la única limitante del tiempo de entrevista (Castañeda *et al.*, 2002:174).

En la mayor parte de los estudios lo más común es la entrevista semiabierta. Esto significa que se tipifican algunas preguntas que sirven como guía de la entrevista pero conforme se formulan, pueden conducir a otras no previstas inicialmente. Castañeda *et al.*, 2002;175).

b) Entrevista cerrada o estructurada: La entrevista cerrada o estructurada se conduce de manera rígida por medio de una lista de preguntas que funciona como guía, de la cual el entrevistador no puede desviarse. En algunos casos, ni siquiera podrá decir nada por su cuenta, entonces el entrevistador memorizará un formulismo que repetirá exactamente igual con todos sus entrevistados (Castañeda *et al.*, 2002:175).

1.6 Sistemas de Información Geográfica

1.6.1 Definición de los Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), según la conceptualización de Bocco (1998) son un conjunto de herramientas diseñadas para la adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales. En el área de interés el SIG persigue describir, medir y analizar datos acerca del cambio de cobertura y uso en función de variables dependientes definidas por el investigador. Un SIG es un sistema computarizado para llevar a cabo análisis geográfico y transformar datos en información. El análisis geográfico supone la descripción, explicación y predicción en torno a objetos cuya distribución espacial es relevante en la comprensión de su naturaleza (génesis, dinámica). Los datos geográficos son descriptores de objetos en tres dimensiones: localización (absoluta y relativa), atributos (variables explicativas) y tiempo.

López (2009) dice que los SIG son un “sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación, análisis de resultados: así como la salida eficiente de información espacial (mapas) y atributos (tabulares), de acuerdo con especificaciones y requerimientos concretos del usuario. Un SIG esta compuesto por los siguientes módulos; 1) entrada de datos. 2) Manejo de datos, 3) análisis de datos y, 4) salida de información”

1.6.2 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica

Ordoñez y Martínez (2003) mencionan que los componentes esenciales de un SIG son los siguientes:

a) Bases de datos espacial y temática: Son elementos donde se almacenan, de forma estructurada, los objetos cartográficos (su posición, tamaño y forma) y sus características no geométricas (atributos), respectivamente.

a) Sistema Gestor de Bases de Datos (DBMS): Se entiende por sistema gestor de bases de datos un tipo de software usado para gestionar y analizar los datos almacenados en una base. Desde estos sistemas se pueden almacenar los datos en tablas, establecer relaciones entre ellos y crear nuevas tablas con los

resultados obtenidos. Estas tablas se pueden relacionar con la base de datos espacial y representar el resultado en forma de mapas temáticos.

c) Sistema de digitalización de mapas: Las bases de datos cartográficas de los SIG se construyen a partir de los mapas, fotografías o imágenes que conforman los datos de partida. Para cargar estos datos en la base de datos del SIG, es necesario convertirlos al formato digital propio del sistema, para lo cual disponen de programas de digitalización y de conversión de formatos.

d) Sistema de representación cartográfica: Son los que permiten dibujar mapas a partir de los elementos seleccionados de las bases de datos, hacer distintas composiciones cartográficas y enviar estos mapas a los dispositivos de salida, como impresoras o graficadores. Los mapas son los medios más utilizados para representar los resultados de los análisis efectuados en un SIG y, con frecuencia, van acompañados de tablas y diagramas, por lo que estos sistemas incorporan herramientas para crear este tipo de documentos.

e) Sistema de análisis geográfico: Este sistema permite relacionar datos espaciales y obtener nuevos mapas en función de la relación establecida.

f) Sistema de procesamiento de imágenes: Algunos sistemas de información geográfica disponen de módulos para analizar y operar con imágenes obtenidas con sensores aerotransportados o desde satélites artificiales. Las imágenes procedentes de satélite se emplean cada vez más como fuentes de datos en los sistemas de información geográfica, especialmente en el análisis y resolución de problemas relacionados con el medio ambiente.

1.6.3 Tipos de SIG

De acuerdo con la información implementada en el cada sistema, se pueden distinguir dos grandes grupos de Sistemas de Información Geográfica: **SIG Vectorial** y **SIG Ráster**.

a) SIG Vectorial

En el modelo vectorial de datos se registran únicamente las fronteras de los objetos espaciales, aproximándolas por medio de líneas delimitadas por puntos que se localizan por sus coordenadas en un sistema de referencia en donde se

obtiene como resultado mapas en los que aparecen tres objetos cartográficos básicos: puntos, líneas y polígonos (Ordóñez y Martínez, 2003).

Los SIG vectoriales se utilizan principalmente en la solución de problemas en los que interesa hacer consultas a la base de datos, tanto por localización como por atributos, y obtener una respuesta rápida. La base de datos espacial y la temática son diferentes, siendo esta última habitualmente una base de datos de tipo relacional, esto es, con una estructura de tabla en la que las filas se denominan registros y las columnas, campos. La base de datos espacial y la temática se unen mediante un identificador, que es un número entero asignado a cada objeto. Esta unión permite realizar consultas por localización pulsando sobre un elemento cartográfico (punto, línea o polígono) (Ordóñez y Martínez, 2003).

De acuerdo con Ortiz (2005), las características básicas que tiene un SIG vector son:

Relaciones topológicas: Se refiere a la posición relativa de dos o más entidades. De entre todos los métodos para formar topología vectorial la forma más compleja es la **topología arco-nodo**, que se basa en la estructuración de toda la información geográfica en pares de **coordenadas**, que son la **entidad básica** de información para este modelo de datos.

Clasificación: Consiste en clasificar los objetos del mundo real en distintas clases o categorías.

Agregación: Los objetos del mundo real pueden ser definidos como composición o agregación de otros objetos.

Asociación: Es similar a las relaciones topológicas, ya que tiene gran importancia la posición.

b) SIG Ráster.

En un modelo ráster, lo que se registra no son las fronteras de los objetos espaciales sino su contenido, quedando sus límites implícitamente representados.

Para ello, se divide el dominio geográfico en una malla regular de celdas, normalmente cuadrangulares, asignando a cada celda un valor numérico que representa el atributo que se está registrando, mientras que la situación geográfica de cualquier punto viene definida por la posición de la celda correspondiente en un sistema de coordenadas cartesiano.

Los SIG ráster, por su estructura, son más adecuados para trabajar con datos que tienen una variación continua en el espacio, como las superficies topográficas y los mapas de temperaturas. Su uso depende también del tipo de análisis que se pretende realizar, considerando que no se almacenan las relaciones topológicas, y es muy frecuente cuando se necesita realizar superposiciones y operaciones algebraicas con mapas, y cuando se trabaja con modelos digitales de elevación. (Ordóñez y Martínez, 2003).

1.6.4 El proceso de digitalización de información geográfica

Según Franco *et al.* (2003) El primer proceso para la creación de cartografía digital es la conversión de datos analógicos a su forma digital. Los datos deben ser adquiridos en un formato compatible con el equipo disponible, tener la exactitud adecuada y ser debidamente codificados, estructurados y etiquetados con códigos descriptivos apropiados, así como sus atributos. Además La velocidad de captura depende del tipo de procedimiento utilizado, del operador que interactúa con el equipo y de la calidad del documento base.

Las técnicas existentes de digitalización se pueden dividir en: digitalización manual, digitalización ráster semiautomática y automática.

1.6.5 Operaciones de un SIG para el análisis de cambio de cobertura

a) Reclasificación

Es una de las operaciones más utilizadas en los SIG ráster. Consiste, en la agrupación de las celdas en clases en función de su valor

b) Tabulación cruzada

El proceso de tabulación cruzada consta de 2 partes: la generación de un mapa de cruce de tablas y la generación de una matriz de transición.

La tabulación cruzada consiste en el procesamiento de dos mapas en formato ráster donde el resultado es un mapa cuyos valores son dados por la correspondencia de las leyendas de ambas claves en un mismo espacio, señalando la primera como la leyenda del mapa de la fecha inicial y la segunda como la leyenda del mapa más actual, que es el que determina la transición que sucedió en el periodo comprendido entre ambos. De manera gráfica, el proceso consiste en lo siguiente:

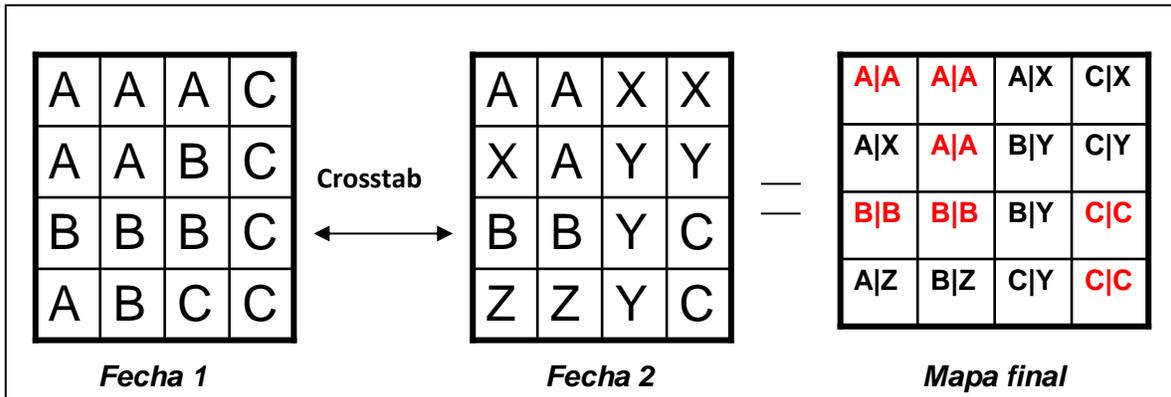


Figura 1. Procedimiento de la tabulación cruzada. Fuente: (Regil, 2005)

Las matrices de transición se utilizan para analizar detalladamente la dinámica de cambio en la cobertura y uso del suelo. Se describen como tablas con arreglos simétricos que contienen en uno de los ejes los tipos de vegetación y usos del suelo en el año base y en el otro eje estos mismos tipos de vegetación en el segundo tiempo (tiempo 0 y tiempo 1).

De esta forma, cada una de las celdas de la diagonal principal de la matriz representa la superficie (en hectáreas) de cada categoría de cobertura vegetal y uso de suelo que permaneció en la misma categoría en el periodo de tiempo considerado, mientras que el resto de las celdas estiman la superficie de una

determinada cobertura o tipo de uso de suelo que pasó a otra categoría (Dirzo y Masera, 1996 en: Regil, 2005).

1.7 La fotointerpretación

La fotointerpretación puede ser considerada como la técnica encargada de examinar la imagen fotográfica del terreno (u otros elementos) con el propósito de identificar los diferentes componentes del paisaje y suministrar información de interés para estudios espaciales (Regil, 2005).

El análisis de fotografías aéreas se define como el proceso de separar y analizar las partes que componen un todo y establecer su interrelación, con el fin de identificar el elemento estudiado con base en las características de sus componentes individuales. En el análisis de las fotografías aéreas se llega también a algunas conclusiones cuantitativas o semicuantitativas por el estudio del tamaño y otras características métricas directamente visibles (Regil, 2005).

1.7.1 Elementos para el análisis de fotografías

Es necesario considerar una serie de elementos que en formas directas o indirectas y analizadas en conjunto, ayudan al foto intérprete a identificar los elementos de su interés (Reuter, 2004). Estos se denominan criterios de interpretación y se describen enseguida:

:

Tamaño: El tamaño del objeto observado, puede ser de gran ayuda para su plena identificación. Dos elementos diferentes pueden aparecer en la imagen fotográfica muy parecidos, sin embargo, la diferencia en tamaño puede ser el factor decisivo para su identificación.

Forma: La forma contribuye a delimitar la clase a que pertenece un objeto y en muchos casos permite su clara e inequívoca identificación.

Tono y color: El color y el tono (nivel de intensidad de registro del color) contribuyen positivamente en fotografías aéreas a la identificación de objetos. Un mismo tipo de suelo puede aparecer bajo varias tonalidades en una misma foto dependiendo por ejemplo del grado de humedad. La experiencia del foto intérprete es de suma importancia para evitar errores debidos a factores secundarios.

Textura: La textura puede ser definida como la distribución y el arreglo formado por los tonos de un conjunto de unidades que son demasiado pequeñas para ser identificados individualmente, en una fotografía. El tamaño de los objetos que determina la textura, varía con la escala de la fotografía y en algunos casos, puede ser elemento suficiente para la identificación de objetos.

Patrón: El patrón se refiere a la agrupación ordenada de ciertos elementos con características especiales y de simetría particular. Por ejemplo; las manzanas en una traza urbana o los ríos de una cuenca hidrológica.

1.7.2 Características de la imagen fotográfica

Desde el punto de vista métrico, la imagen fotográfica está afectada por las deformaciones geométricas: desplazamiento debido al relieve, desplazamiento debido a la inclinación y distorsión, y una serie de deformaciones. Por éste motivo, la información resultante de la fotointerpretación será vaciada en orto fotos del área de estudio (Reuter, 2004):

1.8 Ortofoto

Una orto foto se define como una imagen o conjunto de imágenes de una porción de la superficie terrestre con características métricas similares a las de un plano restituido linealmente (Regil, 2005).

Representa la imagen real del terreno evaluado al instante de la toma fotográfica. Ello implica que presenta cualidades métricas similares a las de un plano cartográfico convencional.

1.9 Marco de referencia

1.9.1 Ubicación

El Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) se localiza en el estado de México, al suroeste del Valle de Toluca, representa la cuarta montaña más alta del país dentro de una de las provincias fisiográficas más grande de México. Pertenece al Sistema Volcánico Transversal (GEM, 1999). Su límite inferior es la cota 3000 msnm y ocupa parte de los municipios siguientes: Zinacantepec, Villa Guerrero, Temascaltepec, Amanalco, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Calimaya, Coatepec Harinas y Tenango del Valle. Se localiza entre las coordenadas 2 102 398 y los 2134 700 metros norte así como los 432 253 y los 432 253 metros al este (Endara, 2007), (Figura 2)

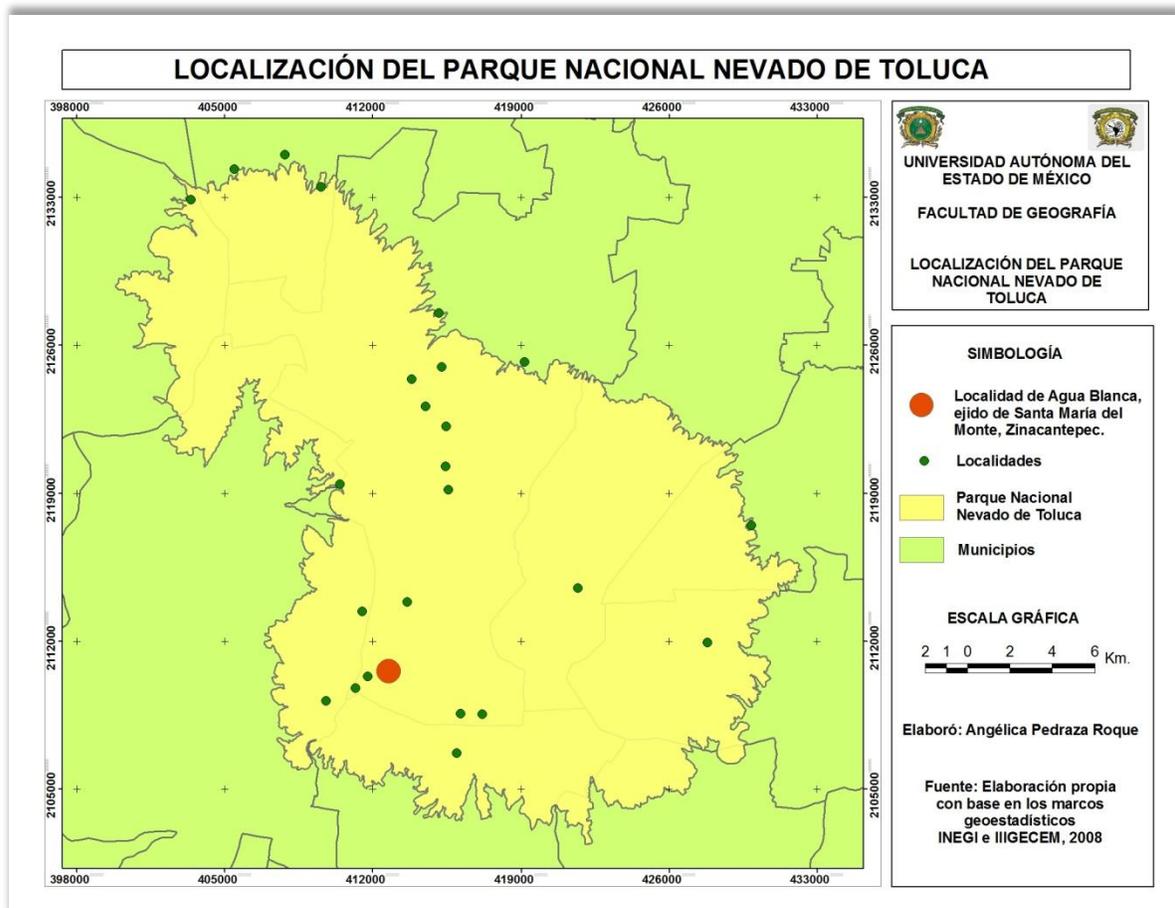


Figura 2. Localización del PNNT

1.9.2 Caracterización física

El PNNT presenta rocas de tipo ígneo extrusivo intermedio pertenecientes al Terciario Inferior-superior de la era cenozoica. Dentro del parque se encuentran tres asociaciones de suelos: según la clasificación de la FAO-UNESCO 1968. La primera de ellas localizada en la cumbre del volcán formada por regosol éútrico como predominante: estos suelos presentan limitaciones para las actividades agropecuarias. La segunda ocupa la mayor parte de PNNT tiene como suelo predominante el andosol úmbrico o andosol háplico, estos suelos presentan limitaciones para las actividades agropecuarias. Además existe un tercer tipo de suelo en la parte central de la vertiente del Lerma, el Feozem.

Las comunidades vegetales naturales son: bosques de pino, pino-encino, oyamel y el pastizal alpino. Debe mencionarse que debido al deterioro fomentado por un uso inadecuado del suelo, se desarrollan comunidades vegetales secundarias, destacando entre estas: matorral inerme, pastizal inducido, bosque secundario con dominancia de aile y diversas especies de árboles producto de la reforestación (principalmente cedro y diferentes especies de pinos).

Se pueden encontrar climas templados (húmedos, los más húmedos de los templados), con régimen de lluvias de verano, de tipo fresco y largo, con marcha de la temperatura del tipo Ganges e isotermales. La cima del volcán tiene un clima frío de alta montaña, con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor al 8% de la anual (GEM, 1999).

1.9.3 Caracterización socioeconómica

El PNNT está conformado por parte del territorio de diez municipios del Estado de México, (ver cuadro 2).

Municipio	Localidades
Almoloya de Juárez	2 localidades
Calimaya	0
Amanalco	1 localidad
Coatepec Harinas	3 localidades

Temascaltepec	3 localidades
Tenango del Valle	1 localidad
Toluca	1 estación albergue de microondas
Villa Guerrero	0
Villa Victoria	0
Zinacantepec	12 localidades

Cuadro 2. Municipios y localidades dentro del PNNT

El PNNT en general contiene 23 localidades. Zinacantepec es el municipio que mas localidades contiene (12). Este municipio ha mostrado un constante crecimiento de la población a través de los años. En el año 2000, contaba con 121,850 habitantes en 54 localidades. Posteriormente, en el año 2010, estaba conformado por 167,759 habitantes en 56 localidades. La mayor parte de la población se encuentra asentada en la parte norte del municipio (Plan de desarrollo municipal de Zinacantepec, 2009).

Según los procesos de ocupación del suelo en el año 1976 la población se encontraba asentada en la parte centro del municipio La zona poniente y sur del municipio eran eminentemente rurales. En el año 1989 el crecimiento en San Pedro Tejalpa, Santa María del Monte, San Antonio Acahualco, San Lorenzo Cuauhtenco y zona sur de San Cristóbal Tecolít, se extendió de forma dispersa sobre zonas agrícolas y ejidales. (Plan de desarrollo municipal de Zinacantepec, 2009).

Para el año 2000 la ocupación de suelo tendió a re densificar algunas zonas periféricas de las localidades siguientes: San Juan de las Huertas, La Huerta, Santa Cruz Cuauhtenco, la cabecera Municipal y San Cristóbal Tecolít. En el caso de las localidades de San Antonio Acahualco y Barbabosa, el crecimiento se presentó hacia la parte norte. Al igual que San Luis Mextepec, San Lorenzo Cuauhtenco y Ojuelos (Plan de desarrollo municipal de Zinacantepec, 2009).

El resto de las localidades de la zona sur y poniente del municipio, aún están conformadas por un patrón de asentamientos de forma extensiva y dispersa, mezclando las áreas agrícolas y forestales con la vivienda, como es el caso de Agua Blanca.

Derivado de las actividades económicas locales, las zonas forestales se encuentran amenazadas debido a la presión antrópica sobre los recursos forestales, lo que trasciende en la disminución de la densidad del arbolado, la pérdida de la biodiversidad genética y ecosistémica, el aumento de plagas y enfermedades y la afectación de los suelos (Franco, 2009).

1.9.4 Ubicación geográfica de la localidad de Agua Blanca

Una de las localidades de reciente creación según el INEGI (2000), es la localidad de Agua Blanca ejido de Santa María del Monte, la cual se encuentra localizada en el municipio de Zinacantepec dentro del PNNT en una zona forestal a una altitud de 3175 msnm.

Cuenta con una población de 113 habitantes, de los cuales 59 son hombres y 54 mujeres. De ella, 6 habitantes son mayores de 60 años y 7 pobladores hablan una lengua indígena (INEGI, 2010).

La población económicamente activa es de 35 habitantes de los cuales 30 son hombres y 5 son mujeres, 46 habitantes conforman a la población económicamente inactiva de los cuales 14 son hombres y 32 son mujeres, la población ocupada corresponde a 15 habitantes de los cuales 10 son hombres y 5 son mujeres y la población desocupada corresponde a 20 habitantes siendo estos hombres (INEGI, 2010).

Respecto a los servicios con los que cuenta la población se sabe que 29 habitantes no cuentan con servicios médicos en ninguna institución pública o privada y 83 habitantes si cuentan con este servicio

Agua Blanca cuenta con 19 casas habitadas, de las cuales 12 tienen piso firme y 17 tiene piso de tierra, siendo que el promedio de integrantes por familia es de 5 o 6 personas, además se sabe que ninguna de las viviendas cuenta con energía eléctrica, además 5 viviendas no cuentan con agua entubada y solo 3 de las viviendas disponen de drenaje.

2. METODOLOGÍA

De manera general, para la determinación de cambio de ocupación y cambio de uso del suelo para el área de estudio, se siguió el siguiente procedimiento:

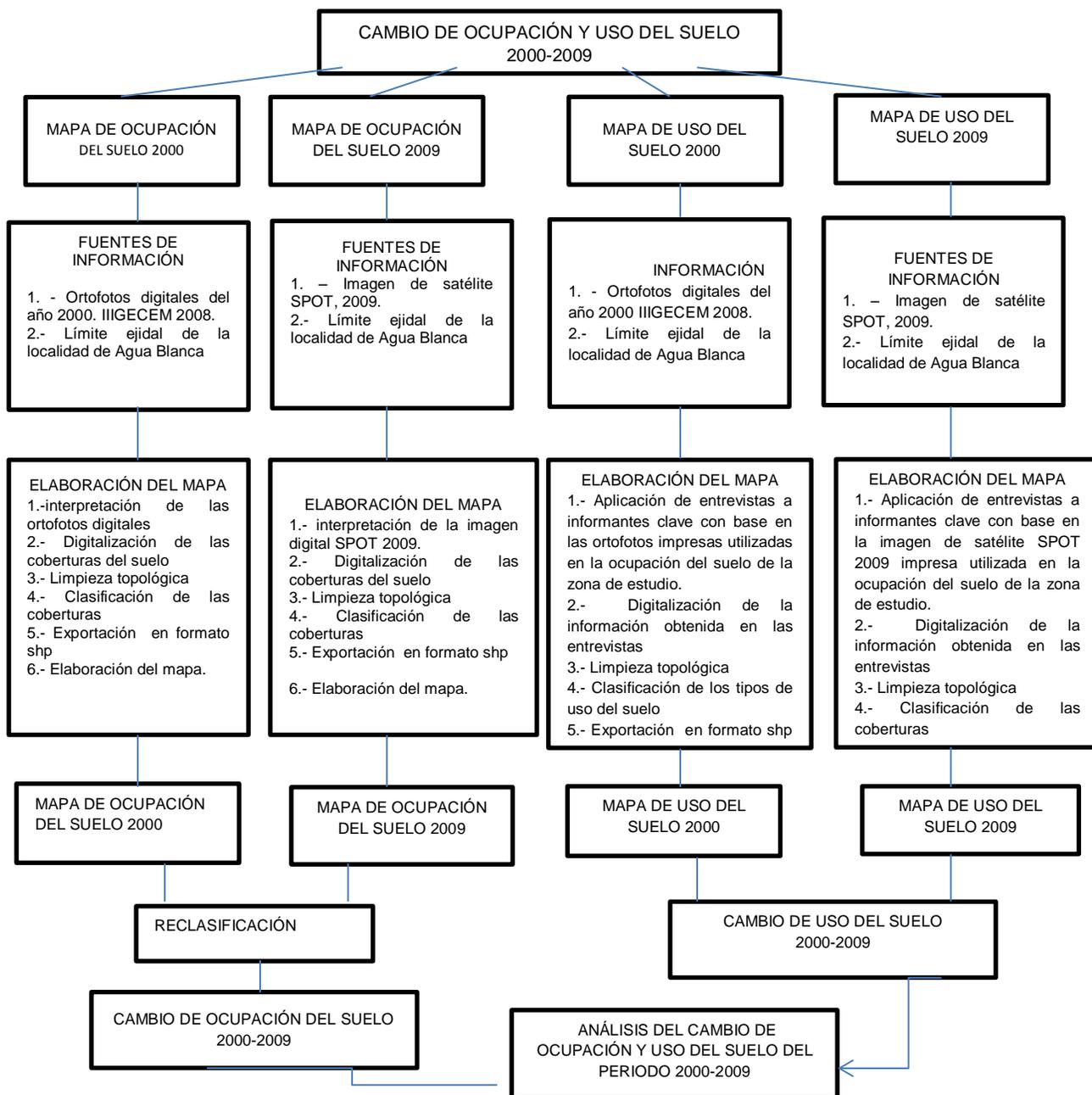


Figura 3. Diseño de investigación

2.1 Elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2000

2.1.1 Fuentes de Información

Para la elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2000 se utilizaron 4 ortofotos escala 1:20 000 obtenidas de IIGCEM del año 2000. Las ortofotos son una imagen de una porción de la superficie terrestre con características métricas similares a las de un plano restituido linealmente (Herrera y Mondragón, 1992). Debido a estas características permitieron identificar las coberturas de la ocupación del suelo tomando como limite a la localidad de Agua Blanca, ejido de Santa María del Monte, Zinacantepec.

2.1.2 Digitalización

El método abordado fue el de Regil (2005), Según se procedió a digitalizar los rodales de ocupación del suelo dentro del límite de la localidad en las ortofotos digitales de la zona de estudio. La digitalización se hizo en el software Autodesk Map en el cual se creó exclusivamente una capa temática para trabajar la digitalización de los rodales de ocupación del suelo.

2.1.3 Interpretación

La Interpretación consistió en la captura de la información representada a través de las ortofotos, la cual implicó la creación de un mosaico con las 4 ortofotos que cubren el área de estudio.

La digitalización se hizo en el software Autodesk Map en el cual se creó exclusivamente una capa temática para trabajar la digitalización de los rodales de ocupación del suelo.

Como procesamiento previo a la interpretación se creó un mosaico con las 4 ortofotos que cubren el área de estudio.

2.1.4 Definición de coberturas

Para este estudio se identificaron los tipos de coberturas que a continuación se enlistan junto con su clave de categoría.

Categoría	Descripción
B(A-P)	Bosque de oyamel-pino
B(A-P)-Pi	Bosque de oyamel-pino con pastizal
B(P-A)	Bosque de pino-oyamel
B(P-A)-Pi	Bosque de pino-oyamel con pastizal
B(P-A)-Pi-VS	Bosque de pino-oyamel con pastizal y vegetación secundaria
B(P-A)-VS	Bosque de pino-oyamel con vegetación secundaria
BA	Bosque de oyamel
BA-Pi	Bosque de oyamel con pastizal
BC	Bosque de cedro
BP	Bosque de pino
BP-Pi	Bosque de pino con pastizal
BP-Pi-VS	Bosque de pino con pastizal y vegetación secundaria
BP-VS	Bosque de pino con vegetación secundaria
BP-VS-Pi	Bosque de pino con vegetación secundaria y pastizal
Pi	Pastizal
Pi-B(P-A)	Pastizal con bosque de pino-oyamel
Pi-BA	Pastizal con bosque de oyamel
Pi-BP	Pastizal con bosque de pino
Pi-VS-BP	Pastizal con vegetación secundaria y bosque de pino
VS-Pi	Vegetación secundaria con pastizal

Cuadro 3. Clasificación de la ocupación del suelo del año 2000

Se obtuvieron 20 coberturas en la localidad de Agua Blanca, ejido de Santa María del Monte.

2.1.5 Limpieza, topología y etiquetas de mapa

Al terminar de digitalizar fue necesario realizar una limpieza del mapa puesto que en el proceso se producen líneas duplicadas, líneas que sobrepasan el punto donde deberían terminar, objetos duplicados, nodos intermedios, lo cual vicia el proceso de interpretación, Para este estudio, la limpieza del mapa se hizo en el

software CAD, terminada la limpieza del mapa se llevó a cabo la creación de la topología la cual dio como resultado los polígonos.

Al terminar la limpieza topológica y la creación de los polígonos se etiquetaron cada uno de estos de acuerdo con las coberturas identificadas en el proceso.

2.1.6 Exportación de coberturas con base de datos

Al terminar el procedimiento se exportó la capa temática digitalizada al software Arc View Gis 3.3. Esto fue necesario para crear el mapa de ocupación del suelo del año 2000.

2.1.7 Reclasificación

Al obtenerse 20 coberturas iniciales y considerando que era difícil manejar esta cantidad de categorías, fue necesario llevar a cabo una reclasificación (Cuadro 4) para que, al realizarse la tabulación cruzada con el mapa de ocupación del suelo del año 2009, el sistema no tuviera dificultades de procesar los datos y esto no dificultara el análisis de resultados.

Además se uso el siguiente criterio de clasificación (Figura 4) para definir de mejor manera las coberturas, en el cual se tomó como base la densidad de las coberturas

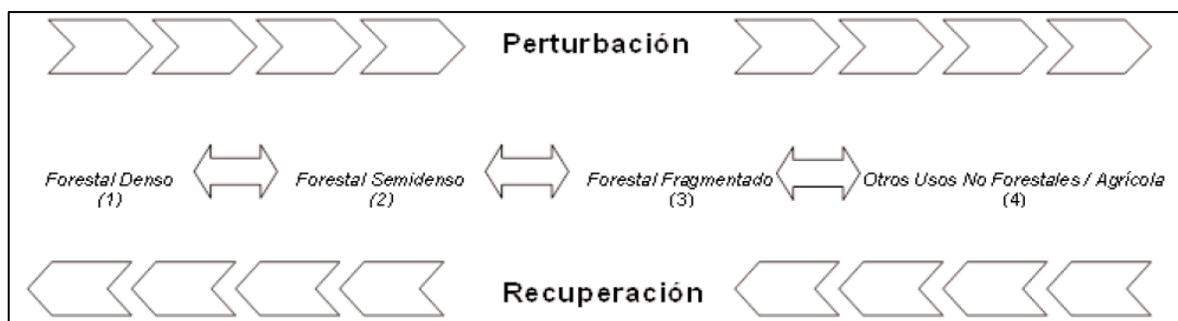


Figura 4. Dinámica de evolución de densidad para coberturas forestales

Fuente: Franco et al, 2006

De igual manera se uso el índice de abundancia-dominancia de Braunt-Blanquet obtenida de CETENAL (1976) que indica el grado de importancia de las especies que conforman una categoría, y determina de manera estimativa en función del porcentaje de cobertura.

Así, en las categorías que implicaban una cubierta forestal, la lógica era la siguiente:

a) Bosque monoespecífico denso: Aquellas superficies en las cuales el arbolado ocupa entre un 80 y un 100%, de una sola especie forestal. Ejemplo: FBC (A) (Bosque de Oyamel).

b) Bosque monoespecífico semidenso: Aquellas superficies en las cuales el arbolado ocupa entre un 50 y un 80%, de una sola especie forestal, y el resto de la proporción tenía una ocupación no forestal (pastizal, agrícola, matorrales, suelo desnudo)

e) Bosque monoespecífico fragmentado: Aquellas superficies en las cuales el arbolado tiene una ocupación secundaria de entre un 20 y un 50%, de una sola especie forestal, siendo que la mayor proporción de superficie es ocupada por una categoría no forestal (pastizal, agrícola, matorrales, suelo desnudo).

Bajo este ejemplo de clasificación, se obtuvieron las coberturas (Cuadro 4) de ocupación del suelo, las cuales son las siguientes:

Cobertura	Reclasificación
B-CEDRO	bosque cedro
Pi-BA	Bosque fragmentado de oyamel
Pi-B(P-A)	Bosque fragmentado de pino
Pi-VS-BP	
Pi-BP	
B(A-P)	Bosque de oyamel
B(P-A)	Bosque de pino
BP	
B(A-P)-Pi	bosque semidenso de oyamel

BA-Pi	bosque semidenso de pino
B(P-A)-Pi	
B(P-A)-Pi-VS	
B(P-A)-VS	
BA	
BP-Pi	
BP-Pi-VS	
BP-VS	
BP-VS-Pi	
Pi	
VS-Pi	Pastizal con vegetación secundaria

Cuadro 4. Reclasificación de la ocupación del suelo

2.2 Elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2009

2.2.1 Fuentes de Información

Para la elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2009, se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- a) Límite de la localidad de Agua Blanca, ejido de Santa María del Monte
- b) Mosaico de ortofotos de IIIGCEM, 2000
- c) Imagen digital SPOT 2009.

Durante la elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2009 se realizó el mismo proceso con el cual fue elaborado el mapa de ocupación el suelo del año 2000. En la digitalización se referenció la imagen de satélite SPOT, se ingresaron las coordenadas UTM y se utilizó el compuesto 111 para que la manera de fotointerpretación fuera similar a la del año 2000.

En esta se clasificación identificaron 21 coberturas de ocupación del suelo y se utilizaron los mismos criterios de interpretación.

El procedimiento correspondiente a la limpieza del mapa, creación de la topología, etiquetado de polígonos, definición de coberturas y exportación de coberturas con base de datos fue igual que el procedimiento utilizado en la elaboración del mapa de ocupación del suelo del año 2000.

2.2.2 Mapa de ocupación del suelo del año 2009

Para la realización del mapa se exportaron las coberturas, en donde se dio un color diferente a cada cobertura y se creó el mapa del año 2009. Como se mencionó anteriormente, para este año se obtuvieron 21 categorías siendo las mismas que el mapa 2000 y agregándose “VS-BP”.

2.2.3 Reclasificación

De igual manera que en el mapa del año 2000, para este año se reclasificaron las coberturas de suelo, es importante mencionar que la cobertura “VS-BP” se reclasificó con el nombre de “bosque fragmentado de pino”

2.3 Cambio de ocupación del suelo del periodo 2000-2009

Para llegar hasta esta etapa del procesamiento, se presentaron diversas complicaciones, una de ellas fue la dificultad para interpretar la información, puesto que el software Autodesk Map solo facilitó la fase de digitalización de ambos mapas. Posteriormente en la fase de elaboración de mapa se exportaron al software Arc view 3.3 en donde se diferenciaron las coberturas y se llevó a cabo la elaboración de los respectivos mapas del año 2000 y 2009 así como las correspondientes clasificaciones.

Para la elaboración del mapa de cambio de ocupación del suelo del periodo 2000-2009 se llevaron a cabo los siguientes pasos:

2.3.1 Importación de las coberturas del año 2000 y 2009

La importación de las coberturas correspondientes de cada año al software IDRISI Andes en formato ráster. Este software permitió dividir el área de estudio en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxeles) y atribuir un valor numérico a cada celda como valor representativo de su valor temático.

Al importar las categorías al software IDRISI Andes se asignó una clave a cada una de las coberturas de ambos mapas, posteriormente se procesaron ambas fechas para obtener la cartografía de cambio de ocupación del suelo.

El cambio de ocupación del suelo se realizó mediante un proceso de superposición de mapas. Esta herramienta genera el mapa de cambios así como una matriz de transición que representa los cambios de ocupación en el periodo 2000-2009

2.4 Elaboración del mapa de uso del suelo del año 2000

Para la elaboración de los mapas de uso de suelo, hubo adecuaciones a la metodología de generación de cartografía de ocupación de suelo, lo cual se describe a continuación:

2.4.1 Fuentes de información

Para llevar a cabo la generación del mapa de uso del suelo se retomaron las ortofotos digitales utilizadas en la ocupación del suelo del año 2000, las cuales fueron obtenidas en IIIGECM escala 1:20 000. En este caso fue necesario la impresión en papel de 60 cm. por 70 cm., de las ortofotos digitales adjuntando previamente el límite ejidal de la localidad para determinar hasta donde se realizaría el levantamiento de la información correspondiente (Ver Anexo 1).

2.4.2 Levantamiento de la información

Este consistió en la obtención de la información en campo mediante entrevistas hechas a 3 informantes clave, los cuales delimitaron los usos del suelo al año 2000,

La entrevista se llevo a cabo en dos partes;

- a) La primera parte de la entrevista consistió en solicitar la ayuda del informante clave para que proporcionara información acerca de los usos del suelo que tenía la localidad de Agua Blanca en el año 2000. Se utilizaron las orto fotos impresas y un acetato en el cual el informante clave marcaba directamente los usos del suelo.
- b) La segunda etapa de la entrevista consistió en solicitar al informante clave que nos proporcionara información acerca de los usos del suelo del año 2009. En esta parte se le proporcionó al informante clave una imagen SPOT del año 2009 impresa, para que rotulara el uso del suelo actual.

2.4.3 Digitalización

Ya culminado el proceso de levantamiento de la información, de igual manera que en la ocupación del suelo, se llevó a cabo la digitalización de la información en el software Autesk Map 2004, en el cual se creó una capa temática por cada informante clave del año 2000 quedando de la siguiente manera:

- Capa temática 1: informante_1_año_2000
- Capa temática 2: informante_2_año_2000
- Capa temática 3: informante_3_año_2000

Posteriormente se digitalizaron los rodales obtenidos en campo a través de las entrevistas aplicadas a los informantes clave. Esta digitalización se hizo tomando como base los rodales del mapa de ocupación del suelo del año 2000 y se ajustaron de acuerdo con lo obtenido en campo a través de los informantes claves (Ver Anexo 2).

2.4.4 Limpieza del mapa y creación de la topología

Al terminar la digitalización fue necesario limpiarlo pues durante el proceso se pueden crear líneas mal trazadas, líneas cortadas, líneas duplicadas, líneas que sobrepasan el punto donde deberían terminar, objetos duplicados, nodos intermedios entre otros que más adelante nos pudieron generar problemas en el proceso, culminada la limpieza de la digitalización se llevó a cabo la creación de la

topología las cual dio como resultado los polígonos del uso del suelo recabados en campo.

2.4.5 Clasificación y etiquetado de los tipos de uso del suelo

Al culminar la creación de los polígonos, fue necesario definir el tipo de uso que le correspondía de acuerdo con lo obtenido en campo, teniendo un registro total de 6 tipos de uso del suelo omitiendo los asentamientos humanos puesto que no se presentaron cambios durante el periodo de tiempo por lo que carece de interés en este estudio

2.4.6 Exportación de los usos del suelo con base de datos

Al terminar el procedimiento se exportaron los rodales al software Arc View Gis 3.3, esto fue necesario para llevar a cabo la creación del mapa de uso del suelo del año 2000.

2.4.7 Mapa de uso del suelo del año 2000

Para tener una buena interpretación de los resultados se obtuvieron 6 categorías de clasificación de usos del suelo (cuadro 5).

A continuación se presentan las categorías de uso del suelo propuestas:

Clasificación	Descripción
Extracción de hongos	Extracción de hongos
Pastoreo	Pastoreo
Pastoreo asociado	Pastoreo con extracción de hongos
Tala	Tala
Tala asociado	Tala con extracción de hongos, pastoreo o ambos.
Reserva natural	Reserva natural

Cuadro 5. Clasificación de uso del suelo del año 2000

2.5 Elaboración del mapa de uso del suelo del año 2009

Para la elaboración del mapa de uso del suelo del año 2009, se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- Límite de la localidad de Agua Blanca ejido de Santa María del Monte,
- Imagen digital SPOT 2009
- Mapa de ocupación de uso del suelo del año 2009.

El levantamiento de la información se hizo de la misma manera que la del año 2000 solo que en este caso se utilizó la imagen SPOT 2009 (Ver Anexo 3).

Ya culminado el proceso de levantamiento de la información, se llevó a cabo la digitalización de la información obtenida en campo en donde se tomó como base el mapa de ocupación del suelo del año 2009 (Ver Anexo 4). Posteriormente el mapa de uso del suelo del año 2009 se elaboró de la misma manera que el mapa de uso del suelo del año 2000. En este caso se obtuvieron 7 usos del suelo los cuales son los siguientes:

Clasificación	Descripción
Extracción de hongos	Extracción de hongos
Pastoreo	Pastoreo
Pastoreo asociado	Pastoreo con hongos, tinas
Extracción de madera por saneamiento	Extracción de madera por saneamiento
Extracción de madera por saneamiento asociado	Extracción de madera por saneamiento con extracción de hongos
Tala	Tala
Reserva natural	Reserva natural

Cuadro 6. Clasificación de uso del suelo del año 2009

2.6 Elaboración del mapa de cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009

Para la elaboración del mapa de cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009 se utilizaron los mapas de uso del suelo del año 2000 y 2009 de la localidad de Agua Blanca.

El cambio de uso del suelo se llevo a cabo mediante la sobre posición de los mapas de ambos años bajo el mismo procedimiento utilizado para crear el mapa de cambio de ocupación del suelo.

3. RESULTADOS

3.1 Ocupación del suelo

3.1.1. Ocupación del suelo del año 2000

Para el año 2000, la localidad de Agua Blanca tenía 825 ha de bosques densos de pino localizados al norte, 735 ha de bosques semidensos de pino hacia toda la franja central, 534 ha de bosques fragmentados de pino al suroeste, 337 ha de bosques densos de oyamel localizados al suroeste, 142 ha de bosques semidensos de oyamel al sur y suroeste, 22 ha de bosques fragmentados de oyamel, localizados en pequeñas porciones al suroeste, 28 ha de bosque de cedro localizado al oeste y 280 ha de pastizales con vegetación secundaria distribuidas en varias áreas de la localidad (Figura 5).

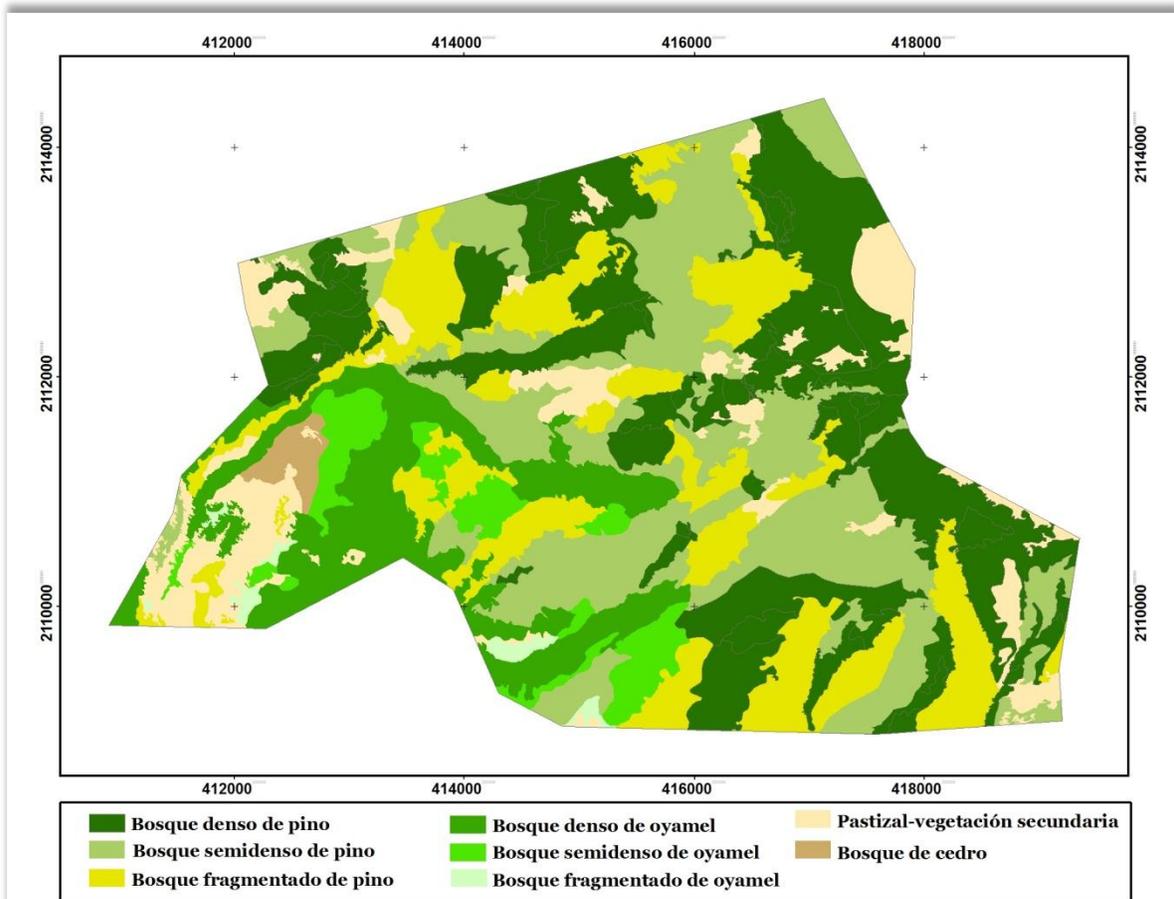


Figura 5. Ocupación del suelo del año 2000

3.1.2. Ocupación del suelo del año 2009

Para el año 2009, la localidad de Agua Blanca tenía 286 ha de bosques densos de pino localizados al norte, más de 1000 ha de bosques semidensos de pino hacia toda la franja central, casi 780 ha de bosques fragmentados de pino al suroeste, 223 ha bosques densos de oyamel localizados al suroeste, 254 ha de bosques semidenso de oyamel al sur y suroeste, 26 ha de bosques fragmentados de oyamel, localizados en pequeñas porciones al suroeste, 31 ha bosque de cedro localizado al oeste y 320 ha de pastizales con vegetación secundaria distribuidas por toda la localidad (figura 6).

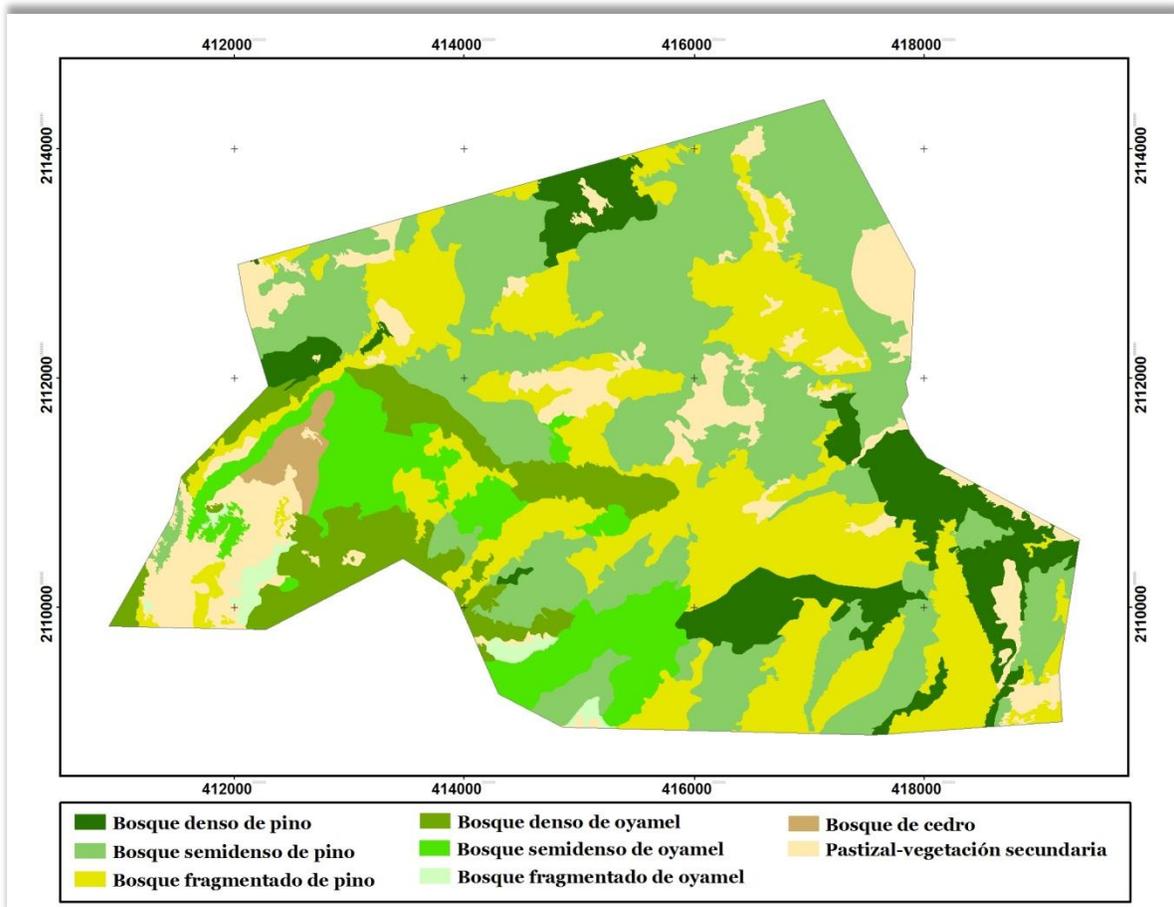


Figura 6. Ocupación del suelo del año 2009

Para evidenciar la dinámica de superficie de las ocupaciones de suelo entre 2000 y 2009, el cuadro 7 muestra las pérdidas o ganancias de cada una de ellas:

Descripción	2000	2009	Ganancia/Pérdida
Bosque denso de oyamel	336.802	222.689	-114.11
Bosque denso de cedro	27.757	30.993	3.24
Bosque denso de pino	824.461	285.584	-538.88
Bosque fragmentado de oyamel	21.686	26.19	4.50
Bosque fragmentado de pino	533.793	776.633	242.84
Bosque semidenso de oyamel	142.399	253.987	111.59
Bosque semidenso de pino	753.535	1004.298	250.76
Pastizal con vegetación secundaria	279.769	319.834	40.07

Cuadro 7. Ganancia/pérdida de la ocupación del suelo del periodo 2000-2009

Como se puede analizar, durante el periodo 2000-2009 el bosque denso de pino perdió 539 ha, derivado probablemente de diversos factores como la tala y el pastoreo, marcando un detrimento sensible en la calidad ambiental del área, esto fue corroborado directamente en la zona de estudio.

El bosque de oyamel fue otra de las coberturas que sufrió cambios en su estructura, perdiendo 114 ha derivado de la tala ilegal, el pastoreo extensivo de borregos y vacas así como la extracción de hongos comestibles, esto observado directamente en diversas zonas que conforman la localidad

Por otra parte, es importante mencionar que se identificaron 40 ha nuevas de pastizales producto de la pérdida total de algún tipo de bosque en la zona de estudio.

Es importante mencionar que el cuadro 7 solo presenta la ganancia o pérdida de las hectáreas dentro de este periodo de estudio. Más adelante se presenta la matriz de transiciones, la cual explica de manera precisa cuáles fueron los cambios dinámicos sucedidos en el periodo de estudio.

3.1.3 Cambio de ocupación del suelo periodo 2000-2009

Se generó un mapa de cambio de ocupación de suelo, el cual fue producto de la sobre posición del mapa de ocupación del suelo del año 2000 y el mapa de ocupación del suelo del año 2009, el cual evidencia la dinámica de deterioro y recuperación del área de estudio de manera precisa (Figura 7).

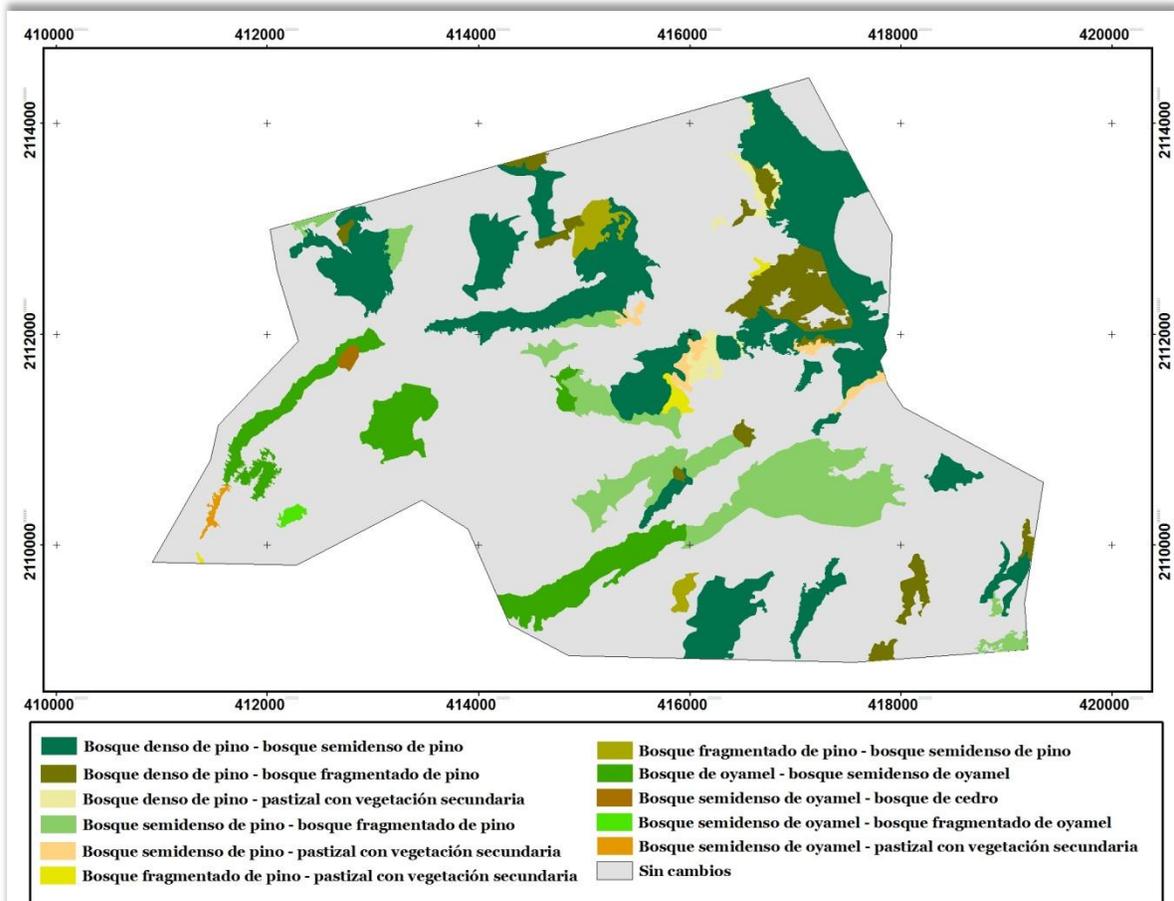


Figura 7. Cambio de ocupación del suelo del periodo 2000-2009

Para entender dónde se presentan los cambios, la matriz de transiciones explica de manera precisa cuáles fueron las transiciones (o traspasos de superficie entre categorías) ocurridas en el periodo 2000-2009 (Cuadro 8).

		2009							
2000		Bosque de cedro	Bosque fragmentado de oyamel	Bosque fragmentado de pino	Bosque denso de oyamel	Bosque denso de pino	Bosque semidenso de oyamel	Bosque semidenso de pino	Pastizal con vegetación secundaria
	Bosque de cedro	27.8	0	0	0	0	0	0	0
	Bosque fragmentado de oyamel	0	21.7	0	0	0	0	0	0
	Bosque fragmentado de pino	0	0	507.4	0	0	0	19.8	6.6
	Bosque denso de oyamel	0	0	0	215.5	0	121.30	0	0
	Bosque denso de pino	0	0	86.4	7.2	285.6	0	427.0	18.2
	Bosque semidenso de oyamel	3.2	3.3	0	0	0	132.7	0	3.2
	Bosque semidenso de pino	0	0	181.3	0	0	0	557.2	15.0
	Pastizal con vegetación secundaria	0	1.2	1.6	0	0	0	0.2	276.8

Cuadro 8. Matriz de transiciones de la ocupación del suelo del periodo 2000-2009

Conforme a esta matriz, A continuación se describen las principales transiciones para el periodo de tiempo estudiado, las cuales fueron relacionadas con la información obtenida en la zona de estudio proporcionada principalmente por los informantes clave (la cual fue usada también para analizar el cambio de uso del suelo):

Bosque denso de pino

El bosque denso de pino presentó patrones de degradación en su cobertura, siendo que en 427 ha pasó a ser bosque semidenso de pino, localizados principalmente al norte, noreste y centro de la localidad debido principalmente a la tala ilegal, lo cual se sabe debido a la información obtenida en campo. Por otra parte, se identificaron 86 ha que presentaron degradación alta (transiciones hacia bosques fragmentados de pino), localizados principalmente al este de la zona de estudio, observándose la dominancia de pastizales y vegetación secundaria. Estas zonas se caracterizan por ser utilizadas para el pastoreo extensivo, Finalmente, se identifican 18 ha donde se perdió totalmente el bosque de pino durante el periodo de tiempo estudiado (degradación severa) identificándose pastizales con vegetación secundaria localizados al noreste y centro de la localidad con un uso

para el pastoreo extensivo. Cabe mencionar que en 293 ha de bosque de pino no hubo procesos de transición (es decir, permanecieron intactos).

Bosque denso de oyamel

El bosque denso de oyamel ha presentado patrones de degradación a través de este periodo de tiempo, identificándose 121 ha que presentaron una degradación moderada en donde pasaron a ser bosque semidenso de oyamel localizados al suroeste de la localidad las cuales se han visto afectadas por el pastoreo extensivo, lo cual acelera el proceso de degradación del territorio. Además se identificaron 216 ha de bosque de oyamel que no presentaron procesos de transiciones durante este periodo de tiempo.

Bosque semidenso de oyamel

Esta cobertura en el año 2000 presentó patrones de degradación moderada en su territorio siendo que en 3 ha se mostró la presencia de pastizales dentro del bosque utilizadas para el pastoreo extensivo el cual para el año 2009 pasó a formar parte del bosque de cedro localizados al oeste de la localidad debido a reforestaciones realizadas. También se identificaron 3 ha que presentaron patrones de degradación fuerte siendo que pasaron a ser bosque fragmentado de oyamel localizadas al suroeste de la localidad siendo utilizadas para el pastoreo extensivo. También se identificaron 3 ha de bosque semidenso de oyamel que presentaron degradación severa debido a que se perdió totalmente la cobertura derivado del pastoreo así como de la extracción de madera, identificándose para el año 2009 pastizales y vegetación secundaria (localizado al suroeste de la localidad). Además se identificaron 133 ha de bosque semidenso de oyamel que no presentaron transiciones durante este periodo de tiempo.

También se identificaron zonas que presentaron degradación en su territorio así como una mejora en la cobertura:

Bosque semidenso de pino

Como se puede ver en la matriz de transiciones, 15 ha de bosques semidensos de pino presentaron patrones de degradación fuerte, perdiendo totalmente el arbolado y pasando a ser pastizales con vegetación secundaria, esto generado principalmente por la tala ilegal, localizada al este y centro de la localidad, además en el centro de la localidad se ubicaron 181 ha que en el año 2000 conformaban el bosque de pino semidenso y para el año 2009 se degradó pasando a ser bosque fragmentado de pino, esto debido a que el lugar es utilizado para el pastoreo de vacas que son principalmente de la localidad vecina. De igual manera se identificaron 557 ha de bosques semidenso de pino que no mostraron transiciones durante el periodo de tiempo estudiado.

Bosque fragmentado de pino

A través del periodo de tiempo estudiado el bosque fragmentado de pino ha sufrido diversas transiciones, en el año 2000 se identificaron 19.82 ha que eran utilizadas para la extracción de hongos por parte de los pobladores y población circundante, para el año 2009 se identificó una transición mostrando aumento en el arbolado debido a reforestaciones, pasando a ser bosque semidenso de pino el cual se localiza al norte y sur de la localidad. También en el año 2000 se identificaron casi 7 ha de bosque fragmentado de pino ubicadas al centro de la zona que mostraron pérdida del arbolado durante el periodo de tiempo estudiado, presentando una degradación alta al cambiar esta cobertura a pastizales con vegetación secundaria en donde este espacio es utilizado para la tala ilegal.

Es importante mencionar que se identificaron 507 ha de bosque fragmentado de pino que no mostraron transiciones en este periodo de tiempo.

De igual manera, se identificaron coberturas de suelo que no presentaron transiciones significativas:

Bosque de cedro

El bosque de cedro es una cobertura de reciente creación en la localidad de Agua Blanca producto de reforestaciones solicitadas por los habitantes de la localidad. Así, se identificaron 28 ha que no cambiaron durante este periodo de tiempo, las cuales se localizan al oeste de la localidad, las cuales son aprovechadas para la extracción de hongos y pastoreo extensivo. Esta reforestación está siendo cercada por los pobladores para no permitir la degradación de esta zona aunque la medida no parece ser un obstáculo dado que es fácil de evadir.

Bosque fragmentado de oyamel

Dentro de esta cobertura se identificaron 22 ha de bosque fragmentado de oyamel localizadas al noreste y norte de la localidad, caracterizado por contener pastizales con vegetación secundaria, las cuales no cambiaron durante este periodo de tiempo.

Pastizal con vegetación secundaria

Es importante mencionar que en el año 2000 se identificaron 280 ha de pastizal con vegetación secundaria que no mostraron cambios en este periodo de tiempo, y más aún, se han sumado otras áreas que originalmente eran forestales.

3.2 uso del suelo

3.2.1 Uso del suelo del año 2000

En el área de estudio, el uso del suelo del año 2000 se caracterizó por presentar principalmente la actividad de extracción de hongos hacia el sur cubriéndose 227 ha. Esta actividad es debida a la presencia de los bosques, los cuales son ideales para el desarrollo de estos organismos y siendo que son comestibles, la población local los ha aprovechado para consumo o venta.

Por otra parte, el pastoreo se ubicaba de manera general al sureste de la localidad con una extensión de casi 600 ha, principalmente en zonas de bosques fragmentados de pino. También se identificó el pastoreo asociado (con otros usos) localizado al centro y suroeste de la localidad en 850 ha de bosques densos de oyamel y bosques semidensos de oyamel, representando una fuerte presión hacia los recursos forestales.

De la misma manera, se identificó una zona de reserva natural ubicada al noreste de la localidad con una extensión de 45 ha, siendo una ocupación de pastizal alpino.

Otro uso de suelo identificado en el año 2000 fue la tala ilegal la cual estaba localizada en la parte norte, noreste y noroeste, sumando más de 700 ha, siendo la actividad que afectaba de manera más marcada los bosques densos de pino y los bosques semidensos de pino. Esta actividad se ha intensificado debido a la facilidad obtenida por los caminos del parque nacional, pudiéndose observar huellas de camiones que llegan a zonas de difícil acceso y que pueden portar gran cantidad de madera. Esta actividad se ha venido desarrollando anteriormente como lo muestra el trabajo realizado por Franco (2006), llamado *“Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca”* en donde se destacó la tendencia al cambio de uso del suelo y la presión antrópica sobre los recursos forestales, lo que repercute en la disminución de la densidad del arbolado, la pérdida de la biodiversidad genética y ecosistémica, la proliferación de plagas y enfermedades así como la afectación de los suelos.

Por último, se identificaron zonas utilizadas para la tala asociada con otros usos como la extracción de hongos, localizadas al norte y noroeste de la localidad (con más de 450 ha) principalmente dentro del bosque semidenso de pino.

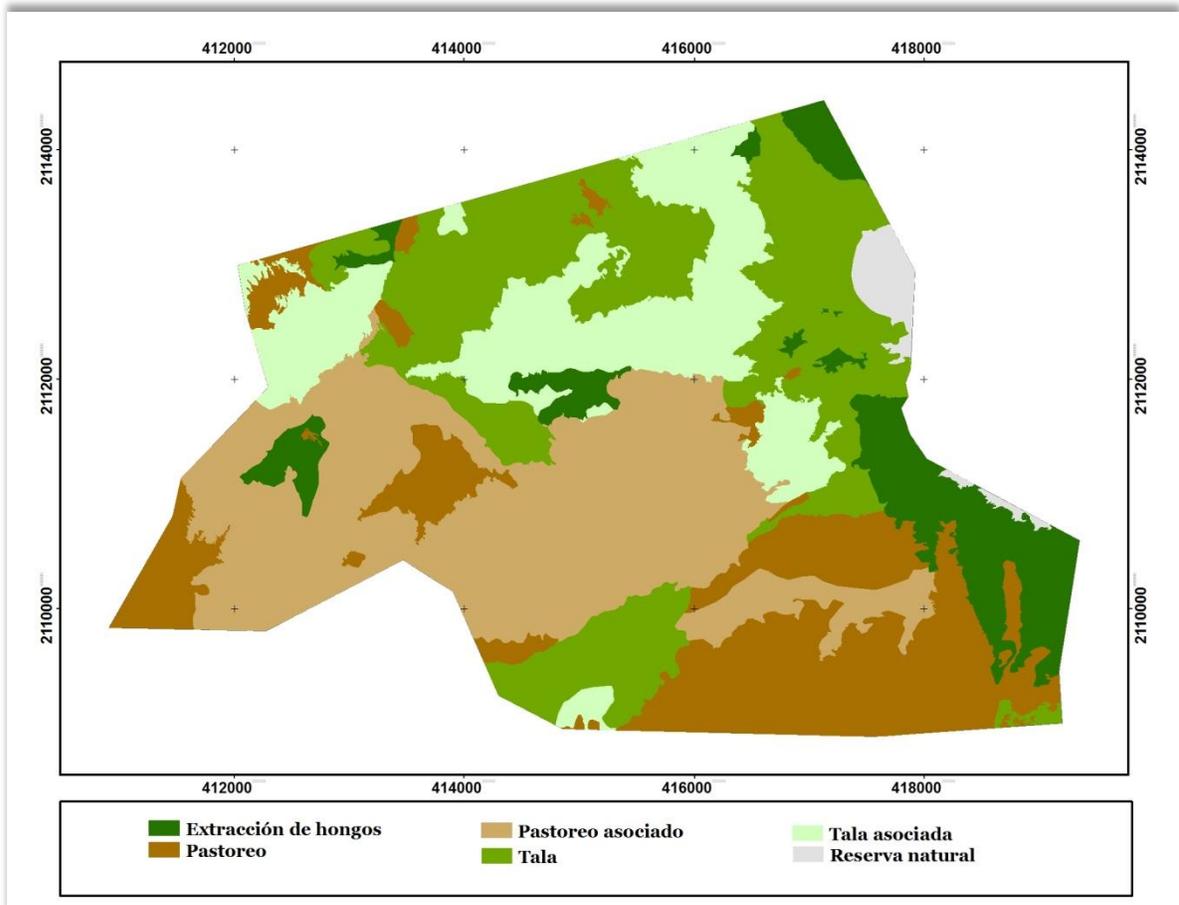


Figura 8. Uso del suelo del año 2000

3.2.2 Uso del suelo del año 2009

Durante el año 2009 el uso del suelo mostró la mayoría de las categorías de uso de suelo observadas en el año 2000 aunque también se identificaron nuevas actividades:

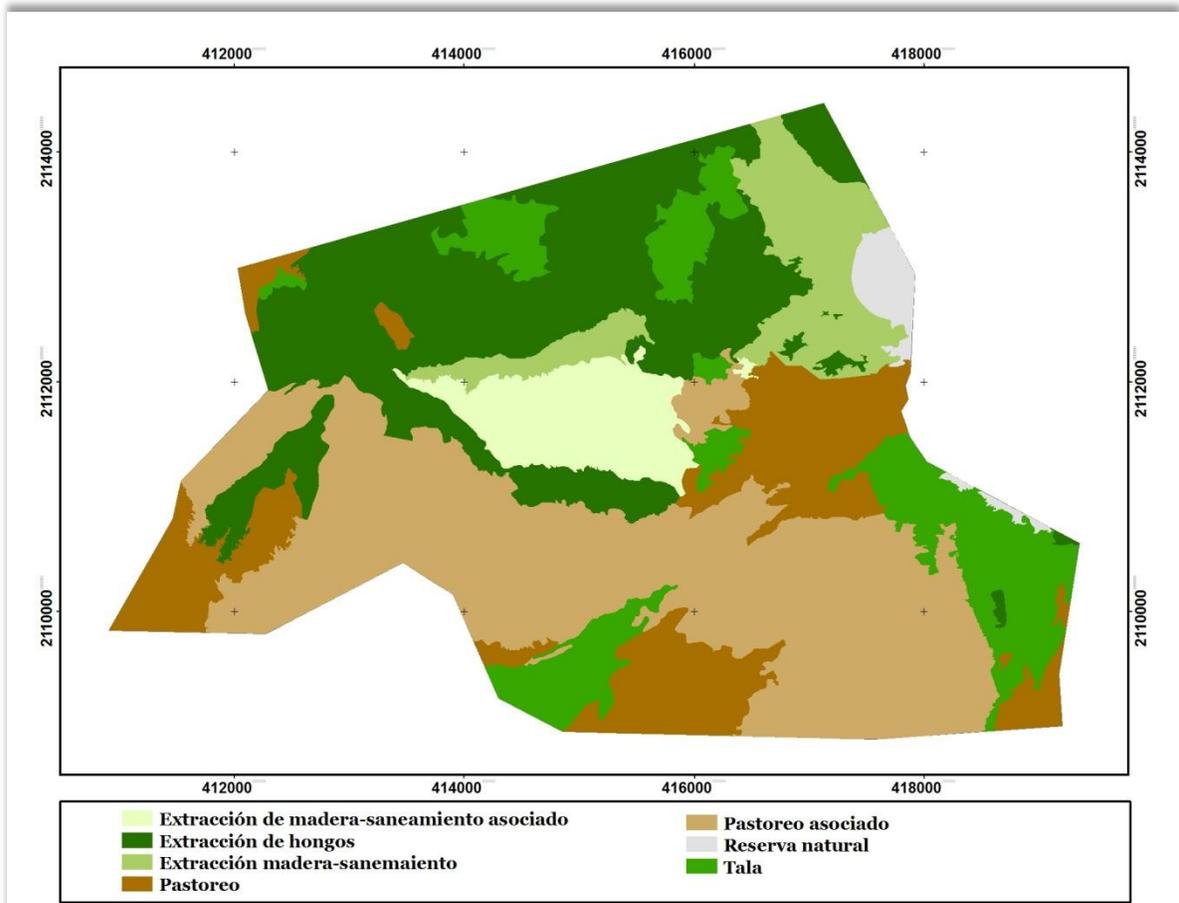


Figura 9. Uso del suelo del año 2009

Como se puede ver en la figura 9, el año 2009 se caracterizó por presentar principalmente actividad de extracción de hongos en más de 700 ha, ubicados al norte y noroeste de la localidad, principalmente sobre ocupaciones de bosque denso de pino y bosque semidenso de pino.

Otra actividad que predominó para 2009 dentro del área de estudio fue el pastoreo extensivo, ubicado al este, sur y suroeste de la localidad dentro del bosque fragmentado de pino, conformado por 437 ha; esta actividad ejerce una fuerte presión sobre el recurso forestal. Además se identificaron casi 1000 ha de pastoreo asociado con otros usos ubicadas al sur de la localidad, afectando gran parte de la superficie del bosque denso de oyamel, bosque semidenso de oyamel

y bosque fragmentado de pino. El pastoreo extensivo por parte de localidades vecinas también ejerce presión sobre los recursos forestales de la localidad.

Por otra parte, se identificaron 366 ha de bosque denso de pino y bosque semidenso de pino utilizadas para la extracción de madera de manera ilegal (tala clandestina) al norte y sureste de la zona de estudio, actividad realizada por personas de otras regiones. Cabe mencionar que se identificó por el corte en el árbol que la madera extraída es utilizada para venta en tablones. El uso llamado “tala asociada” ya no se identificó en la zona de estudio para el año 2009.

Por otra parte, se identificó la extracción de madera por saneamiento con la finalidad de frenar las plagas retirando los árboles infectados, muertos o dañados. Ésta actividad se localizó al noreste y una porción en el centro de la localidad, con una extensión de 214 ha, ubicándose dentro del bosque semidenso de pino. También se localizaron 163 ha utilizadas para la extracción de madera por saneamiento asociado con otros usos como la extracción de hongos al centro de la localidad sobre el bosque fragmentado de pino.

La zona reserva natural es un uso de suelo identificado en ambos años que no mostró transiciones en la ocupación del suelo (pastizal alpino) en el periodo estudiado, ocupando poco más de 45 ha.

Durante el periodo de tiempo estudiado, la localidad de Agua Blanca sufrió tanto pérdidas como ganancias en los usos del suelo. Como se puede ver en el cuadro 9, la extracción de hongos se comenzó a dar en mas zonas de la localidad ganando 431 ha, el pastoreo perdió 147 ha, el pastoreo asociado con otros usos ganó 126 ha, la tala clandestina presento una disminución puesto que ahora la tala es por motivos de saneamiento.

Uso	2000	2009	Ganancia/Pérdida
Extracción de hongos	277.03	708.17	431.14
Pastoreo	584.19	436.87	-147.33
Pastoreo asociado a la extracción de hongos	850.43	976.50	126.07
Reserva natural	45.16	45.16	0.00
Tala	708.78	366.63	-342.15
Tala asociada a la extracción de hongos y pastoreo	454.58	/	-454.58
Extracción de madera por saneamiento	/	214.21	214.21
Extracción de madera por saneamiento asociado a la extracción de hongos	/	172.66	172.66

Cuadro 9. Ganancia/pérdida del uso del suelo del periodo 2000-2009

La localidad de Agua Blanca ha sufrido una serie de cambios tanto de ocupación como de uso durante el periodo de tiempo estudiado. Es importante mencionar que ambos temas de estudio se relacionan, por esta razón aunque se planteó inicialmente el tema de ocupación del suelo, al madurar el estudio, se decidió abordar de manera paralela el uso del suelo.

3.2.3 Cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009

Como se mencionó anteriormente se realizó el mapa cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009 de la localidad de Agua Blanca, el cual fue resultado de la sobre posición de los mapas de uso del suelo del año 2000 y 2009.

Para tener una mejor interpretación de los resultados se dividió en 3 grupos: Pastoreo, Tala y extracción de hongos, esto con la finalidad de tener mejor representada la información obtenida durante el proceso.

Derivado de este proceso se obtuvo también la matriz de transición la cual arrojó como resultado las transiciones ocurridas durante el periodo de tiempo estudiado.

2000	2009							
	Extracción de hongos	Extracción de madera por saneamiento	Extracción de madera por saneamiento asociado	Pastoreo	Pastoreo asociado	Reserva natural	Tala	Tala asociada
Extracción de hongos	77.34	0	26.20	23.42	0	0	150.09	0
Extracción de madera por saneamiento	0	0	0	0	0	0	0	0
Extracción de madera por saneamiento asociado	0	0	0	0	0	0	0	0
Pastoreo	20.68	0	0	172.50	365.88	0	22.14	0
Pastoreo asociado	116.00	0	79.54	55.78	584.35	0	14.77	0
Reserva natural	0.00	0	0	0	0	45.16	0	0
Tala	222.17	166.73	41.27	120.85	13.20	0	144.58	0
Tala asociada	271.98	47.48	25.66	64.32	10.08	0	35.06	0

Cuadro 10. Matriz de transiciones del cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009

Como se puede ver en la matriz de transiciones (cuadro 10), se identificaron zonas dentro de la localidad de Agua Blanca que presentaron cambios dinámicos en el uso del suelo:

Extracción de hongos

Debido a su localización, la localidad de Agua Blanca es una zona que cuenta con una cantidad considerable de recursos naturales debido a los factores físicos que favorecen el crecimiento de los hongos, los cuales son aprovechados por los pobladores locales así como los de zonas circundantes.

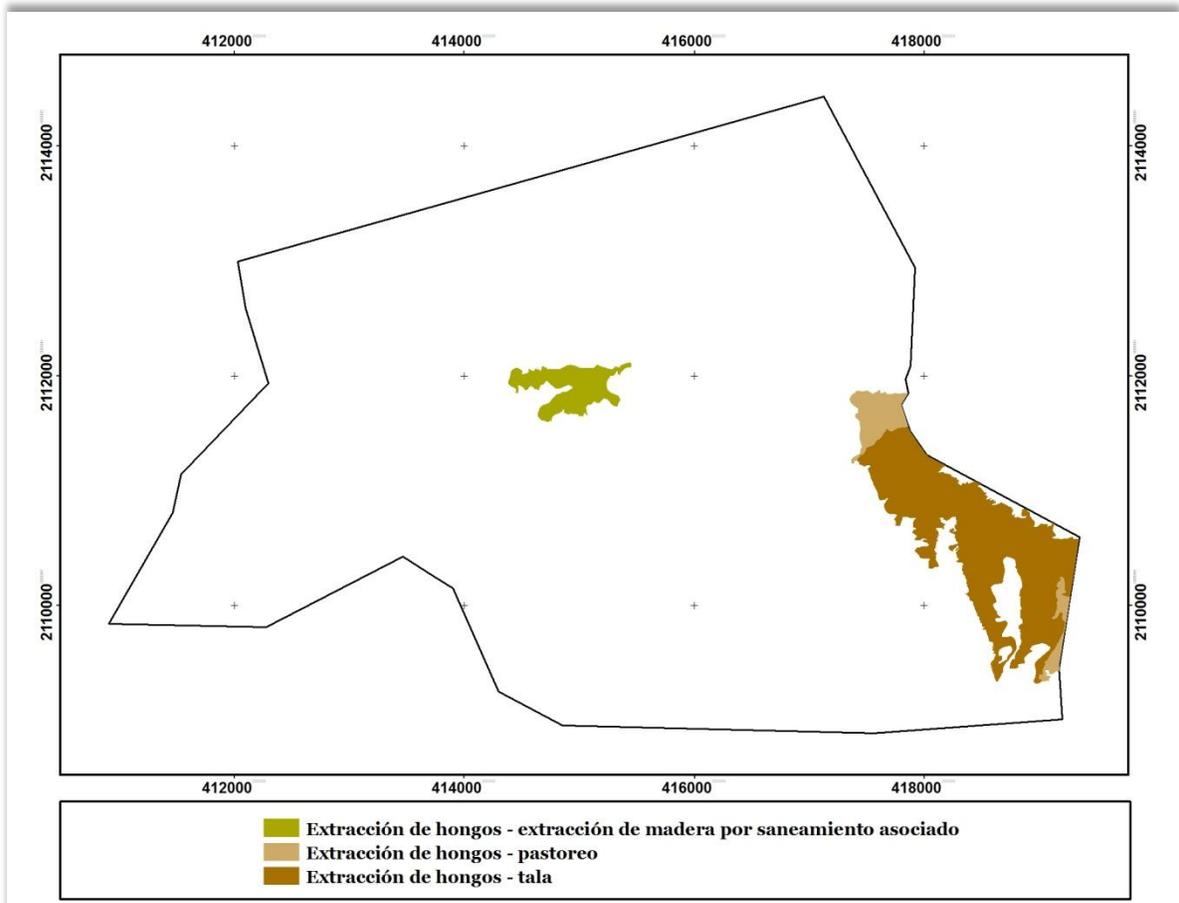


Figura 10. Cambio de uso del suelo en las zonas de extracción de hongos 2000-2009

Se sabe que para el año 2000, se extraían hongos en 150 ha localizadas al sureste de la localidad, las cuales para el año 2009 presentaron un cambio negativo considerable. Aunado a la extracción de hongos, se identificaron zonas que se ven afectadas por la tala ilegal, actividad realizada principalmente por personas que no pertenecen a la localidad.

Por otra parte, se ubicaron 26 ha de bosque de pino, localizadas al sureste de la localidad, que en el año 2000 eran utilizadas para la extracción de hongos y en las cuales para el año 2009 se comenzó a extraer madera por saneamiento en asociación con la extracción de hongos, haciendo que el territorio sea sujeto a una mayor degradación en los recursos. Aunque la extracción de madera para

saneamiento es una actividad legal, se mantiene como una fuerte presión hacia los recursos naturales del área de estudio.

De igual manera se identificaron 23 ha ubicadas al este de la localidad, que en el año 2000 eran usadas para extraer hongos, y que para el año 2009 presentaron un cambio hacia actividades ganaderas. Como se sabe, las zonas de pastoreo están en función de sus rutas de desplazamiento, las cuales son rotativas con el fin de racionalizar su uso.

Es importante mencionar que 77 ha utilizadas para la extracción de hongos no cambiaron su uso de suelo puesto que los pobladores siguen abasteciéndose de este recurso obtenido de las mismas zonas del bosque.

Pastoreo

El pastoreo es la actividad predominante en la zona de estudio, siendo históricamente borregos, vacas y chivos el tipo de ganado manejado, de acuerdo con lo que mencionan los pobladores. A partir del año 2000 se comenzaron a retirar los chivos como animales de crianza pues los habitantes fueron sancionados por las autoridades, ya que estos generan un alto impacto tanto en el suelo como en la vegetación de la zona de estudio.

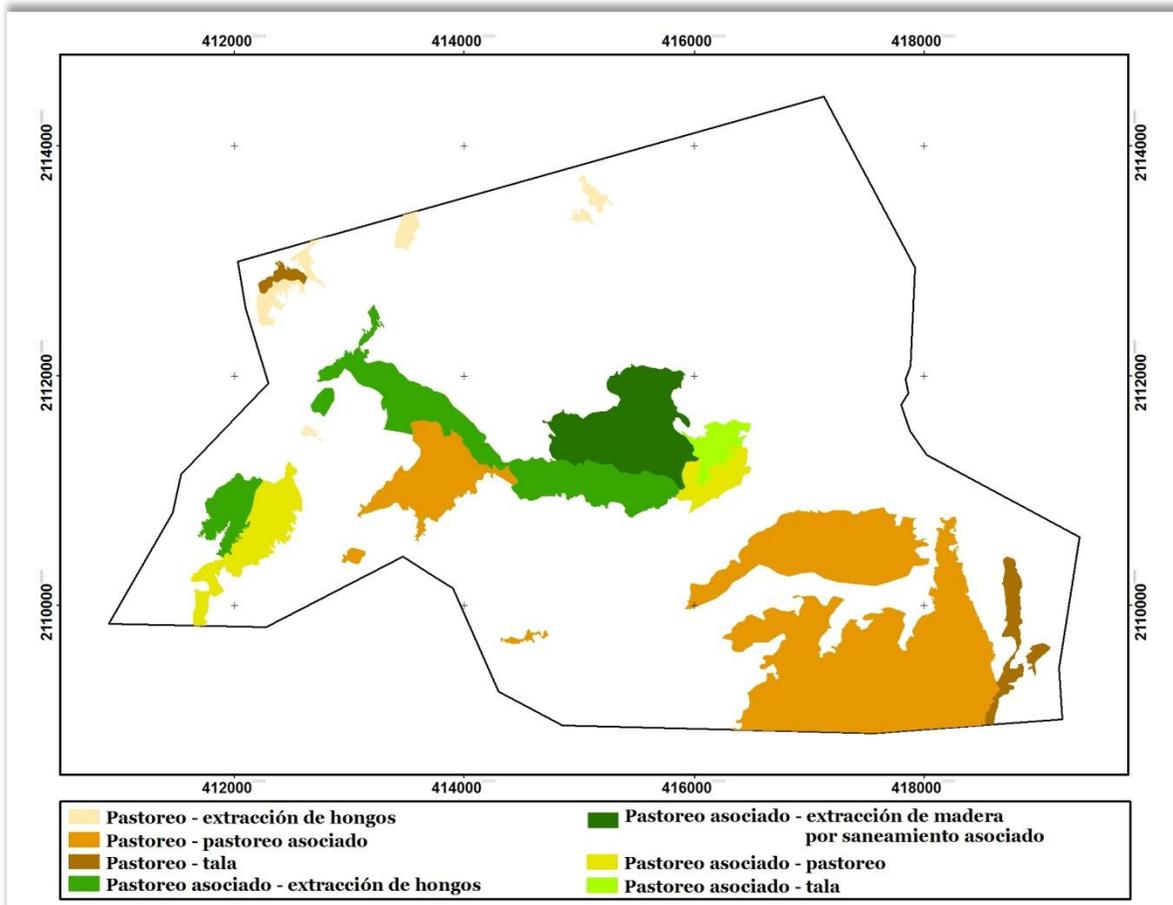


Figura 11. Cambio de uso del suelo en las zonas de pastoreo 2000-2009

En el periodo estudiado se identificaron 22 ha localizadas al noroeste de la localidad que en el año 2000 que eran utilizadas para el pastoreo extensivo y que para el año 2009 se convirtieron en áreas destinadas a la tala. Esto es influido por la ampliación de la carretera que atraviesa el bosque de la localidad, la cual es una nueva dinámica, haciendo que algunas zonas del bosque sean más susceptibles a la extracción ilegal.

Durante el periodo de tiempo estudiado, se identificaron 20 ha localizadas principalmente al norte de la localidad que en 2000 eran utilizadas para el pastoreo y que para 2009 su uso fue para la extracción de hongos. Así, en ésta área al retirarse el pastoreo, el impacto producido en el suelo disminuyó considerablemente.

Otra de las transiciones que se observó fueron las 366 ha de pastoreo localizadas al sureste de la localidad que se convirtieron a pastoreo asociado con otros usos como la extracción de hongos y tala, ubicándose dentro del bosque semidenso y fragmentado de pino.

Durante este periodo de tiempo se identificaron 173 ha que no cambiaron su uso del suelo y siguieron siendo utilizadas para el pastoreo extensivo.

Pastoreo asociado

Dentro del periodo de tiempo estudiado se presentó una recuperación dentro de algunas zonas destinadas al pastoreo asociado. Se identificaron 116 ha localizadas en el centro de la localidad que para el año 2009 eran utilizadas principalmente para la extracción de hongos. Así, el retiro del ganado en el bosque y pastizales permitió la recuperación de la zona, lo que hace que se creen condiciones apropiadas para el desarrollo de organismos comestibles (extracción de hongos) y estos sean aprovechados por los pobladores tanto para consumo como para venta (figura 11).

De igual manera, en el área de estudio se identificaron casi 15 ha localizadas al sureste de la localidad que en el año 2000 eran utilizadas para el pastoreo asociado (con la extracción de hongos así como tinajas utilizadas como practicas de conservación), y que para el año 2009 presentaron una transición hacia la tala ilegal dentro de los bosques de pino y oyamel.

En el año 2000 se ubicaron 56 ha localizadas al sureste y centro de la zona de estudio que eran utilizadas por el pastoreo asociado y que para 2009 se dedicaron exclusivamente al pastoreo.

A pesar de las transiciones ocurridas durante este periodo de estudio se identificaron 584 ha de pastoreo asociado al sur y suroeste de la localidad que no presentaron cambios transiciones durante el periodo de tiempo estudiado, esto

debido a la accesibilidad hacia el bosque por parte de los pobladores quienes ya tienen rutas de pastoreo establecidas.

Tala

La tala es una de las actividades más impactantes hacia los recursos de la localidad de Agua Blanca siendo que la mayor parte de la de la madera extraída por personas ajenas a la comunidad quienes llevan los troncos a aserraderos. La parte no comercial de la madera es abandonada en el lugar, y éste sobrante es recolectado por los pobladores para utilizarlo como leña. Se ha visto, por otra parte, que cuando la tala ilegal se presenta en cierta zona, los pobladores cambian sus rutas de pastoreo por el temor a ser agredidos por los taladores.

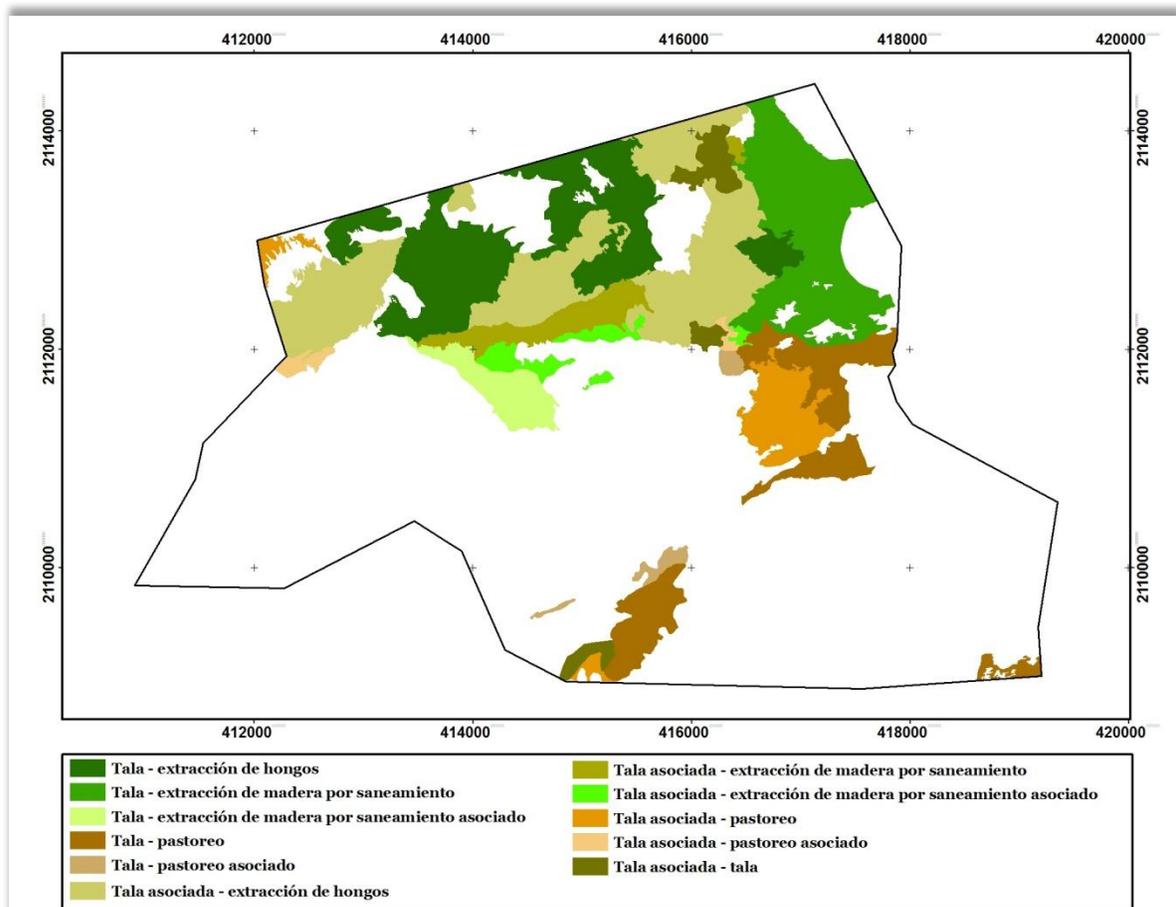


Figura 12. Cambio de uso del suelo en las zonas de tala 2000-2009

Como se puede ver en la matriz de transiciones (ver cuadro10), se identificaron 222 ha ubicadas al norte de la localidad, que en el año 2000 estaban siendo afectadas por la tala ilegal, debido a la gran accesibilidad hacia el recurso por caminos que permitían la entrada del transporte de carga al bosque, y que para 2009 ya no se presentó arbolado, y debido a esto, actualmente estas zonas son utilizadas para la extracción de hongos (ver figura 12). De igual manera se identificaron 121 ha al sur y este de la localidad que en el año 2000 estaban dedicadas a la extracción de madera de manera ilegal (tala ilegal) y que para 2009 se utilizó para el pastoreo, dada la ahora inexistente cobertura arbórea. También se identificaron 13 ha localizadas al centro de la localidad, que en 2000 eran utilizadas para la tala ilegal, y para 2009 pasaron a la actividad de pastoreo asociado.

Así, se identificaron al noreste de la localidad 167 ha que en el año 2000 se encontraban siendo taladas y que para 2009 los bosques en los que se realizaba ésta actividad presentaron una degradación considerable visible en la presencia de plagas, por lo cual los pobladores solicitaron la extracción de madera por saneamiento. De la misma manera, se identificaron 41 ha que en el año 2000 eran taladas y que para 2009 eran usadas para la extracción de madera asociada (con extracción de hongos).

De igual manera, se identificaron 145 ha ubicadas al norte y sur de la localidad que a través de este periodo de tiempo siguen siendo afectadas por la tala clandestina.

Tala asociada

La tala asociada es una categoría que se encuentra relacionada con otros usos tales como la extracción de hongos y el pastoreo. Se identificaron 272 ha localizadas al norte y noreste de la zona de estudio que se encuentran en un proceso de recuperación, puesto que para el año 2009 solo se llevaba a cabo la

extracción de hongos, esto debido a que la zona se encuentra sujeta a un proceso de reforestación (cuadro 10),

También se identificaron 48 ha al centro de la localidad las cuales en el primer periodo de estudio eran utilizadas para la extracción de madera de manera ilegal relacionada con otros usos del suelo y que para el año 2009 esta zona se utilizó para la extracción de madera por saneamiento.

Por otra parte, la tala asociada también sufrió otra transición en este periodo de tiempo, identificándose 26 ha localizadas al centro de la localidad que para el año 2009, fueron utilizadas para la extracción de madera por saneamiento asociado (con la extracción de hongos). También se identificaron 64 ha localizadas al este de la zona de estudio, que en el año 2000 eran utilizadas para la tala asociada con el pastoreo y la extracción de hongos y que para 2009 la ausencia de arbolado permitió el establecimiento del pastoreo extensivo. Por otra parte, 10 ha cambiaron a pastoreo asociado.

Otra porción de la localidad conformada por 35 ha localizada al centro y norte de la localidad, en el año 2000 era utilizada para la extracción de madera ilegal asociada con el pastoreo y la extracción de hongos (tala ilegal asociada) y para 2009 solo era destinada para tala ilegal, ya que los colectores no tenían acceso a los lugares en los que los tala montes hacían su labor.

Es importante mencionar que se identificó la reserva natural la cual es una cobertura de suelo localizada al este de la localidad, conformada por 45 ha de superficie que no presentó transiciones tanto en ocupación del suelo como en uso del suelo durante el periodo de tiempo estudiado.

La dinámica propia de la localidad dio origen a nuevos usos de suelo como la extracción de madera por saneamiento, extracción de madera por saneamiento asociada y la tala asociada.

3.3 Cambio de uso y ocupación del suelo del periodo 2000-2009

Como se sabe, uno de los objetivos de la presente investigación fue identificar las causas de los cambios de ocupación y uso del suelo en las diferentes fechas. Para poder cubrir este objetivo se llevo a cabo el cruce del mapa de cambio de ocupación del suelo del periodo 2000-2009 con el mapa de cambio de uso del suelo del periodo 2000-2009.

Como se puede ver en la figura 13, se obtuvo un mapa el cual fue reclasificado para obtener el tipo de cambio de uso y/o ocupación que presentó durante este periodo de tiempo la localidad de Agua Blanca.

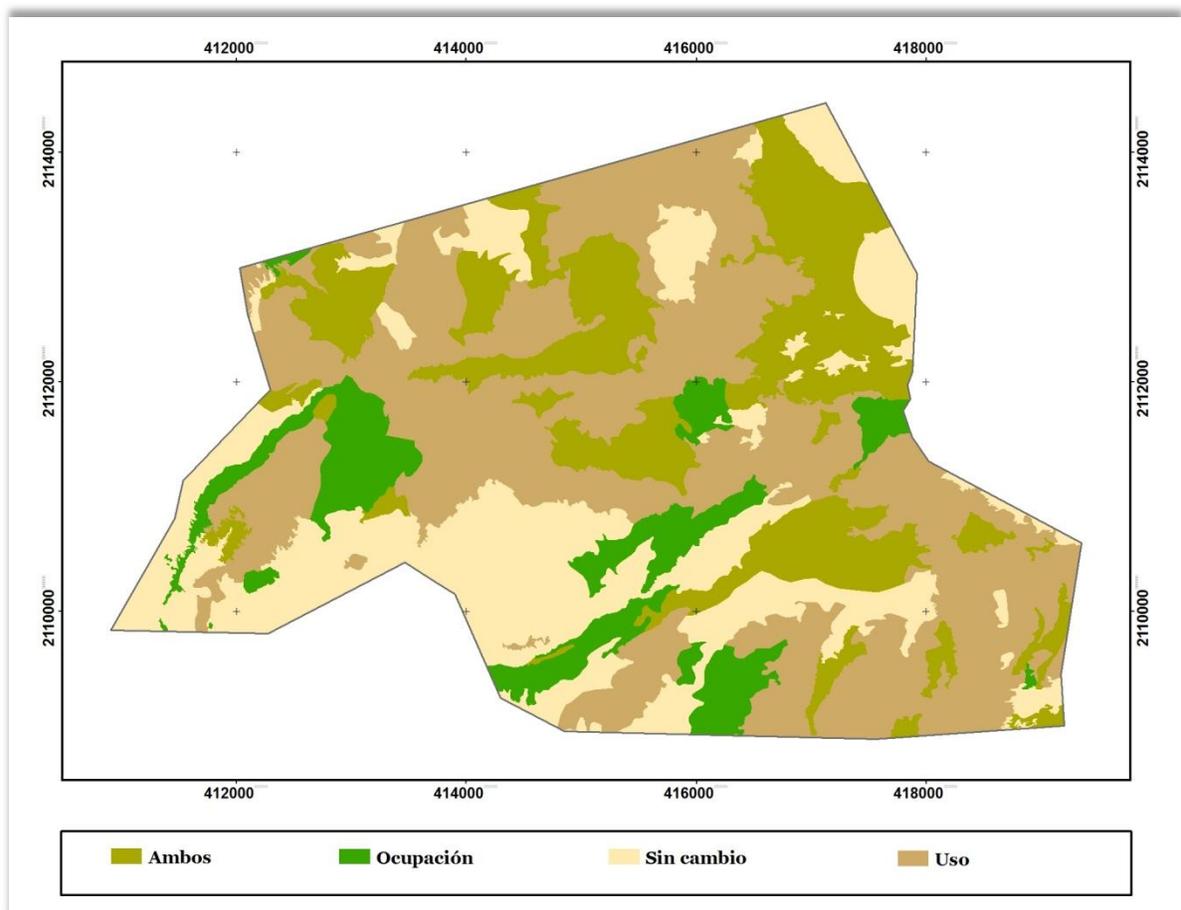


Figura 13. Cambio de uso y ocupación del suelo del periodo 2000-2009

3.3.1 Cambio de ocupación del suelo

Como se puede ver en la figura 13, se identificaron zonas al sur y oeste de la localidad que presentaron únicamente cambios de ocupación del suelo durante este periodo de tiempo. Las transiciones predominantes se presentaron en los bosques densos de pino y semidensos, así como los bosques de oyamel denso y semidenso. En las zonas donde el uso de suelo no mostró transiciones, ha predominado históricamente el pastoreo de borregos o vacas, la cual es una actividad para la subsistencia de los habitantes locales.

Así, los bosques densos tanto de oyamel como de pino han perdido cobertura, debido principalmente a la tala clandestina y al pastoreo extensivo, dando lugar al crecimiento de pastizales, que son aprovechados para el pastoreo de borregos y vacas así como la extracción de hongos.

Es importante mencionar que en el primer periodo de estudios se identificaron bosques semidensos de pino, que eran usados para el pastoreo de chivos, borregos y vacas que han mantenido la actividad (solamente se dejaron de criar los chivos para evitar sanciones).

3.3.2 Cambio de uso del suelo

Como se puede ver en la figura 13, también se identificaron las zonas que no cambiaron su ocupación del suelo pero si su uso de suelo durante este periodo de tiempo. Se ubicaron zonas dentro del bosque de oyamel que en el año 2000 eran aprovechadas para el pastoreo de borregos, vacas y chivos y que para 2009 cambiaron hacia la extracción de hongos.

Además se identificaron zonas de bosque de pino que durante este periodo de tiempo no cambiaron en estructura, pero uso del suelo ha cambiado, siendo que al este de la localidad, para 2000 se llevaba a cabo la extracción de hongos y para 2009 la actividad predominante era la extracción de madera ilegal (tala ilegal), esto influido por la accesibilidad que tienen las personas hacia al bosque, puesto que el

camino trazado en la localidad ha sido ampliado y cruza por el bosque con la finalidad de reducir tiempo para llegar a Coatepec Harinas. También se identificaron zonas de bosque de pino principalmente al norte, que en el año 2000 eran usadas para extraer madera de manera ilegal (tala) y que para el año 2009 estaban siendo aprovechadas para la extracción de hongos. Así, a pesar de que es una zona afectada por la tala, la ocupación del suelo no cambió. Por otra parte, al sur de la localidad se identificaron porciones de bosque semidenso de oyamel que a través de este periodo de tiempo no se vieron afectados por las actividades realizadas en la localidad o por cualquier fenómeno de índole natural.

En la parte norte y sureste de la localidad se identificó bosque de pino semidenso, en el cual se encontraron diversos usos del suelo. Para el año 2000 el suelo era utilizado principalmente para la extracción de madera ilegal (tala) y el pastoreo de borregos, vacas y chivos, y para 2009 se estableció únicamente el pastoreo de borregos y vacas así como la extracción de hongos.

Dentro del bosque fragmentado de pino identificado en el año 2000 se realizaba la extracción de madera de manera ilegal (tala ilegal), y ya para 2009 se estableció su uso como de extracción de madera por saneamiento en donde se están retirando los árboles dañados ya sea por plagas, rayos entre otras. Según lo manifiestan los pobladores locales, es una preparación previa para la siguiente fase que será una reforestación de la zona.

Algo que es importante mencionar es que se identificaron zonas de pastizales con vegetación secundaria que en el año 2000 eran usados por el pastoreo extensivo de vacas, chivos y borregos, y que para 2009 siguen siendo usados para el pastoreo de borregos y vacas asociados sumándose otros usos como la extracción de hongos.

3.3.3 Cambios de ocupación y uso del suelo

Ésta investigación pretendió mostrar que los cambios de ocupación del suelo se pueden ver influenciados directamente por el uso del suelo. Es evidente que la

dinámica puede ser muy cambiante y de acuerdo con la actividad que se desarrolle en la localidad se dará una degradación o una mejora al suelo. Para este caso, se identificaron zonas que presentaron transiciones tanto en el uso como en la ocupación del suelo.

Una de las coberturas que presentó cambios tanto en ocupación como en uso del suelo durante el periodo de tiempo estudiado fue el bosque de oyamel, el cual, para 2000 era sujeto a la extracción de madera de manera ilegal (tala ilegal) así como el pastoreo extensivo, generando una fuerte degradación en bosque. Esto produjo que para 2009 el bosque sufriera una transición a un pastoreo extensivo, aunque desde luego, la densidad del arbolado ha habido disminuido sensiblemente.

En el año 2000 se identificaron zonas al norte de la localidad que eran ocupadas por bosque de pino en donde se realizaba pastoreo extensivo y extracción de madera ilegal (tala ilegal). Para 2009 disminuyó la densidad del arbolado hasta convertirse en zonas de pastoreo. Otras zonas de bosque de pino presentaron una degradación fuerte durante este periodo de tiempo, puesto que el bosque de pino pasó a ser bosque de pino fragmentado derivado de la extracción de madera ilegal, así como la extracción de madera por saneamiento y pastoreo extensivo.

Otras zonas presentaron una degradación severa al perder totalmente el arbolado durante este periodo de tiempo, siendo que en 2000 se extraía madera ilegal y que actualmente solo hay cobertura de pastizales y vegetación secundaria con algunos árboles dañados, orillando a que la actividad sea casi exclusivamente de saneamiento.

DISCUSION

Para lograr el objetivo propuesto en este trabajo se modificó la metodología de Regil (2005) en el cambio de ocupación del suelo y para el cambio de uso del suelo se aplicó una propuesta metodológica participativa. Ambas metodologías permitieron cumplir ampliamente los objetivos obtenidos.

Para la realización del cambio de ocupación del suelo se generó el mapa de ocupación del suelo del año 2000 con base en una ortofoto digital escala 1: 20000 así como la ocupación del suelo del año 2009 digitalizada directamente en pantalla con base en una imagen del satélite SPOT 2009. Este proceso tuvo ventajas, con las fuentes de información el proceso fue rápido y con un costo bajo aunque se presentaron desventajas, al unir ambos mapas se generaron grandes cantidades de categorías por lo cual tuvo que generalizarse la información, el nivel de detalle disminuyó, además se generaron diversos errores, los cuales requirieron de mayor tiempo para la solución de estos.

La metodología utilizada para llevar acabo el cambio de uso de suelo del periodo 2000-2009, fue basada totalmente en el uso que la gente de la localidad le da al suelo, por esta razón, esta propuesta pudiera estar abierta para considerar un mayor número de categorías a estudiar, en lo que concierne a este estudio, los datos arrojados cubrieron el objetivo general satisfactoriamente. De igual manera, el número de informantes clave puede variar de acuerdo con el nivel de detalle que se requiera para posteriores estudios.

En lo que concierne a la matriz de transiciones se puede concluir que facilita el análisis de la información, pues permite observar la dinámica de cambio de manera numérica dentro de todas las coberturas analizadas en esta investigación, así como facilita la transición hacia otras coberturas, además es una manera de ahorrar tiempo valioso.

Para la creación de la cartografía de Uso de Suelo resultó imprescindible la participación de la población local que tiene conocimiento de la evolución de su territorio, ya que los informantes clave fueron los que delimitaron los rodales de

ésta área temática de manera histórica. El proceso resultó particularmente complejo dada la dificultad para homogeneizar los criterios de delimitación entre los informantes clave, con lo cual se hace comprensible la falta de trabajos que al respecto de han elaborado a nivel mundial.

CONCLUSIONES

Los principales cambios en la ocupación del suelo se dieron en los bosques densos de pino, estos se degradaron pasando a ser bosques semidensos y fragmentados de pino. En donde el uso del suelo es un factor importante, principalmente la zona se ve afectada por la tala y el pastoreo extensivo.

Dentro del bosque denso de oyamel se identificó degradación en la cobertura, pasando a ser bosque semidenso de oyamel derivado de la tala ilegal y el pastoreo extensivo, al disminuir la densidad del arbolado, se siguió utilizando la zona para pastorear.

Así mismo, las zonas menos afectadas son los pastizales los cuales siguen siendo utilizados para el pastoreo extensivo y la cobertura que tiende a permanecer es la reserva natural, al no presentar cambios en su estructura.

Las causas que han generado el cambio en la ocupación del suelo son: el uso del suelo que se lleva a cabo en la localidad y que ha sido corroborado con el trabajo de campo, entre otros factores como los incendios, los cuales no se mencionaron en esta investigación puesto que no era el objetivo, de igual manera y no menos importantes los fenómenos naturales.

Por su parte, dentro del cambio de uso del suelo se identificó que las zonas que cambiaron en gran proporción fueron las áreas de pastoreo pasando a ser zona de pastoreo asociado ya sea con la extracción de hongos, tala o saneamiento. Además, se identificaron zonas destinadas a la tala que no han cambiado y zonas utilizadas para el saneamiento con la finalidad de preparar el territorio para futuras reforestaciones.

El uso el suelo puede considerarse una actividad que genera recursos para aquellos que lo realizan, en este trabajo se identificó que los usos del suelo pueden cambiar cuando cierta actividad ya no es rentable, como es el caso de las zonas utilizadas para la extracción de madera ilegal, al fragmentarse el bosque

esta zona se abandona dejando ejercer otras actividades como la extracción de hongos.

Las principales consecuencias del cambio de ocupación y uso del suelo son el deterioro de los recursos naturales, creando un desabasto en los servicios que la población obtiene de la localidad así como una alteración en el entorno natural.

Es indudable que la problemática de Agua Blanca es compleja, dado que su dinámica de aprovechamiento de recursos no solo se limita a la población local, y más aún, los cambios más importantes en el territorio parecen provenir de personas e intereses ajenos al área de estudio, por lo que es imprescindible diseñar mecanismos de acción que limiten éste intervencionismo.

Es importante destacar que una de las intenciones de éste estudio es el que la metodología planteada sea replicable sin modificaciones mayores, para así tener un seguimiento de la dinámica de ocupación y cambio para el área de estudio, para así tener un mejor entendimiento del territorio que permita plantear las medidas conservacionistas más adecuadas que a su vez impulsen a la economía local.

Cabe mencionar la importancia de la participación de la población local en éste tipo de estudios. En éste caso, lo fue para la generación de la cartografía apoyándose de sus conocimientos, sin embargo, la participación debe extenderse hacia los posteriores niveles de toma de decisiones y gestión de sus recursos, todo tendiente a lograr un mejor nivel de vida para los habitantes del Agua Blanca.

RECOMENDACIONES

La combinación de ambos aspectos (uso y ocupación del suelo) permite un mejor entendimiento de los procesos y las dinámicas de manejo forestal en las comunidades, por lo que se recomienda el uso de este enfoque en estudios posteriores.

La confiabilidad de la investigación depende en gran medida de la información obtenida de los informantes clave, por esta razón se recomienda usar un número considerable de entrevistas para obtener mayor precisión en los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bocco, G., (1998). Instrumentos para la medición de cambio de cobertura de suelo. En <http://www.oikos.unam.mx/cus/instrumentos.html> (5 de diciembre del 2010).

Castañeda, M., y López J., (2009). Análisis del Cambio de la Ocupación del Suelo en el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) durante el periodo 2000-2008. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México, UAEM.

Castillo, M., García G., y March, I., (2001). "Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche". *Investigaciones Geográficas*. Boletín Núm.46, Instituto de Geografía. UNAM. México, pp.45-57.

CEPANAF (2010). Parques Nacionales del Estado de México, Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología pp.47.

CETENAL (1976). Instructivo Para la Elaboración de la Carta de Uso del Suelo. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, México D.F.46 p (Inédito).

CONABIO (2008). Clasificación de uso del suelo de la CONABIO. En <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>(4 diciembre del 2010).

Endara, A., (2007). Estructura forestal de *pinus hartwegii* en el Parque Nacional Nevado de Toluca, Tesis de maestría, Facultad de ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. UAEM

FRANCO, S., y Valdez, M., (2003). Principios básicos de Cartografía y Cartografía Automatizada. Universidad Autónoma del Estado de México 156 pp.

Franco, S., (2009) Estimación de la Captura de Carbono en Zonas Forestales. El caso del Parque Nacional Nevado de Toluca. Edit. UAEM. México.

Gobierno del Estado de México (1999) Programa de manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca. México. 106 pp.

H. Ayuntamiento de Zinacantepec, Estado de México (2003). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec*. Mexico. 26 pp.

H. Ayuntamiento de Zinacantepec, Estado de México (2009). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec*. Mexico. 20 pp.

INEGI Censo de población y vivienda (2000). en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx> (07 enero 2011).

INEGI, Censo de población y vivienda (2010) en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/cpv2000/default.aspx> (07 enero 2011).

INEGI (2010), en http://buscador.inegi.org.mx/search?tx=usos+del+suelo&q=usos+del+suelo&sit e=default collection&client=frontend_1&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=frontend_1&getfields=*&entsp=a_inegi_politica&Proxyreload=1&numgm=5 (07 enero 2011).

Instituto Geográfico Nacional (IGN) "Proyecto CORINE". en http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Teledeteccion/corine/ (5 Diciembre 2011)

Inventario Forestal Nacional (2010), Clasificación de uso del suelo. en <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Inventario-Nacional-Forestal-y-de-Suelos>

Lang, F., Martínez, J., Pérez, A., Platas, D., (2007). "Actitud hacia el cambio de uso del suelo en la región centro de Veracruz, México". *Universidad y Ciencia*. Año/vol.23 Núm 01, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México, pp. 47-56.

López, E., y Bocco, G., (2000). Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo 1975-2000. En <http://www.oikos.unam.mx/cus/instrumentos.html> (20 enero 2010).

López, E., Bocco, G., Mendoza, M., (2001). "Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo: el caso de la ciudad de Morelia". *Investigaciones Geográficas*. Boletín Núm. 61, Instituto de Geografía. UNAM. México, pp.56-76.

Nava, I., (2009). Análisis del Paisaje en la Localidad de Agua Blanca, Zinacantepec. Tesis de Licenciatura, Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México, UAEM.

Ordoñez, C., Martínez, A., (2003). Sistemas de Información Geográfica: Aplicaciones prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. Alfaomega-Ra-Ma. España. 224 pp.

Ortiz, G., (2005). ¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica? Tipos de SIG y modelos de datos. Un artículo introductorio para entender las bases de los SIG. En <http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?Info=012>(22 febrero 2011).

Ortiz, B., y Ortiz, C., (1990). Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Patronato universitario 22pp.

Pineda, N., (2011). Cambio de uso del suelo y vegetación. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. México.

Pineda, N., Bosques, J., Gómez, M., Plata, W., (2009). "Análisis de Cambio de Uso del Suelo en el Estado de México mediante Sistemas de Información

Geográfica y Técnicas de Regresión Multivariantes. Una aproximación a los procesos de Deforestación”. *Investigaciones Geográficas*. Boletín Núm. 69, Instituto de Geografía. UNAM. México, pp. 33-52.

Regil, H., (2005). Análisis de Cambio de Uso de Suelo y Vegetación para la Obtención de la Dinámica de Perturbación-Recuperación de las Zonas Forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca 1972-2000. Tesis de Licenciatura, Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. UAEM.

Reuter, F (2004). Teledetección Forestal: principios de fotointerpretación. En Carpeta de Trabajos Prácticos. Facultad de Ciencias Forestales UNSE. 32 pp.

Rosete, F., Pérez, J., Bocco, G., (2008). “Cambio de Uso del Suelo y Vegetación en la Península de Baja California, México”. *Investigaciones Geográficas*. Boletín Núm. 67, Instituto de Geografía. UNAM. México, pp.39-58.

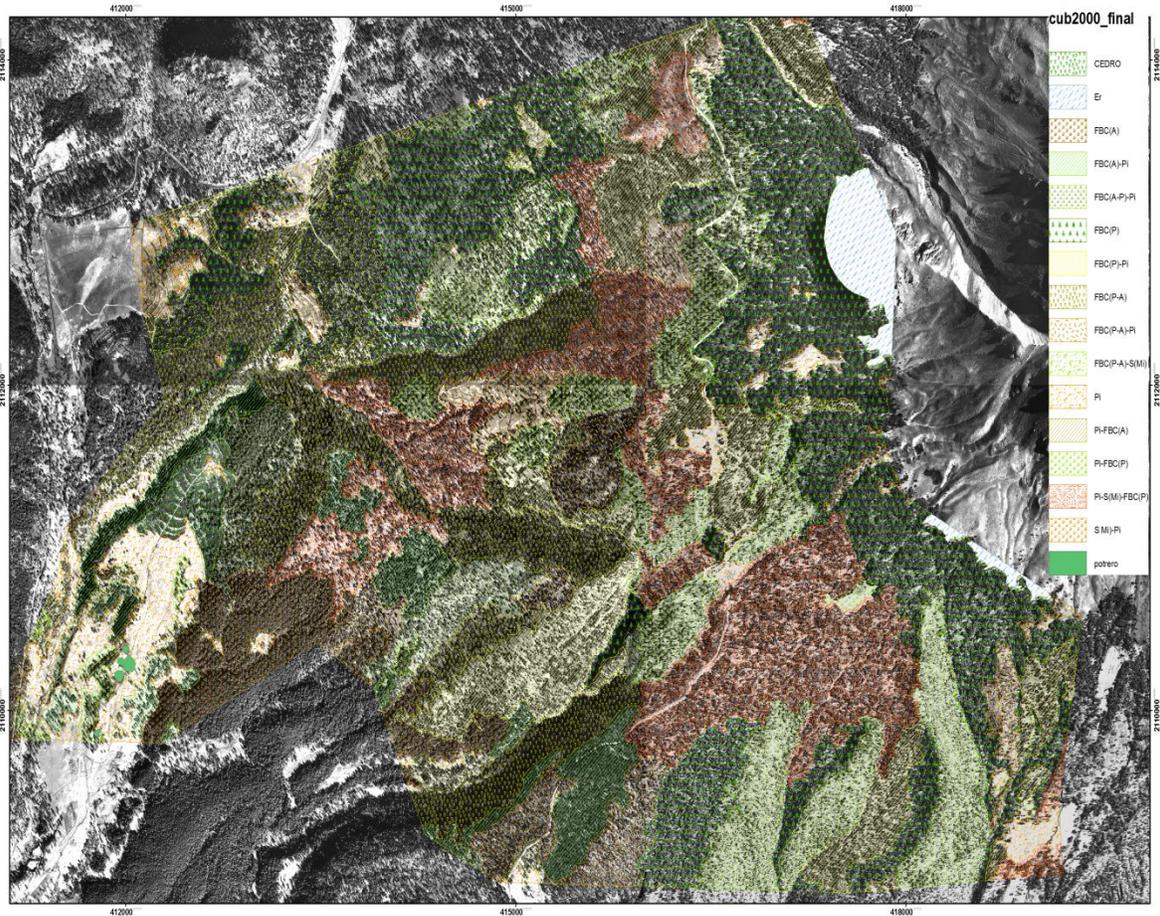
SEMARNAT (2006). Programa de ordenamiento general del territorio. En <http://www.semarnat.gob.mx/biblioteca/ordenamiento&general/>(7 febrero 2011).

Valdez, Ma. E., (2005). Propuesta de ordenamiento ecológico del Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México. X encuentro de geógrafos de América Latina. Universidad de Sao Paulo.

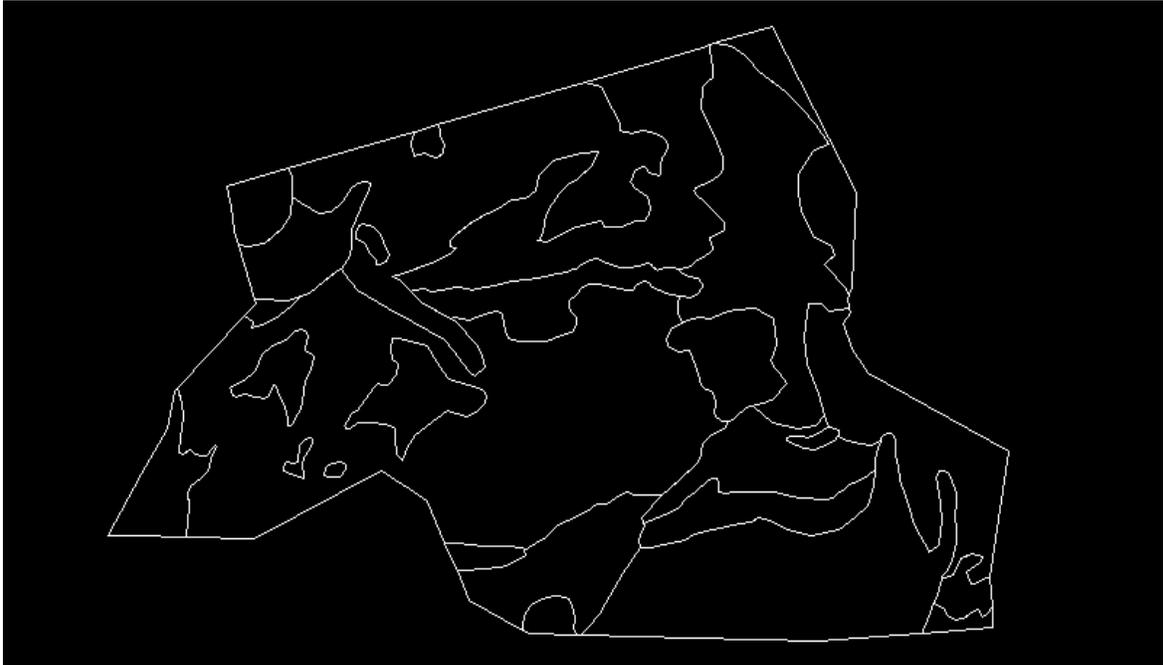
Velázquez, A., Mas, J., Díaz, J., Mayorga, R., Alcántara, P., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., Palacio, J., (2002). “Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México”. *Gaceta Ecológica*. Boletín Núm. 62, Instituto Nacional de Ecología. México, pp. 21-37.

4. ANEXOS

Anexo 1. Localidad de Agua Blanca con base en ortofotos digitales del año 2000



**Anexo 2. Información obtenida en campo a través de los informantes clave
(uso del suelo del año 2000).**



Anexo 3: Imagen SPOT de la Localidad de Agua Blanca del año 2009.



**Anexo 4: Información obtenida en campo a través de los informantes clave
(uso del suelo del año 2009).**

