



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estimación del almacenamiento de carbono y la percepción social
de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque de *Abies religiosa*
de la cuenca presa Guadalupe, Estado de México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciada en Ciencias de la Tierra

P R E S E N T A :

Isabel Xarhini García Cepeda



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Víctor Daniel Ávila Akerberg
2015**

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

García
Cepeda
Isabel Xarhini
55792101
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Ciencias de la Tierra
305075842

2. Datos del tutor

Dr.
Víctor Daniel
Ávila
Akerberg

3. Datos del sinodal 1

Dr.
Julio
Campo
Alves

4. Datos del sinodal 2

Dra.
María Guadalupe
Barajas
Guzmán

5. Datos del sinodal 3

Dra.
Lucy
Mora
Palomino

6. Datos del sinodal 4

Dra.
Gabriela
Gómez
Rodríguez

7. Datos del trabajo escrito

Estimación del almacenamiento de carbono y la percepción social de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque de *Abies religiosa* de la cuenca presa Guadalupe, Estado de México

61 p.
2015

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a la Facultad de Ciencias por la educación que me han brindado.

A la Coordinación de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra y en especial a la Dra. Beatriz Ortega Guerrero y a la Biól. Guadalupe Soqui Ochoa, por haber aceptado el reto de formar parte de esta nueva Licenciatura y sobre todo por haberme ayudado a cumplir mi sueño de realizar un intercambio académico.

A mi asesor de Tesis, Dr. Víctor Daniel Ávila Akerberg, por haberme aceptado dentro del gran grupo de trabajo que se dedica a estudiar la CPG, por todo su apoyo durante la elaboración de la presente tesis y por compartir con todos sus estudiantes su admiración por el bosque.

A los integrantes de mi jurado por sus consejos y aportaciones que enriquecieron este trabajo.

A todas aquellas personas que a lo largo de la elaboración de la presente tesis dedicaron su tiempo para revisarla, brindarme recomendaciones o ayudarme a resolver dudas, especialmente a las profesoras del Taller de investigación “Ecología y restauración de los bosques templados del centro de México” Dra. Lucía Almeida, Dra. Silvia Castillo, M. en C. Yuriana Martínez y Dra. Gabriela Santibáñez. Asimismo quiero agradecer a la M. en C. Verónica Aguilar por siempre estar dispuesta a ayudarme y a pasar un buen rato en el Laboratorio y a la Dra. Ruth Fuentes por resolver mis dudas de estadística.

A Raquel por todas esas tardes de trabajo intenso con las bases de datos, de baile y música noventera que hacían más llevadera “la carga”, a Fátima por siempre hacernos bolas con lo que teníamos que hacer y pasar horas tratando de descifrarlo y a todas las personas que en algún momento nos acompañaron en los muestreos en campo ya que sin su ayuda quién sabe hasta cuándo hubiera terminado esa fase y en especial a Eduardo por haberme acompañado siempre a las salidas a campo y también por haberme ayudado cuando lo requería.

A todos mis amigos y compañeros de la Licenciatura con los que viví momentos de estrés e incertidumbre al ser miembros de la primera generación, pero también, de muchos momentos felices y de risas, por todas esas clases, prácticas y salidas juntos. En particular quiero agradecer a mis amigos ambientales Luis, Raiza y Xánath porque sin duda, esa nueva y emocionante etapa de la orientación fue mucho mejor con ustedes.

A todos mis amigos que han estado conmigo en diversas etapas de mi vida y con los que he vivido momentos inolvidables, a Alejandro, Alonso, Bernardo, Héctor, Mariana y Saúl por todos esos días de sana convivencia, a Adib y Óscar por haber hecho más divertidas las clases de sueco y por sus consejos, a Sergio por haberme aguantado y ayudado a resolver todas mis dudas, a Dinahí por haberme invitado a inscribirme a su grupo en la prepa y a partir de ahí, comenzar nuestra amistad, a Pamela porque seguimos siendo amigas a pesar del tiempo transcurrido y a todos aquellos que no haya nombrado pero que saben han sido una parte especial en mi vida.

Finalmente quiero agradecer y dedicar esta tesis a mis papás por su confianza y apoyo incondicional, por ayudarme, guiarme y alentarme a realizar todas mis metas, por impulsarme a superarme cada día y sobre todo por ser mi ejemplo a seguir.

Contenido

1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Antecedentes	4
3.1 Deforestación y cambio climático	4
3.2 La problemática en México	5
3.3 Bosques templados en México.....	6
3.4 Bosque de <i>Abies religiosa</i>	8
3.5 Servicios ecosistémicos	10
3.6 Servicios ecosistémicos del bosque de <i>Abies religiosa</i>	11
3.6.1 Almacén de C.....	12
3.7 Las percepciones sociales	13
4. Objetivos	15
4.1 Objetivo general.....	15
4.2 Objetivos particulares	15
5. Métodos	16
5.1 Área de estudio	16
5.2 Trabajo de campo.....	18
5.3 Cálculo de biomasa.....	19
5.4 Estimación del contenido de C	20
5.5 Análisis estadístico	21
5.6 Entrevistas a actores sociales.....	21
6. Resultados y discusión	22
6.1 Área de estudio	22
6.2 Descripción general del bosque de <i>Abies religiosa</i> en la cuenca presa Guadalupe....	23
6.2.1 Estructura	24
6.2.2 Diversidad	25
6.3 Almacén de C.....	26
6.4 Relación entre los datos fitosociológicos y variables ambientales	30

6.5 Percepción social de servicios ecosistémicos	33
7. Conclusiones	36
8. Referencias	38
9. Apéndices	48
9.1 Porcentaje de cobertura de la vegetación de los 42 levantamientos realizados en el bosque de <i>A. religiosa</i>	48
9.2 Coordenadas, almacén de carbono y riqueza de los 42 levantamientos realizados en el bosque de <i>A. religiosa</i>	49
9.3 Formato del levantamiento	51
9.3 Formato de las entrevistas	52

Lista de tablas y figuras

TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos propuesta por MEA (2005).

Tabla 2. Coeficientes para la estimación del carbono almacenado en árboles en la CPG.

Tabla 3. Especie y número de árboles encontrados durante el muestreo.

Tabla 4. Estratos verticales, alturas y coberturas en el bosque de oyamel de la CPG.

Tabla 5. Ecuaciones y coeficientes utilizados por diversos autores para la estimación del almacén de carbono.

Tabla 6. Resultados del análisis canónico de correspondencia.

Tabla 7. Principales factores de deterioro y su importancia relativa en la cuenca presa Guadalupe. Se muestran los promedios en donde 4 representa un alto impacto y 1 ningún impacto.

FIGURAS

Figura 1. Distribución del bosque templado en México.

Figura 2. Árbol de *Abies religiosa*.

Figura 3. Fuentes y sumideros de carbono.

Figura 4. Localización de la CPG, respecto a las ciudades de México y Toluca. Se muestra la división municipal, el uso del suelo y la vegetación.

Figura 5. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica número 15231 Presa Iturbide ubicada en las coordenadas 19°31'46''N y 099°27'51''W a una altitud de 3,290.

Figura 6. Vegetación, uso de suelo y puntos de muestreo dentro del área de estudio.

Figura 7. Distribución vertical del bosque de *Abies religiosa* de la CPG.

Figura 8. Distribución diamétrica del bosque de *Abies religiosa* de la CPG.

Figura 9. Carbono almacenado en cada levantamiento, en azul se muestra el carbono total y en morado el carbono almacenado solo por árboles vivos.

Figura 10. Análisis canónico de correspondencia (CCA). Variables ambientales vs datos de composición en parcelas de muestreo.

Figura 11. Usos del bosque identificados por los distintos actores sociales.

Figura 12. Beneficios del bosque identificados por distintos actores sociales.

1. RESUMEN

“Daría un largo paseo por el bosque y embriagaría mis ojos con todas las bellezas del mundo de la naturaleza, intentando desesperadamente absorber el gran esplendor que se despliega en todo momento ante lo que pueden ver”
Helen Keller

Debido a su riqueza biológica la cuenca presa de Guadalupe posee dos áreas naturales protegidas, el Parque Estatal Otomí Mexica y, el Santuario de Agua y Forestal Presa Guadalupe.

El principal uso del suelo en la cuenca corresponde al forestal por lo que resulta esencial su cuidado y mantenimiento. Ocupa una extensión aproximada de 38,000 ha en donde predomina la presencia de bosques de pino y oyamel. Su ubicación cercana a asentamientos urbanos de alta densidad como los municipios de Nicolás Romero, Atizapán, Cuautitlán Izcalli y a la misma Ciudad de México hace de éste bosque un lugar importante para la mitigación de gases de efecto invernadero.

Cuenta con 4,303 ha de bosque de *Abies religiosa*, el cual fue caracterizado de acuerdo a los atributos físicos y biológicos encontrados en 42 levantamientos fitosociológicos. Se hicieron estimaciones del contenido de C a partir del volumen en árboles vivos y muertos en pie, tocones y troncos caídos. El contenido total de C fue de $91.22 \pm 7.47 \text{ t ha}^{-1}$.

Se realizó un análisis canónico de correspondencia en el cual las variables altitud, estado de regeneración, riqueza y almacén de C fueron las de mayor importancia. Se encontró que el almacén de C es mayor en las altitudes bajas, la riqueza vegetal aumentó con la distancia a los caminos y el estado de la regeneración aumentó con la altitud.

Se entrevistaron a 167 personas de diferentes grupos (habitantes, visitantes y autoridades) para identificar el conocimiento y percepción respecto a los bienes y servicios ecosistémicos que proporciona el bosque de la cuenca presa Guadalupe y conocer su apreciación acerca del estado del bosque. Se encontró que la mayoría de los habitantes y autoridades sí reconocieron que existe un uso del bosque, mientras que menos de la mitad de los visitantes fue capaz de reconocerlo. La tala, la recolección de tierra negra y los campamentos fueron los usos más identificados en la zona, mientras que los beneficios del bosque más reconocidos fueron la provisión de oxígeno, agua y leña. La mayoría de los encuestados desconoció si existe un proyecto para el cuidado de la zona y consideraron el

estado del bosque como regular a malo. Entre las principales razones del deterioro señalaron la tala, basura, plagas e incendios.

El contenido total de C en la CPG encontrado en éste trabajo ($91.22 \pm 7.47 \text{ t ha}^{-1}$) es un dato considerablemente mayor a lo reportado a nivel internacional cuyos valores van desde 0.24 tC ha^{-1} en los Pirineos a 16.3 tC ha^{-1} al sur de los Apalaches; por lo que, el bosque de *A. religiosa* juega un papel muy importante en términos de almacén de C; y es de suma importancia, el establecimiento de proyectos para su cuidado, mantenimiento y mejora.

2. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno que se expresa como una desviación del tiempo meteorológico promedio esperado o de las condiciones climáticas normales (temperatura y precipitación) para un lugar y tiempo dados. En la actualidad, el cambio climático global se atribuye generalmente a la concentración en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero por arriba de los niveles históricos; y debido a su abundancia, el dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero más importante producido por las actividades humanas (IPCC, 2007).

Los sistemas ecológicos de la Tierra, por medio de los cuales el C queda retenido en la biomasa viva, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo del C; el cual es intercambiado de manera natural entre éstos sistemas y la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión (Manson *et al.*, 2008).

Debido a que la biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (Schneider, 1989 citado en Manson *et al.*, *op.cit*), uno de los objetivos de la presente tesis fue estimar el contenido de C, a partir de la biomasa, en los árboles del bosque de *A. religiosa* de la cuenca presa Guadalupe.

Al apropiarse de los recursos naturales, el hombre cambia el estado de algunos de los componentes del ecosistema; y dadas las relaciones funcionales que ocurren entre éstos, al cambiar el estado de uno de ellos se afecta, en mayor o menor grado, al resto de los componentes del sistema (Maass, 2007). Lo anterior provoca una crisis ambiental por lo que es necesario entender por qué y cómo se dan éstos cambios y cuáles son las consecuencias sobre el bienestar humano (Sarukhán *et al.*, citado en Sánchez 2010).

Entender ésta crisis ambiental, ha requerido de una re-conceptualización continua de la problemática promoviendo así, una investigación interdisciplinaria que ayude a entender la complejidad y las distintas dimensiones de ésta (Toledo, 2000). Por lo tanto, el estudio de las percepciones sociales toma una gran importancia en el contexto de la problemática ambiental ya que éstas se vinculan a la toma de decisiones (Durand, 2000).

Reconociendo que la sociedad juega un papel fundamental en el manejo y cuidado de los ecosistemas, en el presente trabajo se examinaron las percepciones de la gente con el fin de promover la valoración, recuperación y cuidado del bosque.

3. Antecedentes

3.1 Deforestación y cambio climático

El cambio climático global es uno de los problemas ambientales más severos, que ha provocado una movilización internacional para realizar acciones destinadas a mitigarlo y que es propiciado por el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Ordóñez y De Jong, 2001, Samaniego, 2009). El aumento en la concentración de los GEI reduce la eficiencia con la cual la Tierra re-emite la energía recibida al espacio. Parte de la radiación saliente de onda larga emitida por la Tierra al espacio es re-emitada a la superficie por la presencia de esos gases, así la temperatura de superficie se eleva por lo que, si las concentraciones de los GEI continúan aumentando, la temperatura de superficie del planeta mantendrá una tendencia positiva (Magaña, 2004).

El IPCC (2015) ha determinado que el dióxido de carbono (CO₂) es el principal GEI antropógeno, las concentraciones de éste gas han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo (IPCC, 2013). Se ha calculado que desde 1990 a 2015 ha habido una pérdida neta de aproximadamente 129 millones de ha de bosque, que representa una tasa anual de -0,13 por ciento (FAO, 2015a).

Aunado a la contribución de la emisión de los GEI, la transformación de los sistemas naturales han modificado la capacidad que tienen los ecosistemas para brindarnos otros beneficios (Balvanera *et al.*, 2009). Las causas que más impacto tienen en la deforestación son el cambio en el uso del suelo, conversión a cultivos agrícolas, a pastizales y a áreas urbanas (Herrera, 2008); así como los incendios forestales y la tala irracional (Ordóñez y De Jong, *op.cit.*).

Las estimaciones mundiales de las tendencias de las emisiones de los bosques realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) muestran que las emisiones totales se redujeron en más del 25% del 2001 al 2015, es decir, 3,9 a 2,9 Gt de CO₂ por año, debido a una disminución significativa en las tasas de deforestación a nivel mundial; por el contrario, las emisiones de CO₂ derivadas de la degradación de los bosques están aumentando a través del tiempo y representan un cuarto de las emisiones netas provenientes de éstos. Según estas estimaciones, los bosques siguen siendo un sumidero neto de C a nivel mundial, almacenando unos 2 mil millones de toneladas de CO₂ al año durante el periodo 2011-2015 (FAO, 2015b).

3.2 La problemática en México

México tiene características geográficas que lo colocan como uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático. Su localización entre dos océanos, su latitud y relieve, lo hacen estar expuesto a diferentes fenómenos hidrometeorológicos (SEMARNAT, 2014).

México abarca el 1.7% del territorio terrestre en el planeta (SEMARNAT, *op.cit*) y posee entre un 10 y un 12% de la biodiversidad del mundo (Toledo, 1994). Sus ecosistemas proveen servicios ecosistémicos indispensables para enfrentar el cambio climático, tales como: el secuestro de C, la provisión y mantenimiento del agua, la conservación del hábitat para la permanencia de especies, la reducción de los impactos de los desastres meteorológicos, y la formación y mantenimiento del suelo (SEMARNAT, *op.cit*).

El factor de mayor impacto en la pérdida de ecosistemas y su biodiversidad y por ende, de los servicios ecosistémicos, ha sido la deforestación causada por las actividades agropecuarias. En México se han perdido 127 especies vegetales de las cuales 74 eran endémicas y se estima que en el año 2002 la cobertura vegetal natural cubría sólo el 50% de la superficie original (Challenger y Dirzo, 2009).

Para principios de los años 90 la tasa de deforestación para los bosques templados era de 170,000 ha año⁻¹ (Maser *et al.*, 1995). Sin embargo, la FAO (2010) ha estimado una pérdida neta de bosques de 155,000 ha año⁻¹. Debido al cambio climático, se proyecta que México perderá en los siguientes 30 años una mayor proporción de bosques de coníferas y encinos (Gómez *et al.*, 2011). Aun cuando en el país son cuatro los ecosistemas (bosques, selvas, zonas semiáridas y manglares) donde se realiza la mayor parte del trabajo de reforestación (CONAFOR, 2009), la producción forestal maderable se ha enfocado en especies de clima templado frío, siendo así éste ecosistema el más reforestado en el país (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2014).

De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2010, las emisiones totales del país, para el año 2010, fueron 748 millones de toneladas de CO₂, (MtCO₂), un valor 19% mayor al de 2001. En 2010, México se ubicó entre los primeros quince países emisores con el 1.4% de las emisiones globales (SEMARNAT, 2013). Se estima que para el año 2020 el sector forestal del país será el séptimo emisor de GEI, en donde las principales fuentes de emisión serán la conversión de bosques y otras coberturas vegetales a usos agropecuarios, cambio de contenido de C en el suelo y cambios en la biomasa de bosques y otros reservorios (SEMARNAT, 2014).

Para combatir esta problemática, en el 2010 surgió la Estrategia Nacional REDD+ (ENAREDD+) cuyo objetivo es lograr la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de los bosques y conservar e incrementar los acervos de C

forestal en el marco del desarrollo rural sustentable para México mediante la alineación de políticas públicas (CONAFOR, 2010).

Previamente, en el 2005, se creó el Programa Mexicano del Carbono (PMC) entre los cuales, se propone objetivos de investigación de los aspectos físicos, geoquímicos, biológicos y sociales del ciclo del C. Para el PMC en la temática de ecosistemas terrestres, uno de los temas prioritarios es la medición de los almacenes de C a diferentes escalas: local, regional y nacional; en la dimensión social, busca las percepciones y respuestas sociales en cuanto al diseño y evaluación de gestión de proyectos de captura de C vía manejo de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos (PMC, 2015). Al realizar una estimación respecto al almacén de C en el bosque de oyamel a una escala local y al conocer la percepción social acerca de los servicios ecosistémicos brindados por el bosque y su estado de salud, la presente tesis contribuye al esfuerzo que realizan estos programas.

3.3 Bosques templados en México

Los bosques templados en México, ocupan la mayor cobertura forestal con alrededor de 32 millones de hectáreas, que equivalen a casi el 18% del territorio nacional (Galicia, 2013). Son comunidades dominadas por pinos y encinos acompañados por otras especies que habitan en zonas montañosas de clima templado a frío. México tiene la mitad de las especies de pinos del mundo (50 especies) y cerca del 33% de encinos (200 especies); estos bosques contienen cerca de 7,000 especies de plantas (CONABIO, 2014).

A pesar de que la mezcla de especies puede variar entre uno o varios pinos y algunos encinos, son comunidades siempre verdes y resistentes a las heladas, a largos periodos de sequía, a incendios forestales, así como al pastoreo, debido a la gran capacidad de regeneración de estos ecosistemas y al rápido crecimiento de muchas especies, principalmente de pinos. Existen otras variantes donde dominan otras coníferas, como los bosques de oyamel (*Abies*) y los de ayarín o pinabete (*Pseudotsuga*). Estos se desarrollan en zonas con temperaturas promedio entre 12 y 23 °C, aunque en invierno la temperatura puede bajar por debajo de 0 °C. Son ecosistemas de climas subhúmedos a templado húmedos, con una precipitación media anual entre 600 y 1,000 mm (CONABIO, 2014).

Estos bosques se encuentran en las zonas montañosas a lo largo de la Sierra Madre Occidental (la zona de mayor concentración de ecosistemas boscosos del país), las sierras Madre Oriental, del Sur y del Sur de Chiapas, en la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra Norte de Oaxaca y los Altos de Chiapas (Challenger, 1998), así como en distintas serranías y montañas aisladas en el Altiplano y entremezclados en las planicies tropicales en altitudes entre 2,000 y 3,400 m snm (Figura 1). Esta distribución explica por qué el 95% de éste ecosistema se presenta en formas de relieve caracterizadas por lomeríos, colinas y montañas, con distinto grado de disección; así, los bosques templados cubren parte

importante de las cabeceras de las cuencas, por lo tanto, ésta cubierta forestal es decisiva como área de recarga de los acuíferos (Cotler, 2003).

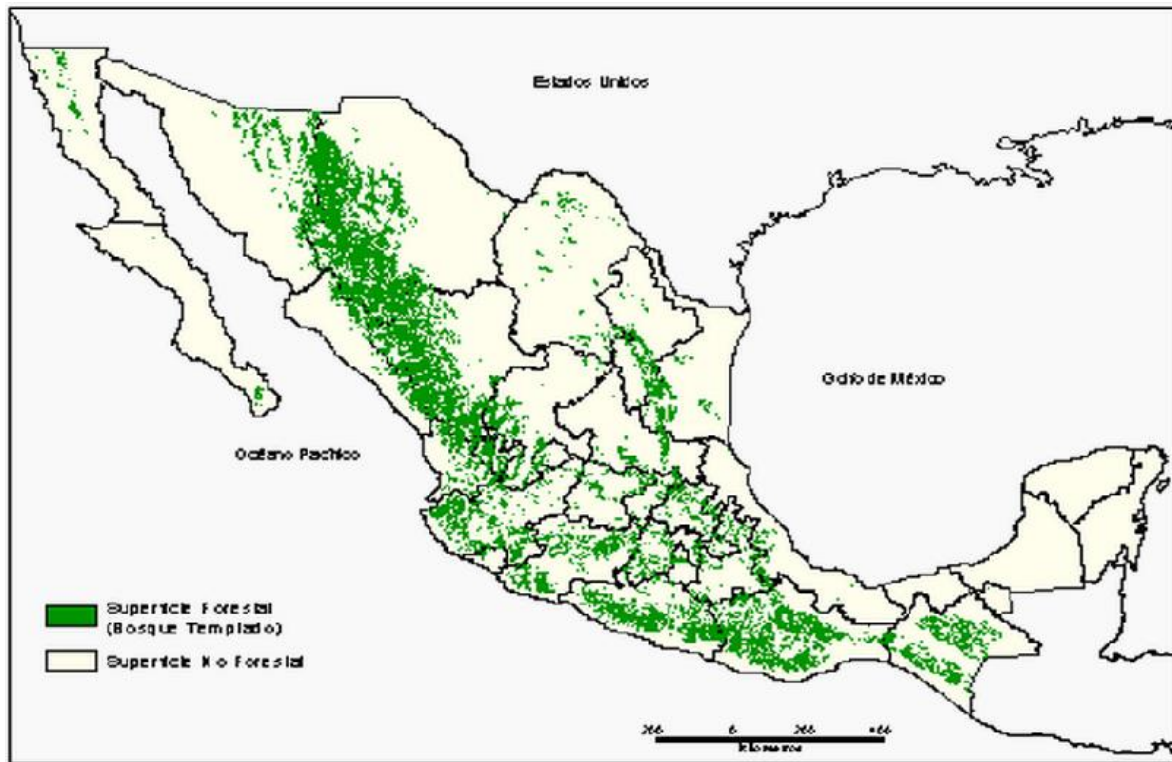


Figura 1. Distribución del bosque templado en México. Fuente: Cotler, (2003).

Los intervalos de pendiente dominantes donde se asientan los bosques de pino-encino son también variables. Sin embargo, el intervalo de pendiente dominante donde se encuentra el 24.8% del bosque varía entre 10 y 15°, mientras que aproximadamente 21% de esta cobertura se encuentra en superficies con pendientes de entre 5 y 10° y entre 15 y 20° en ambos casos. El 25.6% se encuentra en inclinaciones < 5° y 7.6% en superficies con pendientes fuertes a muy fuertemente inclinadas (20-45°) (Cotler, *op.cit*).

Como respuesta a estas condiciones morfogénicas se forman una gran variedad de suelos como son los Acrisoles, Luvisoles, Cambisoles y Andosoles; sin embargo, los suelos dominantes en los bosques templados se caracterizan como superficiales, con un incipiente desarrollo, como son los Litosoles y Regosoles, los cuales mantienen en forma conjunta al 58.6% del bosque templado (Cotler, 2003).

Es importante mencionar que las zonas en donde se localizan los bosques templados en México no siempre corresponden a las condiciones ideales para su sustento, sino que más bien se han visto mermados por el impacto de la presión demográfica, los desmontes y la tala inmoderada (Rzedowski, 2006). Esta presión ha provocado la restricción de los bosques templados hacia zonas agrestes, donde los suelos son poco aptos para la actividad

agropecuaria. Entonces, al referirse a ecosistemas de bosques templados de montaña se implica no sólo a una diversidad biológica importante, sino también a una gran diversidad de unidades morfoedáficas en donde cada una de estas presenta un potencial, una función y una vulnerabilidad distinta, que debe ser reconocida en los planes de manejo y de conservación de los bosques templados (Cotler, *op.cit*).

Además de los árboles, los bosques templados albergan muchas especies arbustivas las cuales ayudan directamente en la retención de humedad del suelo (Martínez, 2012). Asimismo existen numerosas especies de plantas que contienen propiedades medicinales. A su vez, a nivel del suelo existe un estrato rasante, que está constituido por musgos, líquenes y hongos (Rzedowski, *op.cit*).

3.4 Bosque de *Abies religiosa*

En México, el bosque de oyamel se presenta en los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, México, Guerrero y Tlaxcala (CONAFOR, 2014). El bosque de *Abies religiosa* (Kunth Schltl. et Cham.), también conocido como oyamel, se presenta en una comunidad clímax de la vegetación de coníferas que domina las partes altas que rodean la Cuenca de México (Nieto, 1995). Dentro de ésta se encuentra la cuenca presa de Guadalupe, área de estudio de la presente tesis, y cuya conservación es determinante para la calidad de vida de los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de México.

Estos bosques poseen características florísticas y ecológicas, asociadas con factores climáticos y edáficos. Aproximadamente el 95% de la superficie donde se desarrollan corresponde a zonas montañosas en altitudes entre 2,400 y 3,600 m snm; el resto se distribuyen en altitudes menores como en las sierras costeras de Jalisco en donde pueden descender hasta elevaciones de 1,500 m snm (Rzedowski, 1978; Sánchez *et al.*, 2006). Flores *et al.* (1971) estimaron que los bosques de oyamel ocupaban 0.16% de la superficie de México; con alrededor de 144,144.27 ha (CONAFOR, 2012), sin embargo, se ha visto afectado debido a la tala ilegal y clandestina, el cambio de uso de suelo, la expansión de la agricultura, el pastoreo, el crecimiento de la población, la contaminación ambiental y las plagas (Challenger, 1998, Merino, 2003, Rickards y Piguérón, 2003).

El oyamel (Figura 2) es un árbol monoico de 35 a 40 m de altura, en ocasiones hasta 60 m, y diámetro normal de hasta 1.80 m. Es una especie perennifolia la cual se distribuye entre los 17°30' a 20°00' norte y de los 91°00' a 104°00' oeste (Manzanilla, 1974, Mayen, 1987). Su presencia está confinada a laderas de cerros, a menudo protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa. En muchos sitios se hallan limitados a cañadas o barrancas más o menos profundas que ofrecen un microclima especial. No se desarrollan sobre terrenos planos o poco inclinados, pero tal hecho quizá está en función de la escasez

de estos terrenos en la zona montañosa y en parte a la influencia humana (Rzedowski, 2006).



Figura 2. Árbol de *Abies religiosa*.

La estructura, composición florística, diversidad, distribución y extensión geográfica de los bosques de oyamel en México han sido severamente afectadas por los aprovechamientos forestales sin control, los incendios forestales, la ganadería extensiva, la agricultura (cambio de uso de suelo), la contaminación atmosférica, pero sobre todo por el cambio de uso de suelo de forestal a urbano dado por el crecimiento de las poblaciones humanas (Sánchez *et al.*, 1991, López *et al.*, 1998, Körner, 2002, UAAAN, 2002, Velásquez-Villatoro, 2004).

3.5 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos (SE) se definen como los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). Existen varias formas de clasificar a los servicios ecosistémicos, la más común los divide en bienes y servicios, para destacar la diferencia entre lo que consumimos, que es tangible, y aquello que nos beneficia de manera menos tangible. Esta clasificación fue propuesta por el Millennium Ecosystem Assessment (MEA), una iniciativa internacional que sintetizó la información disponible acerca de la estrecha relación entre los ecosistemas y las sociedades humanas (MEA, 2005).

Los servicios ecosistémicos más fácilmente reconocibles son los de provisión; se trata de bienes tangibles también llamados recursos naturales. En ésta categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera, las fibras; servicios que proporcionan el sustento básico de la vida humana. Los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas. Otros servicios igualmente fundamentales para el bienestar humano, aunque menos fáciles de reconocer son los de regulación, que incluyen procesos ecosistémicos complejos mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente, en que los seres humanos realizan sus actividades productivas. En ésta categoría se incluyen la regulación del clima, de los vectores de enfermedades y de la erosión de los suelos, entre otros. Los ecosistemas brindan también beneficios que dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes. En éste caso se habla de servicios culturales, los cuales pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles. Los beneficios espirituales, recreativos o educacionales que brindan los ecosistemas se consideran en ésta categoría. Los servicios de soporte son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales, entre estos servicios se encuentran la productividad primaria y el mantenimiento de la biodiversidad (MEA, *op.cit*).

Tabla 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos propuesta por MEA (2005).

Servicios de provisión	Servicios de regulación	Servicios culturales
Productos obtenidos directamente de los ecosistemas <i>Alimentos</i> <i>Agua potable</i> <i>Leña</i>	Beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas <i>Regulación del clima</i> <i>Control de enfermedades</i> <i>Almacenamiento de carbono</i>	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas <i>Aspectos espirituales y religiosos</i> <i>Recreación y Turismo</i> <i>Educativo</i>
Servicios de soporte Servicios necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas <i>Formación de suelos Reciclaje de nutrientes Producción primaria</i>		

Los SE involucran múltiples interacciones entre el dominio de lo natural o biofísico, en donde estos servicios se generan, y el de lo humano o social, en donde se capturan o utilizan. La posibilidad de traducir el concepto de SE en decisiones que regulen la forma en que la sociedad usa y cuida su territorio depende de hacer comprensible y cuantificable éste concepto. Las interacciones que se originan en el componente social están motivadas por la demanda de un SE, mientras que las originadas en el sistema ecológico lo estarán por la oferta de ese servicio. Con la identificación de los SE que pueden estar comprometidos y el grado de alteración de la provisión del SE, se podrán establecer acciones de corto, mediano o largo plazo incluyendo la transferencia de información a la sociedad para estimular la toma de conciencia sobre el problema (Verón *et al.*, 2011).

3.6 Servicios ecosistémicos del bosque de *Abies religiosa*

Los bosques y otros ecosistemas dominados por plantas leñosas proporcionan una amplia gama de SE, incluyendo la regulación de la erosión, del ciclo hidrológico, del clima, de la respuesta de los ecosistemas a eventos extremos, el mantenimiento de la biodiversidad, la provisión de una amplia gama de recursos para la subsistencia de comunidades rurales e indígenas, así como la protección de patrimonios naturales y culturales, y oportunidades recreativas (Shvidenko *et al.*, 2005). En los bosques la materia orgánica se acumula como resultado de la productividad primaria. Estos bosques son aprovechados por las poblaciones humanas como fuente fundamental de materiales de construcción; su extracción constituye una actividad económica importante (Balvanera *et al.*, 2009). Además, los bosques juegan un papel relevante en la producción de suelo ya que a través del proceso de interacción y desarrollo de especies se generan desechos (hojas, frutos, ramas) que al caer al suelo y ser descompuestos forman el suelo. Este suelo es el sustrato sobre el cual crecen la gran mayoría de las plantas y sin el cual serían imposibles los procesos de crecimiento y desarrollo de los bosques y por lo tanto de los servicios ecosistémicos que obtenemos de éstos (INEGI, 2008).

De acuerdo con la CONAFOR (2014), en México el oyamel es una especie importante ya que es una de las más utilizadas como árbol de navidad y es la especie preferida por la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) durante su migración. Esta institución recomienda al oyamel para fabricar papel, ya que la pulpa es de muy buena calidad; por su color claro, peso ligero, ausencia de manchas y de resina; por su carencia de olor se recomienda como apropiada en la fabricación de empaques para alimentos, como pescado, azúcar, etc. Asimismo, la trementina es recomendada para su empleo medicinal.

3.6.1 Almacén de C

El contenido de C se refiere al C almacenado en la biomasa seca tomando en cuenta las condiciones actuales de estructura (Espinosa, 2005). Las plantas capturan C de forma directa a través de la fotosíntesis que transforma el CO_2 en biomasa e indirectamente como C orgánico desde el suelo durante los procesos de descomposición. A nivel mundial los bosques, a través de la fotosíntesis, absorben $110 \text{ Gt C año}^{-1}$, mientras que mediante la respiración, emiten 55 Gt C año^{-1} y por medio de la descomposición emiten de 54 a 55 Gt C año^{-1} (Bolin *et al.*, 1986 citado en Ordóñez, 1999). La cantidad de C capturado en un sitio refleja el balance a largo plazo entre las entradas y las salidas de C en el ecosistema (Figura 3). A diferencia de las especies anuales, los árboles almacenan los componentes de C en sus estructuras leñosas por períodos prolongados, por lo que se consideran como reservas naturales de C (Acosta *et al.*, 2002).

Para el bosque de oyamel, el crecimiento de su diámetro y por lo tanto, su mayor captura de C atmosférico, culmina entre 81 y 100 cm de diámetro a la altura del pecho; mientras que su categoría diamétrica más productiva se encuentra entre 21 y 40 cm (Manzanilla, 1974), generalmente durante los primeros 35-40 años (Santillán, 1991). Estos datos nos permiten identificar los árboles idóneos para ser conservados (aquéllos que se encuentren en su categoría diamétrica más productiva) y los que podrían ser aprovechados (árboles con diámetro a la altura de pecho mayor a 100 cm) dentro de programas de saneamiento.

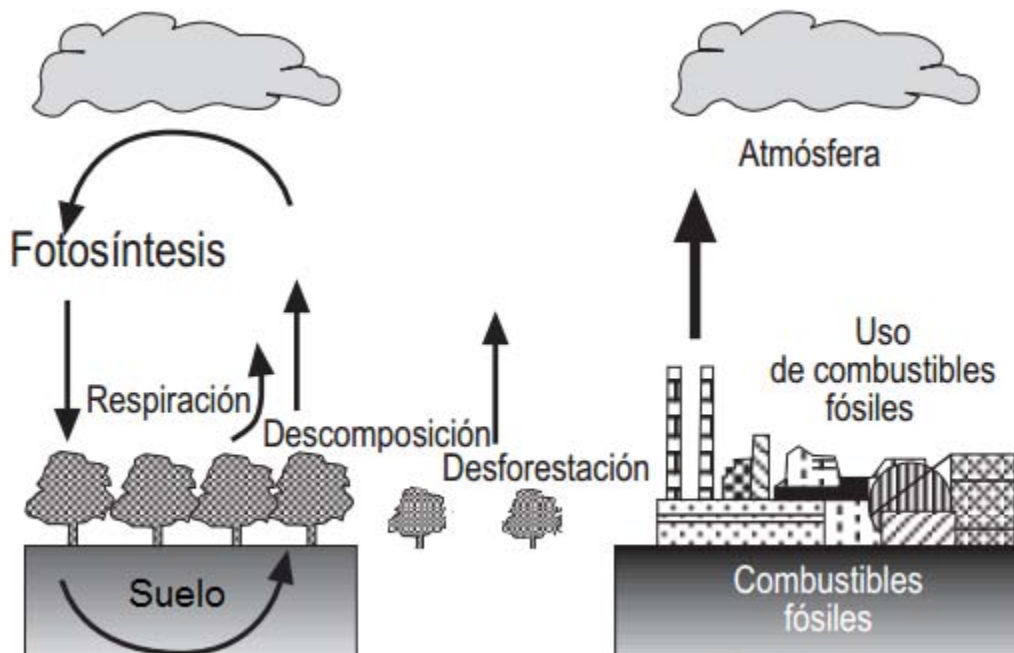


Figura 3. Fuentes y sumideros de carbono. Fuente: Modificado de Ordóñez, (1999).

3.7 Las percepciones sociales

La conservación de los ecosistemas ha sido un tema estudiado principalmente por científicos, una gran parte de la información obtenida ha servido de base para implementar importantes políticas y acciones ambientales, como el establecimiento de áreas naturales protegidas (Guevara y Halfiter, 2007). Sin embargo, el manejo de los ecosistemas, gracias a procesos e instrumentos de planeación como el ordenamiento territorial, requiere, además de contar con información científica, integrar la dimensión humana en sus análisis (Castillo *et al.*, 2009).

La adopción de enfoques más amplios que tomen en cuenta los elementos biofísicos y los aspectos sociales ha provocado la realización de propuestas y puestas en práctica de proyectos de investigación y desarrollo que permiten abordar la problemática ambiental de forma interdisciplinaria (Bridgewater 2002, Price 2002).

De acuerdo con Arizpe *et al.* (1993), a partir de un problema se crea un proceso social de percepción. Las percepciones sociales del ambiente se definen como el conjunto de comprensiones y sensibilidades de una sociedad sobre su ambiente natural, y surgen a través de un proceso de asignación de significados a los elementos del entorno y a sus cursos de transformación y deterioro (Lazos y Paré, 2000). A través de las percepciones podemos conocer lo que los grupos sociales piensan sobre la problemática ambiental, cómo comprenden y valoran la naturaleza y cómo visualizan su responsabilidad y la de otros actores al tratar de resolver un problema o negociar un acuerdo (Arizpe, *op.cit.*).

La percepción depende de la situación histórico-social del momento pues tiene ubicación espacial y temporal, depende de las circunstancias cambiantes y de la adquisición de nuevas experiencias que incorporen otros elementos a las estructuras perceptuales previas, modificándolas y adecuándolas a las condiciones actuales (Vargas, 1994).

Dependiendo de los contextos culturales particulares se adoptan determinadas posiciones, se desarrollan estrategias y se realizan acciones frente a las problemáticas ambientales (Arizpe, *op.cit.*). Estos contextos se basan en las experiencias individuales dependientes del género, identidad étnica, estatus socio-económico, generación, actividades cotidianas, expectativas, deseos y también intervienen influencias externas como los medios masivos de comunicación, el sistema de poder político y la incidencia de las religiones e iglesias, entre otros factores, lo que genera apropiaciones diferenciales del ambiente según los grupos sociales y cada individuo (Lazos y Paré, *op.cit.*).

El análisis y evaluación de las percepciones nos permite contar con información útil para la elaboración de estrategias alternativas de manejo de ecosistemas y facilitar procesos de participación social en la toma de decisiones (Castillo, *op.cit.*).

En México, es importante reconocer la relevancia de los estudios respecto a las percepciones sociales de los habitantes del medio rural sobre las cuestiones ambientales

debido a que son ellos los principales usuarios y propietarios de los ambientes naturales. Sus visiones, relaciones e ideas en torno a la naturaleza y la conservación ambiental, además del desarrollo rural, constituyen temas centrales en las investigaciones encaminadas a promover formas de manejo de ecosistemas que mantengan su salud y procuren el bienestar de los grupos humanos (Castillo *et al.*, 2009).

Por lo mencionado previamente, este proyecto de investigación buscó la evaluación de un servicio ecosistémico fundamental del bosque de *A. religiosa*, a través de la estimación del almacén de C a nivel local, con el fin de contribuir a los esfuerzos de diversos programas para combatir la problemática ambiental existente. Asimismo, reconociendo que la sociedad juega un papel fundamental en el manejo y cuidado de los ecosistemas, se examinaron las percepciones de la gente con el fin de promover la valoración, recuperación y cuidado del bosque.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Estimar el almacenamiento de C del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca presa Guadalupe y evaluar la percepción que tienen los distintos actores sociales en el área respecto a los servicios ecosistémicos.

4.2 Objetivos particulares

- Realizar una descripción general de la composición y estructura del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca presa Guadalupe.
- Calcular la biomasa del bosque mediante una ecuación volumétrica.
- Calcular el almacén de C a partir de la biomasa.
- Identificar las relaciones entre la información fitosociológica y las variables ambientales.
- Entrevistar a los actores en la cuenca presa Guadalupe para conocer su percepción acerca de los servicios ecosistémicos y del estado del bosque.

5. MÉTODOS

5.1 Área de estudio

La cuenca presa de Guadalupe (CPG) se ubica en el Estado de México, al noroeste de la Ciudad de México, principalmente dentro de los municipios de Jilotzingo, Isidro Fabela, Nicolás Romero, Atizapán de Zaragoza y Cuautitlán Izcalli entre las coordenadas 2,150,000-2,190,000 de latitud norte y 440,000-490,000 de longitud oeste (Figura 4). Pertenece a la región hidrológica No. 26, cuenca río Pánuco, subcuenca río Cuautitlán y cuenta con una superficie aproximada de 38,000 ha. La precipitación media anual es de 953 mm y los meses más lluviosos comprenden de mayo a octubre, en los cuales se alcanza el 90% de la precipitación anual (CONAGUA, 2008). La temperatura media anual es de 9.1 °C siendo la temperatura media máxima anual de 15.7 °C y la temperatura media mínima anual de 2.5 °C (CONAGUA, 2015) (Figura 5).

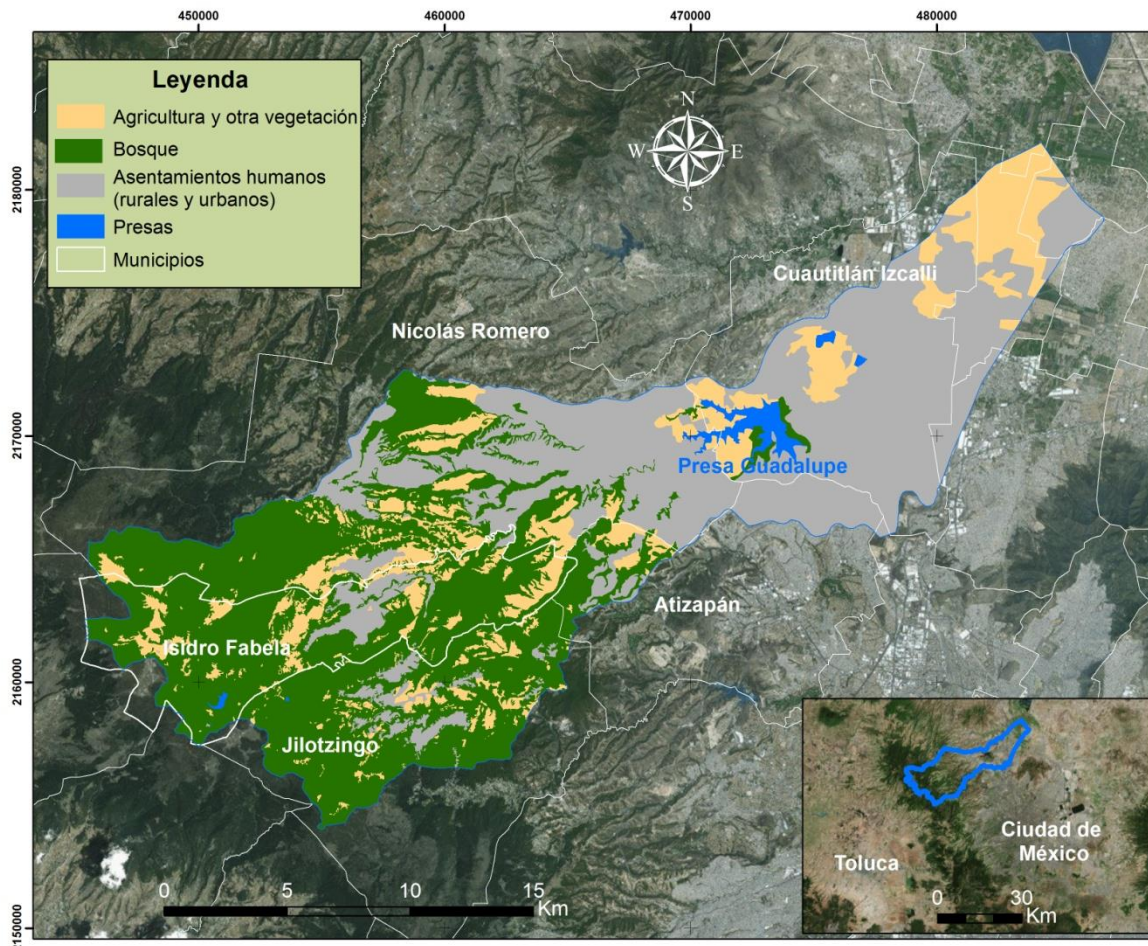


Figura 4. Localización de la CPG, respecto a las ciudades de México y Toluca. Se muestra la división municipal, el uso del suelo y la vegetación. Fuente: Ávila-Akerberg y González-Martínez (2015).

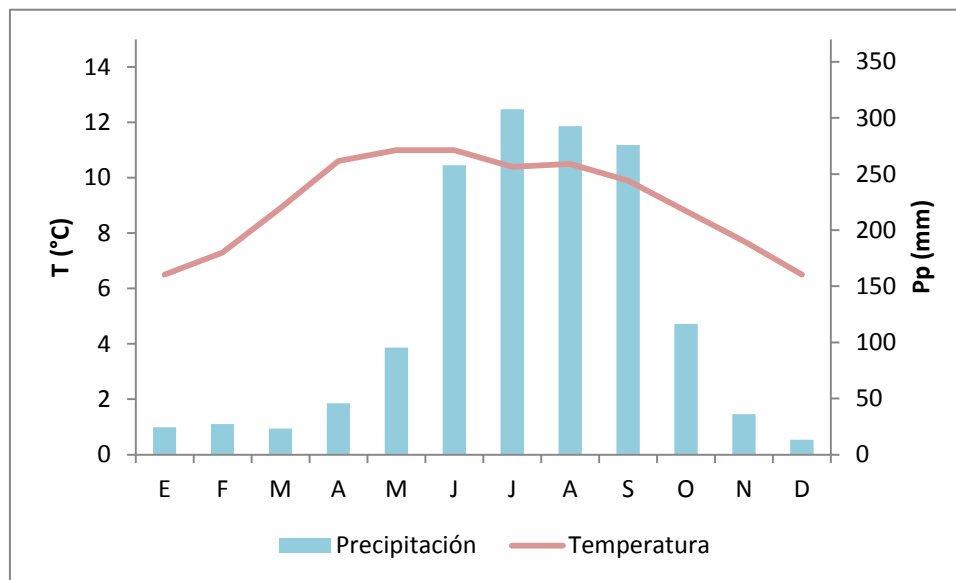


Figura 5. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica número 15231 Presa Iturbide ubicada en las coordenadas 19°31'46''N y 099°27'51''W a una altitud de 3,290.

La CPG se subdivide en tres zonas: zona alta, ubicada arriba de 2,800 m snm; zona media, ubicada entre 2,400 y 2,800 m snm y la zona baja, ubicada por debajo de 2,400 m snm.

La zona alta es un área importante de recarga del acuífero Cuautitlán – Pachuca. Se caracteriza por la presencia de bosque de pino y oyamel, y manantiales cuya calidad del agua permite el desarrollo de la actividad acuícola en los municipios de Jilotzingo, Nicolás Romero e Isidro Fabela.

En la zona media predominan las actividades agrícolas (cultivos de maíz, avena y alfalfa), pecuarias y acuícolas así como el cambio de uso de suelo forestal a agrícola. La parte baja contiene la totalidad de los asentamientos urbanos, por lo que se caracteriza por tener alta densidad de población, comprendida por los municipios de Nicolás Romero, Atizapán y Cuautitlán Izcalli. En esta zona se ubica la presa Guadalupe, cuyo embalse que posee una superficie de 348 ha, comúnmente se conoce como Lago de Guadalupe y fue construida entre los años 1936 y 1943 con el propósito de evitar inundaciones de planicies habitadas y zonas agrícolas (CONAGUA, 2008).

La riqueza biológica de la cuenca originó el decreto estatal de dos áreas naturales protegidas, el Parque Estatal Otomí Mexica (Gaceta del Gobierno de Estado de México, 1980) y el Santuario del Agua y Forestal Presa Guadalupe (Gaceta de Gobierno del Estado de México, 2004), ubicadas en la parte alta y baja de la cuenca, respectivamente. El principal uso de suelo en la cuenca corresponde al uso forestal (57.6%), seguido del uso agrícola y urbano en similares superficies (12.9 y 12.8 %, respectivamente). El resto del

área se distribuye en tierras sin cultivar (6.8%), pastizales (5.2%), zonas erosionadas (3.1%), cuerpos de agua (1.3%), y praderas (0.3%) (Comisión Cuenca Presa Guadalupe, 2013).

A través del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA, 2015) se identificó que el área de muestreo se encuentra bajo los siguientes ordenamientos ecológicos:

- Ordenamiento Ecológico General del Territorio: Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 121 “Depresión de México” el cual marca como rector de desarrollo el desarrollo social y turístico, los coadyuvantes son los sectores forestal, industrial y la preservación de flora y fauna, la política ambiental es el aprovechamiento sustentable, protección, restauración y preservación con un nivel de atención prioritaria medio (DOF, 2012).
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, Tipo – Regional; en donde podemos encontrar las siguientes claves de unidad ecológica:
 - An-5
 - An-5
 - Fo-4

Lo cual nos indica que los usos predominantes son “Áreas Naturales Protegidas” (An) y “Forestal” (Fo), de igual manera señala que tienen una fragilidad ambiental de alta a máxima (números 4 y 5) y están sujetas a una política ambiental de Protección y de Conservación (Gaceta de Gobierno del Estado de México, 2006).

5.2 Trabajo de campo

De enero del 2014 a enero del 2015 se realizó dentro del bosque de oyamel un muestreo aleatorio simple. Se establecieron 42 parcelas que comprenden una superficie de 4.2 ha que fueron consideradas representativas y homogéneas para la vegetación del área, se buscó abarcar la mayor parte de la distribución del bosque de oyamel.

En cada sitio se trazó un círculo con diámetro de 35.7 m por lo que se cubrió una superficie de 1000 m². Se decidió utilizar esta forma de parcela circular debido a que presenta un efecto de borde menor ya que para la misma superficie, un círculo tiene menos perímetro que un rectángulo, asimismo, la forma y tamaño utilizados es el método más común usado en inventarios forestales en México (Ávila-Akerberg, 2010).

En el formato de colecta se anotó la información siguiente: clave de la parcela, fecha de colecta, así como los datos físicos: coordenadas UTM, altitud, orientación, pendiente y características del suelo presente.

Asimismo, se realizó una lista de especies presentes en el levantamiento, anotando para cada una un valor estimado de cobertura relativa; de igual forma, se registró la cobertura por estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo, rasante, epífitas), la vegetación total, la superficie de suelo desnudo, cobertura rocosa y hojarasca presente en cada levantamiento (Nava, 2003) con el objetivo de realizar una descripción general del bosque.

Se evaluó solamente el almacén de C efectuado por el estrato arbóreo de la comunidad de *A. religiosa*, para ello, se realizó un estudio demográfico en el cual se contaron el número de individuos arbóreos por levantamiento, a cada individuo se le estimó su altura y se le midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1.30 m de altura; sólo se midieron aquellos individuos con DAP mayor a 5 cm. Además, se contó el número de tocones, de individuos muertos en pie y de individuos con DAP menor a 5 cm.

5.3 Cálculo de la biomasa

El área basal es una medida del espacio horizontal ocupado y puede ser considerada para estimar el volumen y la biomasa de especies arbóreas o arbustivas (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En árboles éste parámetro se mide a partir del diámetro normalizado (DN), el cual es el diámetro del árbol a una altura de 1.3 m, con la siguiente fórmula (Espinosa, 2005):

$$AB = \pi(DN^2/4) \dots (1)$$

$$AB = \text{Área basal [m}^2\text{]}$$

$$\pi = 3.1416$$

$$DN = \text{diámetro normalizado [m]}$$

A partir de los datos estructurales obtenidos para cada árbol se calculó el volumen y se multiplicó por el coeficiente mórfico forestal; ya que el tronco de *A. religiosa* tiene una forma cercana a un cono se utilizó la siguiente fórmula (Espinosa, *op.cit*):

$$V = (AB)(h)(0.586) \dots (2)$$

$$V = \text{volumen [m}^3\text{]}$$

$$AB = \text{área basal [m}^2\text{]}$$

$$h = \text{altura [m]}$$

$$0.586 \text{ coeficiente mórfico forestal para } A. religiosa$$

Una forma de estimar la biomasa con un método indirecto es el producto del volumen del árbol por la densidad de su madera:

$$B = (V)(d) \dots (3)$$

B= biomasa [t]

V= volumen [m³]

d= densidad de la madera [t m³⁻¹]

5.4 Estimación del contenido de C

Después de calcular la biomasa por árbol, se multiplicó por el factor de expansión de fustes (1.3), el cual toma en cuenta otros componentes de la biomasa adquiridos indirectamente como las raíces, el follaje y las ramas (Espinosa, 2005). Posteriormente se calculó el producto de la biomasa con el factor de contenido de C, que muestra la cantidad de C almacenado en un árbol. De acuerdo con los datos del IPCC (1994), se sugiere que determinada cantidad de materia vegetal seca contiene 45% de C.

$$CC = (B)(1.3)(0.45) \dots (4)$$

CC= contenido de C [t]

B= biomasa [t]

1.3= factor de expansión para fustes para *A. religiosa*

0.45= proporción de C en biomasa seca

Finalmente, se obtuvo el contenido de C en cada sitio, el cual se extrapoló a una hectárea y se multiplicó por la superficie total del bosque de *A. religiosa*, dando como resultado una estimación de las toneladas de C durante el año de muestreo.

La estimación del C contenido por cada árbol y parcela fue calculada usando ecuaciones de biomasa basadas en coeficientes establecidos previamente por diversos autores (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficientes para la estimación del carbono almacenado en árboles en la CPG (Modificado de Ávila-Akerberg, 2010).

Especie	Densidad de la madera [t m³-1]	Coefficiente mórfico forestal	Factor de expansión de fustes
<i>Abies religiosa</i>	0.41 (INIFAP, 2003)	0.586 (Ramírez, 1988, citado en NAVA, 2006)	1.3 (CAIRNS <i>et al.</i> 1997)
<i>Pinus hartwegii</i>	0.496 (ROJAS, 2008)	0.5 (ROJAS, 2008)	
<i>Quercus laurina</i>	0.627 (DE LA PAZ PÉREZ, 2000)	0.68 (ZAZO <i>et al.</i> , 2000)	1.6 (MACÍAS Y RODRIGUEZ, 2003)
<i>Quercus rugosa</i>	0.688 (DE LA PAZ PÉREZ, 2000)		
Otras latifoliadas	0.6 (INIFAP, 2003)	0.45 (INIFAP, 2003)	1.4 (INIFAP, 2003)

5.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis canónico de correspondencia (CCA) usando el programa *CANOCO for Windows* para buscar la relación entre la información fitosociológica y algunas variables ambientales. Los datos fueron ordenados en dos matrices. La primera incluyó ocho variables ambientales (altitud, pendiente, porcentaje de vegetación, regeneración, C almacenado, riqueza y diversidad de especies, distancia a caminos), mientras que la segunda consistió en el porcentaje de cobertura de las 142 especies presentes en las 42 parcelas de muestreo. El CCA es una extensión del análisis de correspondencia, en el que la ordenación es hecha directa e iterativamente en relación a las variables ambientales (Ter Braak, 1986). Las opciones seleccionadas en este análisis fueron distancias interespecíficas, escalamiento biplot y sin transformación de los datos. La gráfica de ordenación CCA se hizo en el programa *CANO DRAW 3.1*.

5.6 Entrevistas a actores sociales

Para identificar el conocimiento y percepción respecto a los bienes y servicios ecosistémicos que proporciona el bosque de la CPG y conocer la apreciación acerca del estado de salud del bosque de *A. religiosa*, se realizaron 167 entrevistas a actores sociales de diferentes grupos (habitantes, visitantes y autoridades). Se creó una base de datos en Microsoft Excel con las respuestas de estos actores, esta información fue procesada y analizada usando estadística descriptiva (promedio y gráficos de pastel).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Área de estudio

En la cuenca presa de Guadalupe, el bosque de *A. religiosa* ocupa una superficie de 4,303 ha, su distribución se localiza a partir de los 2,800 hasta los 3,500 m snm. Con respecto al relieve, se encontró que las pendientes oscilan entre 2 y 70°. La mayoría de los levantamientos se encontraron en las laderas N, E, NO, NE y SE, orientaciones en las cuales el bosque era más denso; cabe mencionar que en altitudes superiores a los 3,500 m, el bosque se localiza solamente en laderas con exposición norte. En la Figura 6 se muestra su distribución y se señalan los 42 puntos de muestreo.

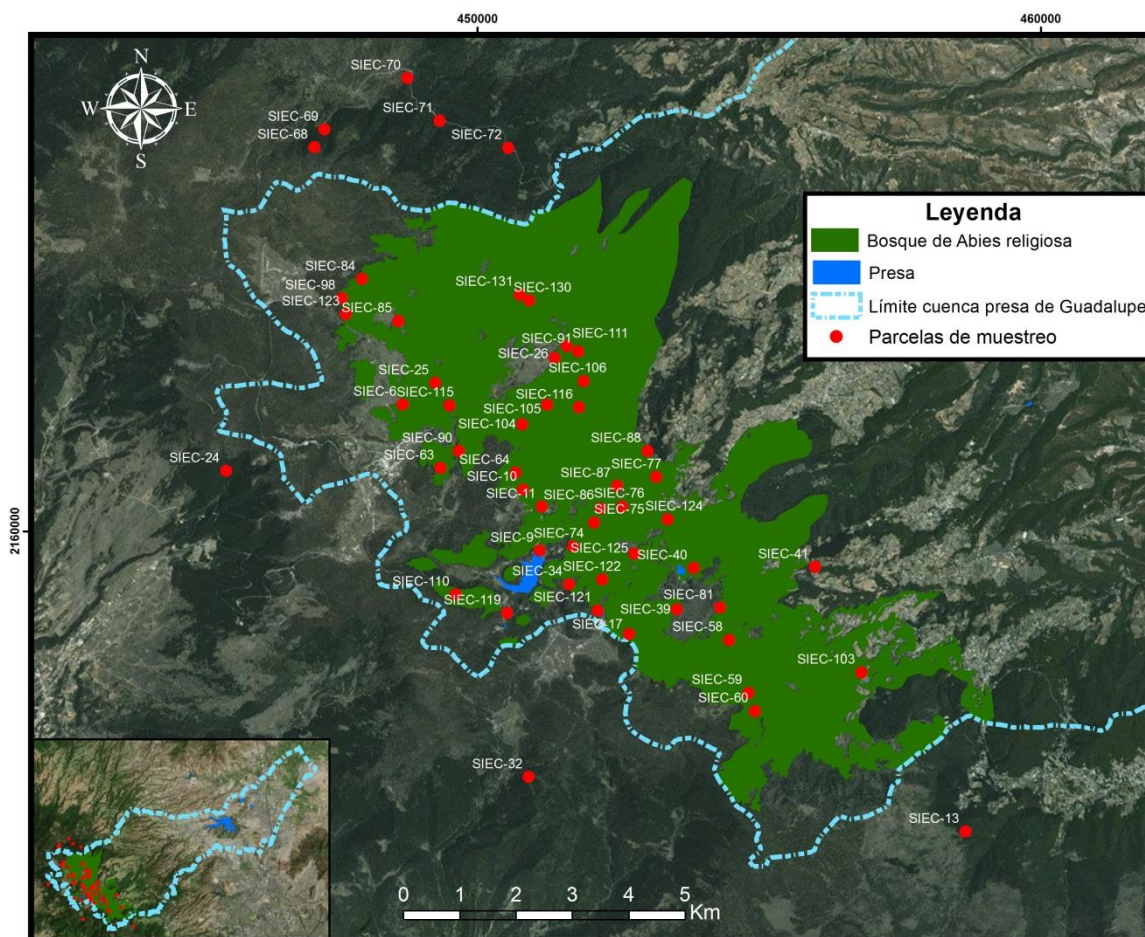


Figura 6. Vegetación, uso de suelo y puntos de muestreo dentro del área de estudio. Modificado de: Ávila-Akerberg y González-Martínez (2015).

6.2 Descripción general del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca presa Guadalupe

Los árboles tienen una altura promedio de 10.3 ± 1.07 m, el rango varía entre 1 y 40 m y un diámetro promedio de 17.3 ± 2.04 cm, siendo el mínimo 5 cm y el máximo 125 cm. Presenta un grado de perturbación animal bajo, dado principalmente por el ganado vacuno y perturbación humana regular, dado principalmente por restos de basura e indicios de tala; en 12 sitios de muestreo habían señales de incendios. De acuerdo al porcentaje de cobertura, un bosque se puede clasificar como cerrado (66 a 100% de cobertura), semiabierto (33-66%) o abierto (0 a 33%) (Nava, 2006), de acuerdo a esta clasificación, el 76.2% de los sitios muestreados pertenecen a bosque cerrado, el 21.4% a bosque semiabierto y el 2.4% a bosque abierto (Apéndice 9.1).

Se registró un total de 3,852 árboles en las parcelas del bosque de *A. religiosa* teniendo así una densidad de 917 tallos ha^{-1} . En la Tabla 3 se muestran las especies arbóreas encontradas y el número de árboles por cada una.

Tabla 3. Especie y número de árboles encontrados durante el muestreo.

Especie	Número de árboles
<i>Abies religiosa</i>	3701
<i>Pinus hartwegii</i>	49
<i>Salix paradoxa</i>	49
<i>Pinus moctezumae</i>	16
<i>Pinus sp.</i>	14
<i>Pinus patula</i>	7
<i>Arbutus xalapensis</i>	3
<i>Buddleia cordata</i>	3
<i>Comarostaphylis discolor</i>	3
<i>Quercus laurina</i>	3
<i>Quercus rugosa</i>	2
<i>Baccharis conferta</i>	1
<i>Sambucus sp.</i>	1
Total	3852

6.2.1 Estructura

Se establecieron cuatro categorías altimétricas en donde el mayor número de individuos se encuentran dentro de la primera categoría (1-10 m) con 2,480 individuos (64.4%), seguido de la segunda categoría (>10-20 m) con 989 individuos (25.7%), 349 individuos (9%) en la tercera categoría (>20-30 m) y 34 individuos (0.88%) en la última categoría (> 30m) (Figura 7).

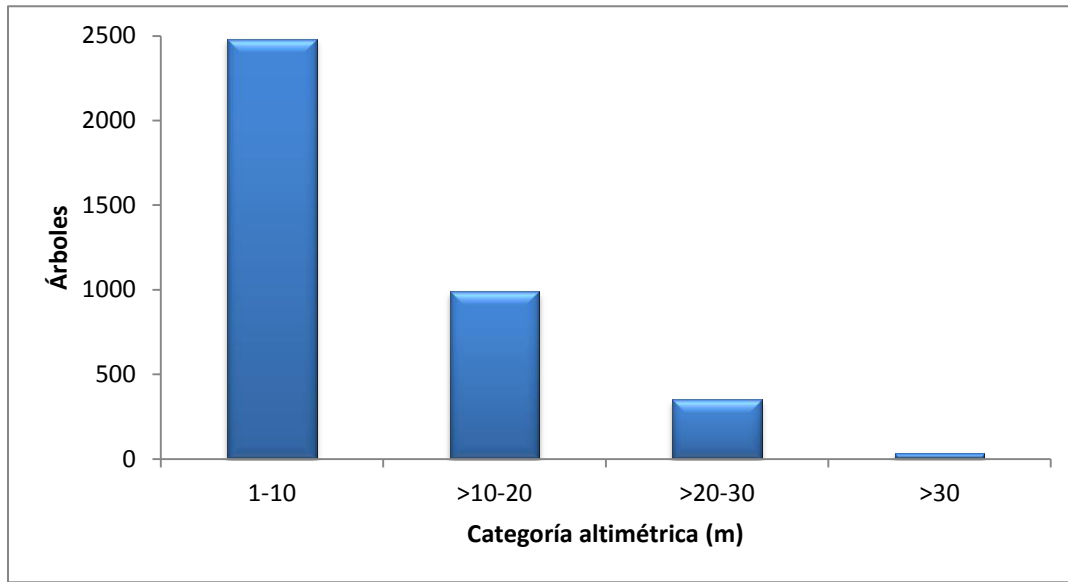


Figura 7. Distribución vertical del bosque de *Abies religiosa* en la CPG

Para el bosque de *A. religiosa* se encontró que el mayor número de individuos se distribuyó dentro de las tres primeras categorías diamétricas, siendo la categoría I (5-10 cm), la que presentó un total de 1,440 individuos, seguida de la categoría II (>10-20 cm) con 1303 individuos y por la categoría III (>20-30 cm) con 657 individuos (Figura 8).

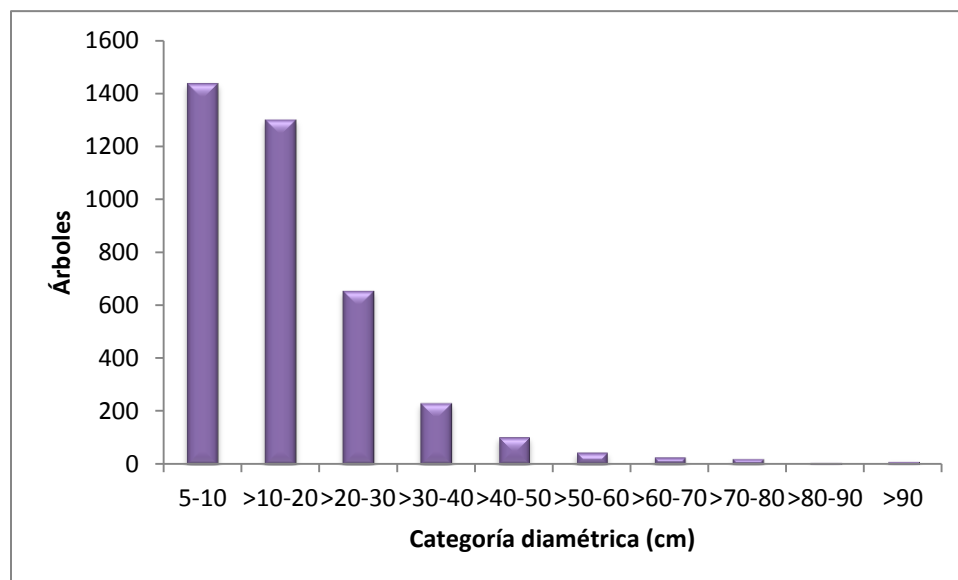


Figura 8. Distribución diamétrica del bosque de *Abies religiosa* en la CPG

Quilo (2011) encontró que en Totonicapán, Guatemala, el bosque de coníferas dominado por *A. guatemalensis* posee una gran cantidad de árboles de diámetros entre 10 y 40 cm, por lo que la autora interpreta que se trata de un bosque joven, en crecimiento o recuperación. Los resultados hallados por Quilo son similares a los encontrados en la CPG lo que puede deberse a una similitud en condiciones naturales o de manejo antropogénico.

Los resultados en las distribuciones de estructura nos indican que en su mayoría se tratan de individuos jóvenes lo cual es común en bosques multietáneos, en donde los árboles tienen diferentes alturas y cuya característica principal es el elevado número de individuos dentro de las primeras categorías diamétricas (Nava, 2006). Lo anterior resulta en un bosque irregular lo cual es común en especies tolerantes a la sombra como lo es *A. religiosa* (Jardel, 2011). De igual forma, dentro de la región ha existido presión antropogénica que ha provocado tala clandestina y aprovechamientos forestales, los cuales no permiten que los árboles alcancen su madurez, incrementando así el número de árboles jóvenes.

6.2.2 Diversidad

Se evaluó la riqueza de especies en el bosque de *A. religiosa* en donde se identificaron en promedio 24 especies por cuadrante y se encontraron un total de 142 especies, de las cuales, las que se encontraban en la mayoría de los levantamientos correspondían con la mayor cobertura. Estas especies fueron: *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens*, *Roldana angulifolia* y *Thuidium delicatulum*. Es importante mencionar que *A. elongata* y *A. procumbens* son especies indicadoras de perturbación (Madrigal, 1967 citado en Nava, 2006), por lo que, al ser tan abundantes en diversos levantamientos con coberturas que llegan a 70%, y 40% respectivamente, se puede concluir que los bosques tienen cierto disturbio.

El levantamiento SIEC-10 es el que cuenta con una menor riqueza (13 especies), aquí se encontró aprovechamiento de leña y madera, perturbación animal dada por ganado vacuno y basura y se encontraba a sólo 15 m de un camino de terracería, por lo que su cercanía a éste, favorece una mayor perturbación antropogénica que puede afectar el desarrollo de las plantas. Por el contrario, el SIEC- 13, con 34 especies, es el levantamiento que posee una mayor riqueza y en donde se encontró muy poca perturbación animal dada principalmente por caballos; y basura, ésta parcela se encontraba a 1000 m de un camino de terracería, por lo que, su distancia alejada del mismo, puede ser uno de los factores determinantes de su alta riqueza. En el Apéndice 9.2 se muestra la riqueza hallada en cada levantamiento.

Nava (2003) encontró que para el bosque de *A. religiosa* en la cuenca del río Magdalena existe una riqueza de 116 especies, Encina *et al.* (2008) encontraron que el

bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila cuenta con 73 especies; mientras que Martínez (2013) contabilizó 119 especies de flora en los bosques de *A. guatemalensis* del occidente de Guatemala. Es probable que debido a la cercanía entre la cuenca del río Magdalena y la cuenca presa Guadalupe, se hayan encontrado valores similares de riqueza, mientras que, la diferencia entre la riqueza de la CPG y la de la Sierra de Zapalinamé puede deberse a variaciones en el clima ya sea en diferencias de temperatura, precipitación y humedad, en los rangos altitudinales y en las propiedades de los diferentes tipos de suelos, como su contenido de materia orgánica, pH, nutrientes que pueden favorecer o restringir el desarrollo de algunas especies así como al grado de perturbación que posean. Aun cuando existan valores similares de riqueza entre el bosque de *A. religiosa* en la CPG y del bosque de *A. guatemalensis*, es necesario considerar las particularidades florísticas de cada área para identificar especies indicadoras de perturbación y para establecer el manejo adecuado para la conservación de la flora de acuerdo al tipo de suelo presente en cada área, su latitud y microclima.

En el bosque de *A. religiosa* se pueden apreciar cinco estratos verticales (Madrigal 1976, Manzanilla, 1974 citado en Nieto, 1995); en la Tabla 4 se muestran las coberturas encontradas en el bosque de la CPG.

Tabla 4. Estratos verticales, alturas y coberturas en el bosque de oyamel de la CPG.

Estrato	Alturas (m)	Cobertura (%)
I o rasante	0.01 - 0-29	0.5 - 40
II o herbáceas	0.10 - 1	0.5 - 75
III o arbustivo	0.70 - 3.5	0 - 80
IV o arbóreo inferior	0.4 - 10	0 - 85
V o arbóreo superior	7 - 35	15 -95

6.3 Almacén de C

En cada uno de los levantamientos, mediante la fórmula (4), se calculó el almacenamiento de C en árboles vivos y muertos en pie, tocones y troncos caídos; posteriormente se sumaron estos valores para obtener el total por levantamiento y hacer una comparación entre este valor y el C almacenado en árboles vivos. En promedio se obtuvieron en total 9.12 ± 0.74 toneladas de C en $1,000 \text{ m}^2$ y de los que 8.52 ± 0.72 toneladas de C estaban en árboles vivos, siendo el levantamiento SIEC-116 donde se registró la menor cantidad de C almacenado y el levantamiento SIEC-122 la mayor cantidad (Figura 9).

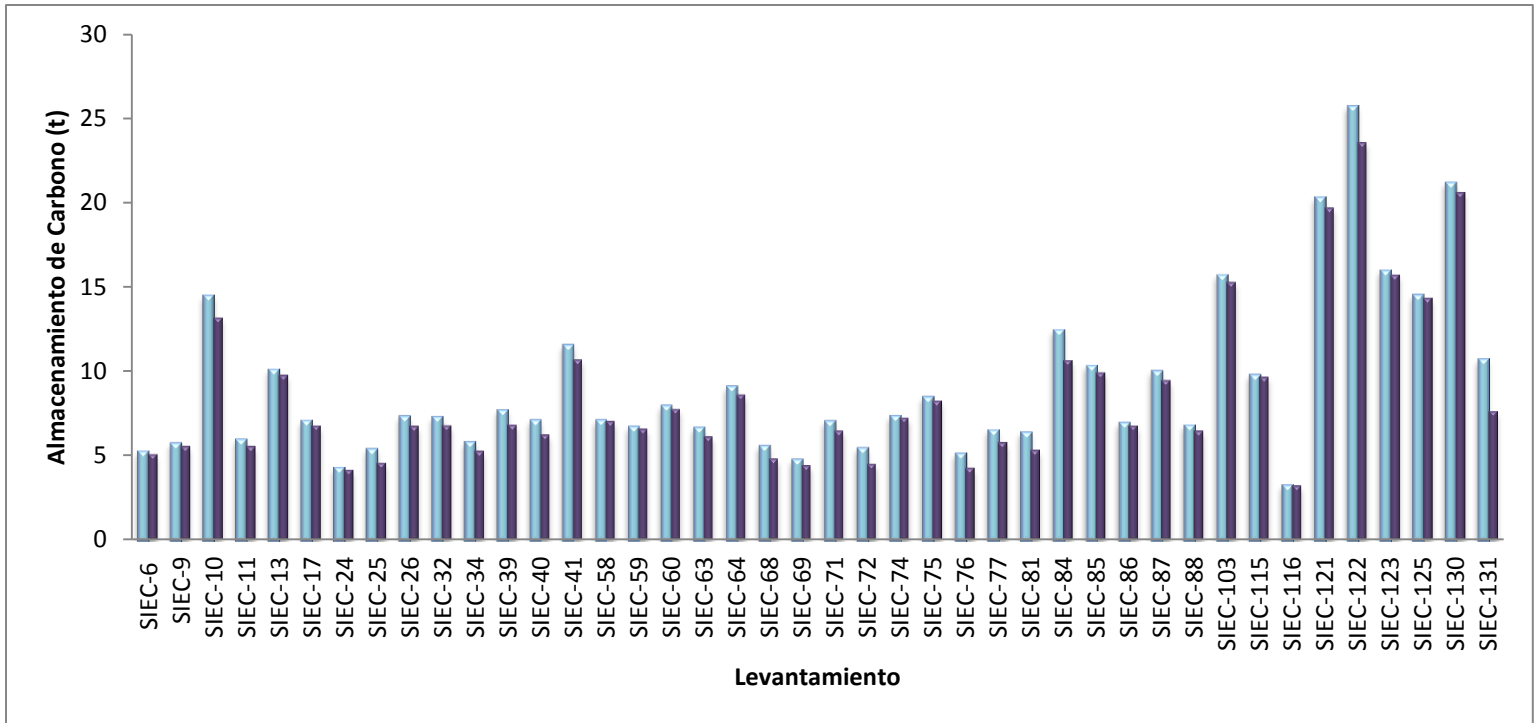


Figura 9. Carbono almacenado en cada levantamiento, en azul se muestra el carbono total y en morado el carbono almacenado sólo por árboles vivos.

En el SIEC-116 la altura promedio de los árboles fue de 12.4 m y se encontraron pocos individuos (27 árboles), lo cual explica la menor cantidad de C almacenado en este levantamiento, mientras que en el SIEC-122 se encontró un mayor número de árboles (100 árboles) con una altura promedio de 18.7 m, razón por la cual existe una mayor cantidad de C almacenado.

Con base en el promedio de C almacenado de los 42 levantamientos, se encontró que el contenido total de C fue $91.2 \pm 7.47 \text{ t ha}^{-1}$ y el contenido de C de los árboles vivos es de $85.2 \pm 7.21 \text{ t ha}^{-1}$. Ya que el bosque de *A. religiosa* ocupa una extensión de 4,303 ha, la CPG estaría almacenando un total de 392,519.66 t de C mientras que los árboles vivos de la CPG almacenan 366,787.72 t, habiendo así una diferencia de 25,731.94 t.

En el año 2012, el sector transporte del Distrito Federal emitió a la atmósfera 13,677,763 t CO₂ (SEDEMA, 2013), por lo que se podría decir que el bosque de *A. religiosa* de la CPG, almacena el 2.9% de las emisiones de C dada por automóviles en un año. Es por esto que es de suma importancia aumentar las áreas con uso de suelo forestal, así como promover la regeneración natural de los árboles ya que éstos tienen un alto potencial de captura de C que ayudará a mitigar los efectos del CO₂ en la atmósfera.

Se encontraron 1,483 árboles con un DAP menor a 5 cm, los cuales forman parte de la regeneración natural del sitio y representan un potencial de captura de C muy importante.

Razo *et al.* (2013) calcularon que el bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico, Hidalgo almacena 138.69 tC ha⁻¹; Ávila-Akerberg (2010) encontró que para el bosque de *A. religiosa* del suelo de conservación de la delegación Magdalena Contreras en promedio se registran 108 tC ha⁻¹; Nava (2006) calculó en la cuenca del río Magdalena 58 tC ha⁻¹ mientras que Peña del Valle (2003) estimó para el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala-Puebla 152.89 tC ha⁻¹. Las diferencias que existen entre resultados se debe a que cada área de estudio posee características particulares las cuales influyen en las estimaciones del carbono almacenado (Ávila-Akerberg, *op.cit*); asimismo, al revisar la metodología de los diversos trabajos se encuentra que los autores utilizan diversas ecuaciones y coeficientes (Tabla 5).

Tabla 5. Ecuaciones y coeficientes utilizados por diversos autores para la estimación del almacén de carbono

Fórmula utilizada en la presente tesis	$CC = (B)(1.3)(0.45)$ Donde: CC – Contenido de carbono B - biomasa 1.3 – Factor de expansión de fustes 0.45 – Coeficiente de carbono
Razo <i>et al.</i> , (2013)	$CAER = E.R. * D * CC$ Donde: CAER - Contenido de carbono por especie y por rodal en tC ha ⁻¹ E.R.- Existencias reales en m ³ ha ⁻¹ D - Densidad de la madera de <i>A. Religiosa</i> (0.36 ton m ⁻³) CC - Coeficiente de carbono para <i>A. religiosa</i> = 0.45
Ávila-Akerberg (2010)	$CC = BA * h * FC * wd * 1.3 * 0.5$ Donde: BA – Área basal en m ² h – Altura en m FC – Coeficiente mórfico (0.586) wd – Densidad de la madera (0.41 ton m ³⁻¹) 1.3 – Factor de expansión 0.5 – Coeficiente de carbono
Nava(2006)	$CC = V * d * 1.44 * 0.45$ Donde: V – Volumen en m ³ d - Densidad de la madera 0.36 gr cm ³⁻¹ 1.44 – Factor de expansión 0.45 – Coeficiente de carbono
Peña del Valle (2003)	$C = PT * F$ Donde: PT – peso seco total F – coeficiente de carbono (0.45) PT = 0.084 D ^{2.475} D – diámetro a la altura del pecho

En general, al comparar la estimación del carbono almacenado en la CPG con los resultados de los autores previamente mencionados, se observa que se obtuvo un valor bajo; esto podría deberse a que, de acuerdo a las estructuras diamétricas y altimétricas, se trata de un bosque multiétneo que cuenta con un gran número de árboles jóvenes que aún no almacenan mucho C, sin embargo, es importante recalcar que estos árboles tienen un mayor potencial de captura que los árboles grandes y de mayor edad, lo que permitiría que a largo plazo el almacén de C sea mayor y se asemeje más a los resultados antes mencionados. Otra razón de haber obtenido un valor menor podría deberse, como se mencionó previamente, a la diferencia entre metodologías utilizadas para la estimación del almacén de C, por lo que se considera de suma relevancia que éstas se estandaricen con el fin de poder realizar comparaciones de resultados y apreciar en qué zonas y bajo qué condiciones un bosque templado almacena más C.

A nivel internacional, Moore (2013) encontró que el bosque de *A. fraseri* del sur de los Apalaches almacena 16.3 ± 12.7 tC ha⁻¹; mientras que Wei *et al.* (2012), calcularon que el abeto chino *Cunninghamia lanceolata* en el sureste de China posee solamente 0.35 tC ha⁻¹ (2,501,000 tC en 7,035,600 ha). Bravo *et al.* (2007) estimaron para el bosque de *A. alba* en los Pirineos un total de 8,878 tC y, utilizando información del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente que menciona que el bosque de *A. alba* abarca una superficie de 36,000 ha en ésta región (MAGRAMA, 2014), éste bosque está almacenando 0.24 tC ha⁻¹.

Como se puede observar en lo mencionado previamente, éstas especies almacenan una cantidad baja de C a comparación del bosque de *A. religiosa* en México. Éstos resultados tan distintos pueden deberse a las características estructurales de cada especie (altura, diámetro, densidad de la madera), a su respuesta ante variables como la distribución que determina el tipo de clima (temperatura y precipitación), rango altitudinal, pendiente, tipo de suelo, entre otros; así como a la presión antropogénica a la cual se ven sujetos.

Debido a la gran importancia que tienen los bosques de oyamel en México, es muy importante que el manejo forestal permita al bosque de *A. religiosa* de la CPG, conservar y aumentar su almacén de C como servicio ecosistémico. El papel de la vegetación en el ciclo de C global, la interacción entre los habitantes y visitantes de la zona con el uso de suelo y actividades que realizan son factores primordiales que deben considerarse al realizar proyectos de conservación de C (Bass *et al.*, 2000).

El 19 de mayo de 2014 la Protectora de Bosques del Estado de México “PROBOSQUE” autorizó la ejecución del Programa de Manejo Forestal Nivel Avanzado para el Aprovechamiento de Recursos Forestales Maderables en el Municipio de Isidro Fabela, el cual tiene como fecha de vencimiento el 31 de diciembre de 2023 y en donde se

estipula que el bosque requiere tratamiento silvícola, por lo que, con el objeto de proteger, restaurar y propiciar la regeneración natural de los predios sujetos al tratamiento, se permite el aprovechamiento forestal maderable en una superficie de 2,435.07 ha de 101,763 m³ V.T.A. (volumen total árbol), de los cuales 65,194 m³ V.T.A. pertenecen a la especie de *A. religiosa* y en donde el arbolado por aprovechar cubrirá ciertas especificaciones como ser árboles chuecos, viejos o muy altos (PROBOSQUE, 2014). Debido a la remoción del volumen antes citado disminuirá el almacén actual de C; no obstante, al favorecer la regeneración natural, aumentará el potencial de captura ayudando así a la disminución de la concentración de GEI en la atmósfera. Sin embargo, lo que no menciona el Programa es el destino de los árboles removidos, ya que, si son utilizados como leña, al ser quemados el bosque contribuirá a la problemática ambiental siendo emisor de GEI, mientras que si son utilizados en forma de tablas, el C seguirá secuestrado y el bosque fungirá como sumidero de C. Un aspecto que no toma en cuenta este Programa es que los árboles grandes que se pretenden remover proporcionan otro tipo de servicios como hábitat para otras especies, retención del suelo, así como aspectos culturales y espirituales para la población, por lo que es de suma importancia que se realice un balance y se determine de una mejor manera el volumen a remover, así como el área en la que se llevará a cabo el tratamiento silvícola.

6.4 Relación entre los datos fitosociológicos y las variables ambientales

El análisis canónico de correspondencia nos muestra el patrón general de la información fitosociológica y de las variables ambientales. Los puntos representan las parcelas y su información fitosociológica, mientras que las flechas nos muestran las variables ambientales, su longitud indica el peso del factor mientras que la dirección nos enseña la correlación entre los factores; los puntos que se encuentran cercanos unos a otros nos indican que tienen una similitud en variables ambientales.

Los autovalores obtenidos para los dos primeros ejes (Tabla 6), sugieren que las diferencias en la cuestión ecológica o de composición en las parcelas son explicadas por la variabilidad ambiental.

El análisis canónico de correspondencia (Figura 10) nos muestra que las variables de altitud, regeneración, riqueza y almacén de C son las que tienen una mayor importancia. Podemos observar que el almacén de C es mayor en altitudes bajas lo que nos podría indicar que a estas alturas se encuentran las condiciones ambientales mejores para el desarrollo de los árboles o que en esta zona los suelos son más profundos permitiendo así el crecimiento de los árboles. Rzedowski (2006) menciona que la presencia del bosque de *A. religiosa* está condicionada sobre todo por la alta humedad, por lo que en la CPG es probable que a éstas altitudes la humedad del ambiente sea mayor permitiendo así el mejor desarrollo de los árboles. Aunque podría pensarse que al ser altitudes menores hay un acceso más fácil a los pobladores, y por ende, una mayor perturbación, debe tomarse en

cuenta que este tipo de bosque se presenta desde los 2,800 m snm y en altitudes menores a éstas podemos encontrar al bosque de encino que actúa como buffer limitando la presión antropogénica en el bosque de oyamel.

Tabla 6. Resultados del análisis canónico de correspondencia.

	Ejes	
	1	2
Autovalores	0.15	0.084
Correlaciones especies-ambiente	0.78	0.81
Varianza acumulada (%)		
+ de especies	5.9	9.2
+ de relaciones especies-ambiente	30.4	47.4

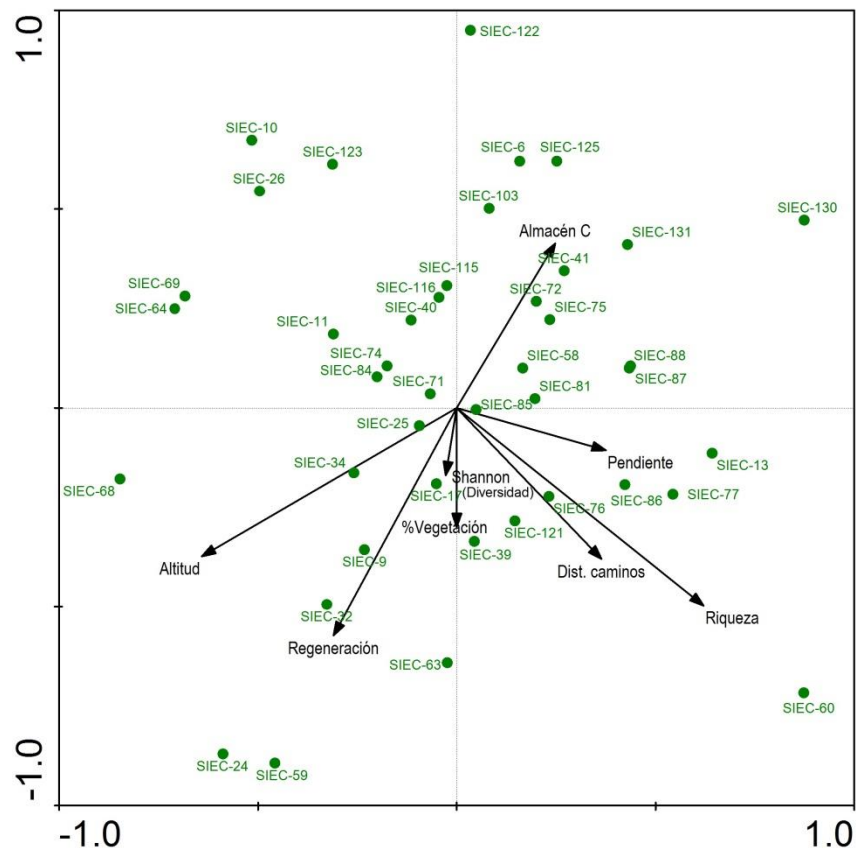


Figura 10. Análisis canónico de correspondencia (CCA). Variables ambientales vs. datos de composición en parcelas de muestreo.

No se encontró una fuerte relación entre perturbación antropogénica (a través de la variable distancia a caminos) y el almacén de C. Sin embargo, mientras una zona se localice más alejada de los caminos se encuentra una mayor riqueza vegetal, por lo que es probable que la perturbación humana provoque afectación en el desarrollo de las plantas.

También se puede observar que en las zonas de mayor altitud y menor almacén de C existe una mayor regeneración, esto podría deberse a que en las zonas más altas el bosque no es tan denso por condiciones naturales, teniendo así, espacio y recursos para el establecimiento de nuevos árboles; May (2001) encontró que el desarrollo del oyamel y los mayores incrementos en altura se obtienen en condiciones de dosel abierta e intermedia en donde se tiene una mayor luminosidad.

Una de las especies encontradas en campo es *Thuidium delicatulum* (musgo), el cual tiene un papel ecológico muy importante ya que forma un mantillo en el suelo que evita su erosión, retiene la humedad y favorece la sucesión ecológica (Martínez, 2012). Esta especie es uno de los productos forestales no maderables más usados en la región para los nacimientos en Navidad, así que, cuando los habitantes remueven ésta capa se promueve el establecimiento de otras especies vegetales como arbustos y herbáceas que impiden el establecimiento y desarrollo de la regeneración de *A. religiosa*, por lo que es probable que al ser zonas de mayor altitud y menor acceso a los habitantes, haya una menor remoción del musgo y por lo tanto una menor competencia por espacio y recursos entre las plántulas del oyamel y otras especies. Asimismo, existen varios factores físicos que podrían tener influencia sobre éste resultado como son los tipos de suelo, orientación de la ladera, entre otros; por lo que, es de suma importancia que en futuros estudios se profundice en éste tema para poder entender mejor la relación entre la regeneración y el almacén de carbono, y además, se debe buscar un manejo que favorezca el crecimiento de los árboles en regeneración.

Los puntos que no se encuentran agrupados nos muestran que poseen alguna característica diferente al resto que hace que sobresalgan, por ejemplo, el levantamiento SIEC-59 no se encuentra agrupado con los demás levantamientos ya que es la parcela en donde se encontró una mayor regeneración. Asimismo, en el SIEC-24 encontramos una alta regeneración, así como una mayor altitud con respecto a los demás muestreos; el SIEC-68 de igual forma, es uno de los levantamientos que se encontraban a una altitud mayor, el SIEC-60 es uno de los levantamientos con mayor riqueza mientras que el SIEC-122 sobresale por ser el que cuenta con un mayor almacén de C. Finalmente, el SIEC-130 se distingue por ser uno de los levantamientos con una altitud menor pero con un gran almacén de C.

Es importante mencionar que los resultados encontrados en el análisis canónico de correspondencia sólo nos muestran patrones generales que nos sirven para explicar la

dinámica de las variables entre ellas, por lo que si se requiere explicar a más detalle algún patrón, es necesario realizar un análisis más especializado.

6.5 Percepción social de los servicios ecosistémicos

Se entrevistó a un total de 167 personas; 105 eran mujeres y 62 hombres, asimismo estaban constituidos por autoridades, visitantes y habitantes, de los cuales unos son ejidatarios, comuneros o foráneos que llevan algún tiempo viviendo en la zona. La edad promedio es de 39 ± 1.36 años y el rango varía entre los 10 y los 92 años. La mayoría de los entrevistados estudiaron hasta la secundaria aunque los extremos están representados por 16 personas sin escolaridad alguna y 15 que cuentan con estudios de licenciatura.

La mayoría de los entrevistados reconoce que hace uso del bosque (113 personas). Sin embargo, al realizar una comparación entre habitantes y autoridades con visitantes el resultado varía mucho. El 72.7% de los habitantes y autoridades sí reconocen que existe un uso, mientras que solamente el 48.6% de los visitantes es capaz de reconocerlo. Es importante que los habitantes, principales usuarios del bosque, sean capaces de reconocer los beneficios que les brinda el bosque, sin embargo, es notable que los visitantes, al no vivir cerca de áreas naturales y no tener un contacto directo, no son capaces de distinguirlos y, aunque no sean usuarios frecuentes de la zona, es de suma importancia que estos actores reconozcan la relevancia de las zonas naturales, en especial de los bosques templados. En la Figura 11 se muestra qué usos fueron identificados, entre los que destacan la tala, la recolección de tierra negra y campamentos. Es de notar que 54 personas respondieron negativamente a la pregunta “¿Se hace uso del bosque?”; sin embargo, al enseñarles una lista de actividades que se realizan en el bosque y preguntarles qué actividades eran realizadas en la zona, solamente 26 respondieron que no se le daba ningún uso o no sabían cuál, lo que nos dice que varias personas no reconocen que algunas actividades que se realizan dentro del bosque forman parte de los servicios que éste brinda.

Al preguntarles si ellos obtenían algún beneficio del bosque, 97 personas respondieron que sí; entre los beneficios más identificados se encuentran la generación de oxígeno, el agua y la recolección de leña (Figura 12). Es importante recalcar que aunque la mayoría de los entrevistados fue capaz de reconocer que hace uso del bosque, un gran número de ellos (70 personas) piensa que no se ve beneficiado directamente, lo cual es un tema importante para la conservación del área ya que si la gente es capaz de identificar los beneficios obtenidos, serán más conscientes en su cuidado y conservación.

La mayoría de las personas encuestadas desconocen si existe un proyecto para el cuidado del bosque (107 encuestados). Sin embargo, la mayor parte de las personas consideran el estado del bosque como regular a malo, mientras que solamente 36 de los encuestados lo consideraban como bueno.

Entre las principales razones del deterioro del bosque se encuentran la tala, basura, plagas e incendios. De igual forma, gran parte de los encuestados (139 personas) consideran que la calidad de la vegetación en los últimos años ha disminuido. En la Tabla 7 se muestran los principales factores que los actores sociales identificaron como causantes del deterioro del bosque, en donde encontramos que la tala y la basura son los factores que tienen un mayor impacto.

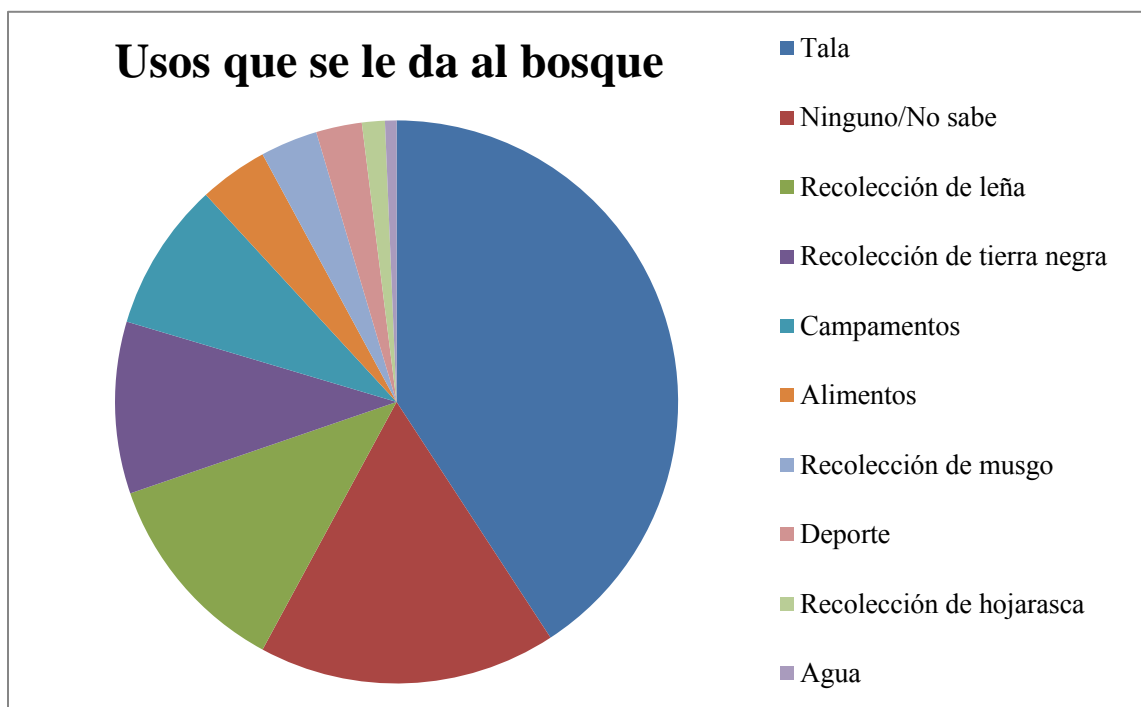


Figura 11. Usos del bosque identificados por los distintos actores sociales.

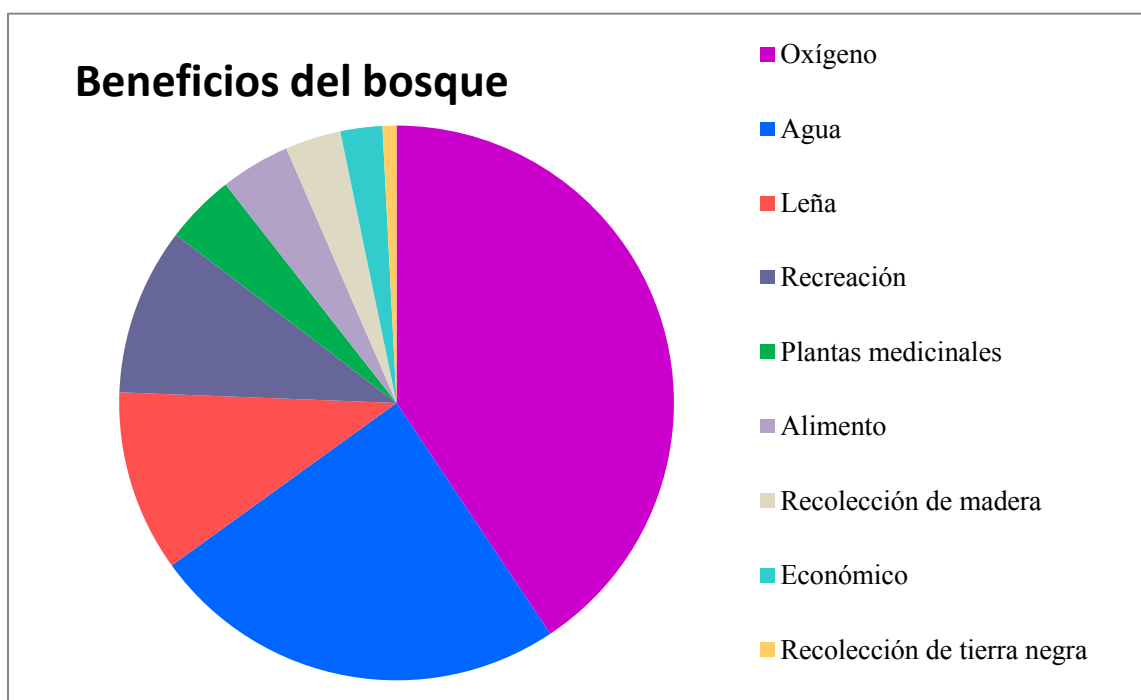


Figura 12. Beneficios del bosque identificados por los distintos actores sociales.

Tabla 7. Principales factores de deterioro y su importancia relativa en la cuenca presa Guadalupe. Se muestran los promedios en donde 4 representa un alto impacto y 1 ningún impacto.

Factor	Impacto
Tala	3.44
Basura	3.44
Visitantes	2.81
Plagas	2.78
Contaminación del aire	2.73
Extracción de tierra negra	2.69
Asentamientos humanos	2.60
Ganado	2.16
Cacería	2.05
Cultivos	1.96

Para favorecer el cuidado del bosque, la mayoría de las personas opina que es indispensable llevar a cabo programas de reforestación (148 personas), también se identificó la recolección de basura y vigilancia del área como actividades importantes (113 y 92 personas respectivamente). Al preguntarles si estarían dispuestos a realizar alguna de estas actividades, 142 personas respondieron afirmativamente y 130 de los encuestados estarían dispuestos a aportar una cuota para disfrutar de los beneficios del bosque.

Ávila-Akerberg (2010) investigó la percepción acerca del estado del bosque de los tomadores de decisiones en el suelo de conservación de la delegación Magdalena Contreras y encontró que la mayoría de las personas consideran que la calidad de la vegetación ha disminuido; sin embargo, la principal razón era el establecimiento de asentamientos humanos irregulares. Sánchez (2010) realizó un trabajo acerca de la percepción social de los beneficios del monte en la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco, y encontró que los entrevistados percibían una disminución del monte a causa del cambio de uso de suelo para la conformación de pastizales con fines ganaderos (potreros). Sánchez también encontró que la mayoría de los entrevistados confirmaban obtener beneficios del bosque como obtención de madera, leña, alimentos, plantas medicinales, etc. Aun cuando las razones sean diversas, se encuentra que la gente identifica una disminución de la vegetación y su calidad, lo cual coadyuva a la problemática ambiental imperante en el país, aumentando la deforestación e incrementando la emisión de GEI.

7. CONCLUSIONES

El bosque de *A. religiosa* de la cuenca presa de Guadalupe abarca una superficie de 4,303 ha; estructuralmente se trata de un bosque multietáneo con una alta regeneración.

En promedio, el bosque de oyamel está almacenando $91.22 \pm 7.47 \text{ t ha}^{-1}$ de C, cantidad que disminuirá debido al actual Programa de Manejo Forestal, mientras que se favorecerá la regeneración y por ende, aumentará el potencial de captura de C importante para la reducción de GEI.

Debido a que existe una alta regeneración en la zona, se deben realizar estudios acerca del potencial de captura de C del bosque.

Para promover el crecimiento de los árboles y aumentar el almacén de C es esencial disminuir la presión antropogénica sobre el recurso maderable, por lo que es importante dar a conocer a los usuarios del bosque la importancia de éste a través de programas de educación ambiental; asimismo, se deben implementar programas forestales que promuevan la conservación de los árboles y su regeneración.

En altitudes menores se encontró un mayor almacén de C, Rzedowski (2006) menciona que la presencia del bosque de oyamel está condicionada sobre todo por una alta humedad, por lo que, considero importante que se realicen estudios en los que se analicen factores que determinan la humedad como la orientación y tipos de suelos con el contenido de C, para determinar si en estas altitudes esos son los factores que están favoreciendo el desarrollo del bosque permitiendo así el aumento en el almacenamiento de C.

En el bosque de *A. religiosa* de la CPG, la perturbación antropogénica tiene un mayor impacto sobre la riqueza vegetal encontrándose que, mientras una zona se localice más alejada de los caminos, tendrá una mayor riqueza. En las zonas de mayor altitud, existe una mayor regeneración lo cual podría deberse a que en estas altitudes el bosque no es tan denso por condiciones naturales, teniendo así espacio y recursos para el establecimiento de nuevos árboles; May (2001) encontró que el desarrollo del oyamel y los mayores incrementos en altura se obtienen en condiciones de dosel abierta e intermedia en donde se tiene una mayor luminosidad lo que podría explicar éste resultado; no obstante, es muy importante que en futuros estudios se profundice en este tema para entender la relación opuesta que existe entre la regeneración y el almacén de C.

Existe una gran diferencia entre la percepción de los habitantes y autoridades y la de los visitantes acerca del uso del bosque, mientras que los primeros son capaces de determinar que existen diversos usos, los segundos tienen más dificultades en hacerlo; los principales usos mencionados son la tala, la recolección de tierra negra y campamentos. En cuanto si reconocían algún beneficio personal dado por el bosque, disminuyó el número de

personas que contestaron afirmativamente y entre los beneficios más identificados se encuentran el oxígeno, el agua y la recolección de leña.

La mayoría de las personas desconocían si existe un proyecto para el cuidado del bosque y consideraban su estado como regular a malo; entre las principales razones se encuentran la tala, basura, plagas e incendios.

Debido a que los usuarios del bosque identificaron otros servicios ecosistémicos como la tala, recolección de leña, tierra negra, musgo, hojarasca, agua y alimentos (servicios de provisión), así como campamentos y deporte (servicios culturales) al realizar programas forestales se debe efectuar un balance entre todos los servicios ecosistémicos presentes y tomar en cuenta la opinión de los usuarios con el fin de que éstos programas tengan un mejor resultado.

8. REFERENCIAS

Acosta M., Vargas H., Velázquez M., Etchevers B. (2002). Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*, noviembre-diciembre, 725-736.

Arizpe L., Paz F., Velásquez M. (1993). Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la Selva Lacandona. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM-Miguel Ángel Porrúa, México.

Ávila-Akerberg V. y González-Martínez T. (2015). Biodiversidad y servicios ambientales en la cuenca presa de Guadalupe. Enviado a *Revista Investigación y Ciencia*.

Ávila-Akerberg V. (2010). Forest quality in the southwest of Mexico City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services. *Culterra*, Band 56, 200 pp. ISBN 3-933390-39-7.

Balvanera P., Cotler H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 185-245.

Bass S., Dubois O., Moura P., Pinard M., Tipper R., Wilson C. (2000). Rural livelihoods and carbon management. IIED Natural Resource Issues Paper No. 1. International Institute for Environment and Development, London. 94 pp.

Bravo F., Herrero C., Ordóñez C., Segur M., Gómez C., Menéndez M., Cámara A. (2007). El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático. Fecha de consulta: noviembre 2015. Disponible en: <http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/SiteCollectionDocuments/Publicaciones/Guias%20Técnicas/11/Libro%2011%20Bosques.pdf>

Bridgewater P. (2002). Biosphere reserves: Special places for people and nature. *Environmental Science and Policy* 5:9-12.

Cairns M., Brown S., Helmer E., Baumgardner G. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecología* 111:1-11.

Castillo A., Corral V., González E., Paré L., Paz M., Reyes J., Schteingart M. (2009). Conservación y sociedad. Capital Natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 761-801.

CCPG. (Comisión de Cuenca Presa Guadalupe). (2013). Fecha de consulta: febrero 2014. Disponible en: <http://cuencapresaguadalupe.org/>

Challenger A. (1998). Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Challenger A., Dirzo R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. Capital Natural de México, Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp.37–73.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). Bosques templados. Fecha de consulta: enero 2014. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2014). *Abies religiosa* (Kunth Schltld. et Cham.). Fecha de consulta: enero 2014. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/873Abies%20religiosa.pdf>

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: <http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/infys/temas/resultados-2004-2009>

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2010). Visión de México sobre REDD++. Hacia una estrategia nacional. Fecha de consulta: agosto 2015. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/2521Visi%C3%B3n%20de%20M%C3%A9xico%20para%20REDD_.pdf

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2009). Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/579Restauraci%C3%B3n%20de%20ecosistemas%20forestales.pdf>

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2015). Servicio Meteorológico Nacional, Normales Climatológicas. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=189:estado-de-mexico&catid=14:normales-por-estacion

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), CCPG (Comisión de Cuenca Presa Guadalupe). (2008). Programa hídrico de gran visión de la Cuenca Presa Guadalupe. Fecha de consulta: febrero 2014. Disponible en: <http://cuencapresaguadalupe.org/documentacion/programa-h%C3%ADrico.html>

Cotler H. (2003). Características y manejo de suelos en ecosistemas templados de montaña. Instituto Nacional de Ecología. Fecha de consulta: enero 2014. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/cotler.html>

De la Paz Pérez C. (2000). Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanos. Tesis de doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México.

DOF (Diario Oficial de la Federación). (2012). Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Fecha de consulta: junio 2015. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5267334&fecha=07/09/2012

Durand L. (2000). La colonización en la sierra de Santa Martha: Perspectivas ambientales y deforestación en una región de Veracruz. Tesis de doctorado en el Instituto de Investigaciones Antropológicas.

Encina J., Encina F., Mata E., Valdes J. (2008). Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 83: 13-24.

Espinosa M. (2005). Estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cuenca alta del río Magdalena, D.F. Tesis de licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México.

FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015a). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo? Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4793s.pdf>

FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015b). Evaluación de la FAO sobre los bosques y las reservas de carbono: 2001 – 2015. Fecha de consulta: mayo 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/climatechange/micca/ghg/es/>

FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2010). Global Forest Resources Assessment. Roma.

Flores G., Jiménez J., Madrigal X., Moncayo F., Takaki F. (1971). Memoria del Mapa de Tipos de Vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, D.F.

Gaceta de Gobierno del Estado de México. (2006). Actualización del modelo de ordenamiento ecológico del territorio del Estado de México. Fecha de consulta: junio 2015. Disponible en: http://portal2.edomex.gob.mx/idcprod/groups/public/documents/edomex_archivo/sma_pdf_actua_mod_ord_edomex_1.pdf

Gaceta de Gobierno del Estado de México. (2004). Declaratoria del Ejecutivo del Estado por la que se establece el área natural protegida con la categoría de Parque Estatal denominado “Santuario del Agua y Forestal presa Guadalupe”, ubicada en los Municipios de Cuautitlán Izcalli y Nicolás Romero, Estado de México. Fecha de consulta: febrero 2014. Disponible en : <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2004/oct133.pdf>

Gaceta de Gobierno del Estado de México. (1980). Decreto del Ejecutivo del Estado por el que se crea el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa, que se denominará Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Fecha de consulta: febrero 2014. Disponible en: http://portal2.edomex.gob.mx/cepanaf/areas_naturales_protegidas/decretos/groups/public/documents/edomex_archivo/cepanaf_pdf_otomi_mexica.pdf

Galicia L. (2013). México pierde cada año 40 mil hectáreas de bosque templado. Boletín UNAM-DGCS-757. Fecha de consulta: abril 2014. Disponible en: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_757.html

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Primer Informe de Ejecución 2013. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/contabilidad_gubernamental/Ejecucion/1_ie_pnd_2013-2018.pdf

Gómez J., Monterroso A., Tinoco J., Toledo M., Conde C., Gay C. (2011). Assessing current and potential patterns of 16 forest species driven by climate change scenarios in Mexico. *Atmósfera*, 24(1): 31-52.

Guevara S., Halffter G. (2007). Estrategias para la conservación de la diversidad biológica en áreas protegidas de designación internacional: la síntesis, en Halffter, G., Guevara, S. y Melik, A. (eds.). *Hacia una cultura de la conservación de la diversidad biológica*, Vol. 6. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 9-18.

Herrera B. (2008). ¿Es la deforestación un caso de cifras? *Agro productividad (I)*: 11-16.

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2008). Regiones naturales y biogeografía de México. Fecha de consulta: enero 2014. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_REGNATBIOGEOG_VS_ENERO_29_2008.pdf

INIFAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas Pecuarias). (2003). Monografías sobre diferentes coníferas y latifoliadas de clima templado. MUSÁLEM M.Á. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México, D.F.

IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2015). Cambio climático 2014. Mitigación del cambio climático. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5_SPM_brochure_es.pdf

IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). Cambio climático 2013. Bases físicas. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf

IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate Change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Final Report. 996 p.

IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (1994). The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Jardel E. (2011). El manejo forestal en México: conceptos básicos, antecedentes, estado actual y perspectivas. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: http://www.era-mx.org/Estudios_y_proyectos/Estudios/Edo_Bosques/Libro_2011/2_Jardel_Manejo_3.doc

Körner C. (2002). Mountain biodiversity, its causes and function: an Overview. In Mountain biodiversity a global assessment, Körner Ch., Spehn E., (eds.) Parthenon, New York. pp.3–20

Lazos E., Paré L. (2000). Miradas indígenas sobre una naturaleza entristecida: Percepciones del deterioro ambiental entre los nahuas de Veracruz. UNAM, México, pp. 18-31.

López M., Velázquez J., González A., Cetina V. (1998). Estado nutrimental de *Abies religiosa* en un área con problemas de contaminación ambiental. *Agrociencia* 32:53–59.

Maass M. (2007). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Fecha de consulta: noviembre 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/maass.html>

Macías F., Rodríguez L. (2003). Primera aproximación al cálculo de los sumideros de Carbono en Sistemas Forestales y Suelos de Galicia, de acuerdo con el Protocolo de Kyoto. Servicio de Publicaciones da Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.

Magaña R. (2004). El cambio climático global: comprender el problema en: Cambio climático: una visión desde México. Martínez J., Fernández A. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

MAGRAMA. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). (2014). Fichas de especies. Fecha de consulta: noviembre 2015. Disponible en:

http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/Semillas_-_Fichas_de_especies_A-B_tcm7-320569.pdf

Manson R., Hernández V., Gallina S. y Mehltreter K. (editores). (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, 348 p

Manzanilla H. (1974). Investigaciones Epidométricas y Silvícolas en Bosques Mexicanos de *Abies religiosa*. Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la SAG. México, D.F.

Martínez J. (2013). Plantas asociadas a los bosques de *Abies guatemalensis* (*Pinaceae*) del occidente de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*, vol. 61, no. 1.

Martínez J. (2012). Sucesión y restauración ecológica en las partes altas de cuencas y la provisión de agua. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 21, pp. 35-39.

Masera O., Bellon M., Segura G. (1995). Forest management options for sequestering carbon in Mexico. *Biomass & Bioenergy* 8(5): 357-367.

May N. (2001). Dinámica de la regeneración de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et. Cham. y *Pinus hartwegii* Lind., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. Tesis profesional en la Universidad Autónoma Chapingo.

Mayen L. (1987). Evaluación de los efectos de tres tipos de agua en el tiempo y porcentaje de germinación de semillas de oyamel (*Abies religiosa*). Tesis profesional en la FES - Cuautitlán. UNAM. México.

MEA. (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). Ecosystem and human well-being: a framework for assessment. Island Press, Washington, DC.

MEA. (Millennium Ecosystem Assessment). (2003). Ecosystem and their services. Island Press, Washington, DC.

Merino P. (2003). Procesos de uso y gestión de los recursos naturales comunes. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/merino.pdf?i>

Moore P. (2013). Forest Recovery, Nutrient Cycling and Carbon Sequestration in a Southern Appalachian Spruce-Fir Forest. All Graduate Theses and Dissertations. Paper 1519. Fecha de consulta: noviembre 2015. Disponible en: <http://digitalcommons.usu.edu/etd/1519>

Mostacedo B., Fredericksen T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Biología Vegetal, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR) Santa Cruz, Bolivia.

Nava M. (2006). Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena, D.F. Tesis de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Nava M. (2003). Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Nieto de Pascual P. (1995). Estudio sinecológico del bosque de oyamel de la cañada de Contreras, Distrito Federal. Rev. Ciencia Forestal en México. 20 (77): 3-34.

Ordóñez J. (1999). Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. INE-SEMARNAP. 72 p.

Ordóñez J., De Jong H. (2001). Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán. Madera y Bosques, vol. 7, núm. 2, pp. 27-47.

Peña del Valle A., (2003). Captura de carbono: un estudio en el Parque Nacional La Malinche Tlaxcala-Puebla. Tesis de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México.

PMC (Programa Mexicano del Carbono). (2015). Fecha de consulta: septiembre 2015. Disponible en: <http://pmcarbono.org/pmc/>

Price M. (2002). The periodic review of biosphere reserves: A mechanism to foster sites of excellence for conservation and sustainable development. Environmental Science and Policy 5: 13-18.

PROBOSQUE (Protección de Bosques del Estado de México). (2014). Autorización de la Ejecución del Programa de Manejo Forestal Nivel Avanzado para el Aprovechamiento de Recursos Forestales Maderables. No. Oficio: 212H10000/009/2014-NA.

Quilo A. (2011). Dinámica de Cobertura Forestal 2001 – 2006 e Inventario de Carbono de la Parcialidad Vicente, San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán. Fecha de consulta: noviembre 2015. Disponible en: <http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/informes-manejo-recursos/informe-carbono-vicentes.pdf>

Razo R., Gordillo A., Rodríguez R., Maycotte, C., Acevedo, O. (2013). Escenarios de carbono para el bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9 (1): 17-21.

Rickards J., Piguerón C. (2003). *Financiamiento de programas para conservación de ecosistemas templados de montaña*. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/rickards.html>

Rojas F. (2008). *Consideraciones para el balance de carbono: Evaluación del movimiento de biomasa en el Parque Nacional Malinche*. Tesis de Maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Rzedowski J. (2006). *Vegetación de México*, 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Rzedowski J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.

Samaniego J., (2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe*, reseña 2009. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Fecha de consulta: octubre 2015. Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2975/lcl3140.pdf?sequence=1>

Sánchez M. (2010). *Los beneficios del monte: percepción social y consumo de los servicios ecosistémicos derivados de la biodiversidad vegetal en la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco*. Tesis de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Sánchez A., López L., Granados D., (2006). Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del Cerro Tlálloc, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 79, 67-78.

Sánchez L., Pineda M., Hernández A. (1991). Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. & Cham., en el Cofre de Perote, estado de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 16:45–55.

Santillán P. (1991). *Silvicultura de las coníferas de la región central*. Tesis licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo.

SEDEMA. (Secretaría del Medio Ambiente). (2013). *Registro de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Distrito Federal*. Fecha de consulta: septiembre 2015. Disponible en: <http://www.sedema.df.gob.mx/flippingbook/carbonn-registro-gei2012/carbonn-registro-gei2012/>

SEMARNAT. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2014). *Versión de Difusión del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC 2014-2018)*.

Fecha de consulta: abril 2015. Disponible en:
http://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Avisos/cambio_climatico.pdf

SEMARNAT. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. Fecha de consulta: abril 2015. Disponible en:
http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf

Shvidenko A., Barber C., Persson R., González P., Hassan R. (2005). Forest and woodland systems, en Hassan R., Scholes R., Ash N. (eds.), *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*, Vol. 1, Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. *Island Press, Washington.*, pp. 567-614.

SIGEIA. (Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental). (2015). Fecha de consulta: junio 2015. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/sigeia>

Ter Braak C. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*. 67:1167-1179.

Toledo V. (2000). Ecología, Globalización y Sustentabilidad: la filosofía política del nuevo milenio”. *Configuraciones*, 1:43-49.

Toledo V. (1994). La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas. *Revista Ciencias*, 34:43-57.

UAAAN. (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). (2002). Restauración ambiental de la sierra Plegada de Coahuila. Informe técnico. Comisión Federal de Electricidad/ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro/ Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, UAAAN, Saltillo, Coahuila

Vargas M. (1994). “Sobre el concepto de percepción”. *Alteridades*, 4 (8): 47-53.

Velásquez M. (2004). La sucesión ecológica una opción para recuperar áreas de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala. Memorias del Simposio Internacional sobre Restauración Ecológica. Grupo Cubano de Restauración Ecológica, Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna, Jardín Botánico de Villa Clara, del 17–21 de noviembre de 2004. Cuba.

Verón S., Jobbágy E., Gasparri I., Kandus P., Easdale M., Bilenca D., Murillo N., Beltrán J., Cisneros J., Lottici V., Manchado J., Orúe E., Thompson J. (2011). Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Capítulo 29. Ediciones INTA. República Argentina, pp. 661-669.

Wei X., Blanco J., Jiang H., Kimmins J. (2012). Effects of nitrogen deposition on carbon sequestration in Chinese fir forest ecosystems. Fecha de consulta: noviembre 2015. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/221729744_Effects_of_nitrogen_deposition_on_carbon_sequestration_in_Chinese_fir_forest_ecosystems

Zazo J., Jiménez J. (2000). Apuntes y notas de los caracteres culturales y otras características de interés de algunas frondosas forestales españolas. U.P.M.-E.U.I.T.F., Madrid.

9. APÉNDICES

9.1 Porcentaje de cobertura de la vegetación de los 42 levantamientos realizados en el bosque de *A. religiosa*

Levantamiento	Cobertura (%)	Levantamiento	Cobertura (%)
SIEC-6	90	SIEC-71	15
SIEC-9	75	SIEC-72	85
SIEC-10	75	SIEC-74	75
SIEC-11	80	SIEC-75	90
SIEC-13	50	SIEC-76	75
SIEC-17	90	SIEC-77	85
SIEC-24	60	SIEC-81	70
SIEC-25	40	SIEC-84	85
SIEC-26	40	SIEC-85	90
SIEC-32	75	SIEC-86	75
SIEC-34	85	SIEC-87	80
SIEC-39	60	SIEC-88	95
SIEC-40	90	SIEC-103	60
SIEC-41	95	SIEC-115	90
SIEC-58	85	SIEC-116	40
SIEC-59	80	SIEC-121	70
SIEC-60	85	SIEC-122	40
SIEC-63	85	SIEC-123	70
SIEC-64	95	SIEC-125	90
SIEC-68	95	SIEC-130	40
SIEC-69	95	SIEC-131	80

9.2 Coordenadas, almacén de carbono y riqueza de los 42 levantamientos realizados en el bosque de *A. religiosa*.

Levantamiento	Coordenadas W	Coordenadas N	Almacenamiento de carbono (total)	Almacenamiento de carbono (árboles vivos)	Riqueza
SIEC-6	448667	2162251	5.26	5.10	15
SIEC-9	451101	2159654	5.74	5.56	29
SIEC-10	450812	2160736	14.48	13.20	13
SIEC-11	451142	2160434	5.97	5.56	17
SIEC-13	458666	2154655	10.12	9.78	34
SIEC-17	452691	2158172	7.08	6.78	27
SIEC-24	445530	2161069	4.29	4.16	23
SIEC-25	449249	2162634	5.40	4.57	27
SIEC-26	451367	2163080	7.33	6.76	14
SIEC-32	450908	2155628	7.30	6.80	25
SIEC-34	451621	2159053	5.81	5.28	24
SIEC-39	453539	2158610	7.70	6.83	33
SIEC-40	453838	2159344	7.10	6.26	25
SIEC-41	455991	2159360	11.55	10.71	33
SIEC-58	454466	2158062	7.10	7.06	30
SIEC-59	454813	2157122	6.72	6.60	25
SIEC-60	454926	2156798	7.97	7.77	31
SIEC-63	449342	2161120	6.67	6.14	24
SIEC-64	450679	2161038	9.10	8.63	15
SIEC-68	447098	2166826	5.59	4.84	18
SIEC-69	447281	2167143	4.78	4.43	16
SIEC-71	449325	2167296	7.05	6.49	30

SIEC-72	450540	2166816	5.46	4.52	28
SIEC-74	451696	2159726	7.35	7.26	20
SIEC-75	452068	2160151	8.48	8.26	21
SIEC-76	452570	2160438	5.13	4.29	29
SIEC-77	453170	2160963	6.52	5.79	33
SIEC-81	454306	2158639	6.39	5.33	27
SIEC-84	447946	2164482	12.45	10.66	18
SIEC-85	448591	2163736	10.35	9.95	23
SIEC-86	452179	2160406	6.96	6.79	30
SIEC-87	452480	2160805	10.01	9.48	28
SIEC-88	453017	2161422	6.80	6.48	29
SIEC-103	456816	2157486	15.71	15.31	15
SIEC-115	449504	2162235	9.78	9.67	19
SIEC-116	451802	2162202	3.25	3.23	25
SIEC-121	452132	2158590	20.31	19.73	32
SIEC-122	452211	2159138	25.72	23.60	18
SIEC-123	447660	2163858	15.98	15.74	18
SIEC-125	452785	2159600	14.52	14.38	20
SIEC-130	450915	2164100	21.18	20.63	24
SIEC-131	450744	2164205	10.71	7.63	23

9.3 Formato del levantamiento

Levantamiento _____ Responsable _____ Fecha ___/___/2015

Ent. política _____ Localidad _____ Coordenadas _____ W _____ N Altitud _____ REL _____ GPS Orientación _____ (grados) Pendiente _____ (% o °) Tipo de pendiente: Recta-Cóncava-Convexa-Irregular Valle-Parteaguas-Ladera Superior-Media-Inferior-Pie de ladera		UBICACIÓN CÍRCULOS B _____, _____ (Coord) _____ (Alt.) _____ (Pend.) _____ (Orient) C _____, _____ (Coord) _____ (Alt.) _____ (Pend.) _____ (Orient)															
SUELO (función) Tipo de suelo _____ Profundidad _____ Color _____ Textura _____ Consistencia _____ Pedregosidad _____	EROSIÓN <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>NIVEL</th> <th>ÁREA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ninguna</td> <td>Nula 0</td> <td>< 25%</td> </tr> <tr> <td>Laminar</td> <td>Baja 1</td> <td>35-50%</td> </tr> <tr> <td>Lineal</td> <td>Media 2</td> <td>50-75%</td> </tr> <tr> <td>Cárcava</td> <td>Alta 3</td> <td>> 75%</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	NIVEL	ÁREA	Ninguna	Nula 0	< 25%	Laminar	Baja 1	35-50%	Lineal	Media 2	50-75%	Cárcava	Alta 3	> 75%	HISTORIA DEL SITIO Factores que influyen en la cantidad de biomasa _____ ___ Aprox.: Leña Madera Carbón Resina Otra _____
TIPO	NIVEL	ÁREA															
Ninguna	Nula 0	< 25%															
Laminar	Baja 1	35-50%															
Lineal	Media 2	50-75%															
Cárcava	Alta 3	> 75%															
COBERTURA (%) Vegetación _____ Suelo desnudo _____ Rocas _____ Hojarasca _____ Madera muerta _____ Edo. descomp: Temp-Avanz-Muy avanz	PERTURBACIÓN PECUARIA (Abundante) (Regular) (Escasa) (Nula) ¿Qué animales? _____ HUMANA (Abundante) (Regular) (Escasa) (Nula) Basura tipo y (% de cob.) _____ Rastros de incendio _____ Plagas: <u>muérdago, defoliador, descortezador, manchas en hojas por insectos, manchas en hojas por contaminación, otro,</u> <u>cuál?</u> _____ Spp. indicadoras de perturbación _____																
ESTRATOS DE VEGETACIÓN altura (prom.) % de cob. Rasante _____ Herbáceo _____ Gramíneas _____ Arbustivo _____ Arbóreo interior _____ Arbóreo dosel _____ Epífitas _____ Trepadoras _____ Briofitas _____ Helechos _____	MANEJO ((% de cob.) Tinajas ciegas _____ Brechas corta fuego _____ Cercas vivas _____ Otro _____																
REGENERACIÓN (patrones) Especies _____ Número _____ Tallas _____ Ubicación de mayoría _____ Vigor _____ Cobertura (%) _____	TURISMO (distancia y ubicación) Campamento _____ Área de recreo _____ Otro _____																
REFORESTACIÓN Especies _____ Número _____ Tallas _____ Vigor _____ Diseño ref. y distanciamiento _____ Cobertura (%) _____	CONECTIVIDAD Y FRAGMENTACIÓN Distancia a y tipo de caminos _____ Dist. a y tipo de claros sin bosque _____ Dist. a ríos o arroyos _____ Dist. a asentamientos humanos _____																
	CORROBORACIÓN MAPA DE VEGETACIÓN Tipo de vegetación: _____ Otra veg. o uso de suelo cercano: _____ Cobertura (%): Abierto (0-33)-Semiabierto (33-66)-Cerrado (66-100) Especies dominantes _____																
	Anotación o aclaración: _____																

9.4 Formato de las entrevistas



Encuesta de percepción sobre el uso y conservación de bienes y servicios en los bosques de la cuenca de la presa de Guadalupe, Estado de México



Fecha: _____ No. de cuestionario: _____ Encuestador _____

Información general del entrevistado

- Nombre _____
- Sexo M () F () Edad _____
- Escolaridad: Ninguna () Primaria () Secundaria () Preparatoria () Universidad () Otra () _____
- Ocupación _____
- Lugar de residencia. Originario del área: sí () no () ¿De dónde viene? _____
- Es miembro de una comunidad agraria (comunidad o ejido) sí () no () ¿Cuál? _____

Conocimiento y percepción sobre los bienes y servicios que proporcionan los bosques de la cuenca de Guadalupe

- ¿Sabe si se hace uso del bosque? Sí () no () ¿Cómo? _____
- ¿Quiénes utilizan el bosque? Comunidad () ejido () pobladores () visitantes () otros _____
- ¿Sabe qué actividades se realizan en este bosque y si están permitidas?

Actividad	Sí	No	Sí permitidas	No permitidas	No sabe
Campamentos					
Huertos					
Tala					
Recolección de plantas					
Cacería					
Pesca					
Ciclismo					
Caminatas					
Motociclismo					
Otra _____					
Otra _____					
Otra _____					

- ¿Usted obtiene algún beneficio del bosque? Sí () no () ¿Cuál? _____
- ¿Usted utiliza el bosque? Sí () no () ¿Para qué? _____
- ¿Utiliza plantas o árboles del bosque como medicina? Sí () no ()
¿Cuáles? _____
- ¿Utiliza plantas o árboles del bosque como alimento? Sí () no ()
¿Cuáles? _____
- ¿Utiliza plantas o árboles del bosque como leña? Sí () no ()
¿Cuáles? _____

9. ¿Utiliza plantas o árboles del bosque como material de construcción? Sí () no ()
¿Cuáles? _____
10. ¿Utiliza plantas o árboles del bosque como ornamentales o de adorno? Sí () no ()
¿Cuáles? _____
11. ¿Utiliza hongos del bosque? Sí () no () ¿Para qué? _____
¿Cuáles? _____
12. ¿Sabe si existe algún proyecto para el cuidado del bosque? Sí () no ()
¿Cuál? _____
13. ¿En qué estado de salud considera que se encuentra el bosque? Bueno () Malo () Regular ()
¿Por qué? _____
14. Considera que la calidad de la vegetación en los últimos años: aumentó () disminuyó () ¿Por
qué razones cree usted y desde hace cuántos años? _____
15. De los siguientes problemas que pueden existir en el bosque, ¿en qué cantidad cree que lo
estén afectando?

Problemática	Alta	Media	Baja	Nula	Problemática	Alta	Media	Baja	Nula
Contaminación del aire					Basura				
Plagas en los árboles					Ganado				
Tala					Asentamientos humanos				
Visitantes					Extracción de tierra negra				
Cacería					Cultivos				
Otra _____					Otra _____				

16. ¿Qué actividades se deberían realizar para la conservación de este bosque? Reforestación ()
recolección de basura () difusión de información () vigilancia () visitas guiadas () Otras

17. ¿Quiénes tendrían que estar a cargo de estas labores? Autoridades () pobladores ()
Comunidad () otros () _____
18. ¿Estaría dispuesto a realizar las actividades antes mencionadas? Sí () No ()
¿Por qué? _____
19. ¿Estaría dispuesto a aportar una cuota por seguir disfrutando de los beneficios del bosque? Sí ()
no () ¿Por qué? _____

Comentarios _____

¡Agradecemos mucho su tiempo y opiniones brindadas!