



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**"ALMACÉN DE CARBONO Y PERCEPCIÓN SOCIAL DE LAS
CONTRIBUCIONES DEL BOSQUE DE *PINUS HARTWEGII* EN EL
MUNICIPIO DE ISIDRO FABELA, ESTADO DE MÉXICO"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

LIZBETH VEGA CHÁVEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Enero, 2021.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PCARN

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**"ALMACÉN DE CARBONO Y PERCEPCIÓN SOCIAL DE LAS
CONTRIBUCIONES DEL BOSQUE DE *PINUS HARTWEGII* EN EL MUNICIPIO DE
ISIDRO FABELA, ESTADO DE MÉXICO"**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIAENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

LIZBETH VEGA CHÁVEZ

COMITÉ DE TUTORES:

DR. VICTOR DANIEL ÁVILA AKERBERG. TUTOR ACADÉMICO

DRA. CLARITA RODRIGUEZ SOTO. TUTORA ADJUNTA

DRA. IVONNE VIZCARRA BORDI. TUTORA ADJUNTA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Enero, 2021.

ÍNDICE	PÁG.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Características de <i>Pinus hartwegii</i>	3
2.2 Proceso de captura de carbono.....	4
III. PROBLEMÁTICA.....	5
IV. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
4.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	7
4.2 Aspectos socioeconómicos.....	8
4.3 Características físicas y ambientales.....	8
4.4 Tenencia de la tierra y aprovechamiento forestal.....	10
4.5 Pregunta de investigación.....	10
4.6. Justificación.....	10
V. OBJETIVOS.....	11
4.1 General.....	11
4.2 Específicos.....	11
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1 Técnicas de cálculo almacén de carbono.....	11
5.2 Técnica de reconocimiento de composición vegetal.....	13

5.3 Métodos sobre la percepción social.....	14
VII. RESULTADOS.....	17
7.1 Almacén de carbono.....	17
7.2 Composición vegetal.....	19
7.3 “Contribuciones del bosque desde la percepción de comuneras y comuneros en un área rural colindante a la zona Metropolitana de la Ciudad de México” <i>Artículo enviado</i>	22
VIII. DISCUSIÓN GENERAL.....	23
8.1 Almacén de carbono.....	23
8.2 Composición vegetal.....	26
IX. CONCLUSIONES.....	28
X. REFERENCIAS.....	29
XI. ANEXOS.....	37
11.1 Formato guía para entrevista semi estructurada.....	37
11.2 Formato de muestreo estructura para parcelas.....	39
11.3 Formato de muestreo para composición vegetal.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

Figura 1. Individuos de <i>Pinus hartwegii</i>	4
Figura 2. Mapa de la zona de estudio y sitios de muestreo.....	9
Figura 3. Diseño de parcelas de muestreo.....	14
Figura 4. Cantidad de individuos por categoría diamétrica.....	18
Figura 5. Carbono almacenado por parcela de muestreo.....	18

ÍNDICE DE CUADROS

PÁG.

Cuadro 1. Características sociodemográficas de comuneras y comuneros participantes.....	12
Cuadro 2. Clasificación de las contribuciones de la naturaleza a las personas y componentes para una buena calidad de vida.....	13
Cuadro 3. Especies de plantas registradas con I.V.I. calculado.....	19

RESUMEN

Los bosques templados son indispensables para mantener en buen estado los procesos biológicos de los ecosistemas, el bienestar y una buena calidad de vida. Al conservarlos, es posible obtener beneficios mediante sus contribuciones, como el almacén de carbono, la disponibilidad de agua e ingresos económicos. En este estudio se analizó el almacén de carbono y la percepción social de ésta y otras contribuciones del bosque de *Pinus hartwegii* para las y los comuneros de una zona rural. Se observó una cantidad de carbono almacenado por debajo de las cifras registradas para la misma especie en otros estudios, que muestra la problemática en el manejo forestal y la conservación del bosque y pone en riesgo su buen funcionamiento y estructura, que se reflejará en un futuro próximo a través de la pérdida de beneficios que brinda tanto a humanos como a animales y plantas, de forma directa e indirecta. También se observaron diferencias en la percepción de hombres y mujeres sobre las contribuciones del bosque, enfocadas en los intereses, el acceso y la participación de cada género en las decisiones para su manejo. Por lo cual es necesario incluir estas perspectivas dentro de la administración y el establecimiento de políticas que regulan el acceso y el funcionamiento del bosque de pino en esta comunidad, con la finalidad de mejorar las condiciones sociales, de participación igualitaria, acceso a incentivos económicos equitativos y que mantengan las contribuciones del bosque mediante el buen funcionamiento ecológico del ecosistema y el bienestar de las y los propietarios.

ABSTRACT

Temperate forests are essential to keep biological ecosystem processes in good conditions as well as well-being and a good quality of life. By conserving them, it is possible to obtain benefits through their contributions, such as carbon storage, water availability and economic income. This study analyzed carbon storage and social perception of this and other contributions from *Pinus hartwegii* forest to the community members in a rural area. The observed amount of carbon stored was lower than other studies registered for the same species, which reflects the problems in forest management and conservation, showing a struggle on structure and management of the forest, which will be reflected in the near future through the loss of benefits that this forest provides to humans, animals and plants, both directly and indirectly. Differences were also observed in the perception of men and women about forest contributions, focused on their interests, access and participation of each gender in decisions for forest management. It is necessary to include these perspectives within the administration and the establishment of

policies that regulate access and operation of pine forest in this community, in order to improve social conditions, equality in participation, access to equitable economic incentives and maintenance of forest contributions through the proper ecological functioning of the ecosystem and owners' well-being.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno natural promovido por factores antropogénicos como sobreexplotación de recursos naturales, contaminación atmosférica, quema de combustibles fósiles, cambio de uso de suelo, producción excesiva de basura y mal manejo de desechos, que han potenciado el calentamiento global. Estas actividades intensifican la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y el dióxido de carbono (CO₂). Este último, al acumularse en la atmósfera provoca cambios irreversibles en los procesos biogeoquímicos que ocurren de forma regular en el planeta, lo cual representa una problemática global que afecta directamente la dinámica, desarrollo y sobrevivencia de los ecosistemas y de sus componentes naturales (Song *et al.*, 2018).

México ocupa el decimotercer lugar en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y al mismo tiempo, debido a sus condiciones socioeconómicas, ha sido señalado como uno de los países más vulnerables al cambio climático, por lo cual se ha propuesto la meta de reducir la tendencia actual en emisiones de GEI en un 30% para 2030 (OCDE, 2013).

Existen procesos naturales que inciden directamente en el mantenimiento o regulación de los niveles de CO₂ en el ambiente, las plantas, por ejemplo, capturan energía lumínica que mediante reacciones químicas producen moléculas de agua y azúcares para crecer y generar nuevas estructuras, como hojas, ramas y raíces (Ordóñez y Masera, 2001; Brown, 2002). Particularmente, los ecosistemas forestales asimilan y almacenan grandes cantidades de carbono a lo largo de toda su vida y participan activamente en la regulación de GEI en la Tierra y como reservorios naturales de carbono.

Actualmente en México los bosques de coníferas son la vegetación representativa de las zonas templadas y específicamente, la familia Pinaceae posee aproximadamente el 50% del total de especies existentes de pino (Gernandt y Pérez-De La Rosa, 2014). En el Estado de México los bosques templados representan la superficie forestal de mayor extensión (48.2%), por lo cual se consideran como la principal vegetación proveedora de productos forestales maderables y no maderables (RAN, 2015). Además, estos ecosistemas son fundamentales para la existencia de interacciones entre procesos físicos y biológicos que promueven las condiciones adecuadas para que haya seres vivos en la Tierra y los ecosistemas funcionen, por

ejemplo, las cuencas hidrográficas boscosas proveen más del 75% del agua dulce accesible (MEA, 2005).

De los 2,233,479 de hectáreas que conforman el Estado de México, el 51% son propiedad de ejidos y comunidades asentadas en ellos (Morett-Sánchez y Cosío-Ruiz, 2017). De tal forma que dentro de gran parte del territorio mexiquense existen procesos socio ambientales que permiten a las comunidades aprovechar las características de cada paisaje para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales como parte de sus procesos de desarrollo y bienestar (Toledo y Barrera-Bassols, 2008).

El bienestar de la sociedad mediante la satisfacción de necesidades se denominó “bienes o servicios ecosistémicos” (SE; Bennett *et al.*, 2015); que de acuerdo a Costanza y colaboradores (2017) pueden clasificarse en: servicios de soporte (procesos ecológicos básicos que aseguran en funcionamiento adecuado de los ecosistemas, como la formación de suelo, el ciclo del agua, los ciclos de nutrientes o la fotosíntesis), de provisión (productos que se obtienen de los ecosistemas, como agua, alimentos, madera, leña, y medicinas naturales), regulación (mantienen estables los procesos, brindan protección contra huracanes, regulan la disponibilidad y filtración de agua, control de erosión, mantienen la calidad del aire, promueven la polinización y control del clima y la temperatura, control de plagas y enfermedades, descomposición de desechos, almacén y captura de carbono) y culturales (bienes que permiten actividades humanas de importancia cultural, como actividades recreativas, investigación científica, inspiración cultural y espiritual. Sin embargo, recientemente se introdujo un concepto complementario a los SE “Contribuciones de la Naturaleza hacia las personas” (CNP), que parte del reconocimiento del valor intrínseco de la biodiversidad y la naturaleza, abarca todas las contribuciones tanto positivas como negativas de la naturaleza (diversidad de organismos, ecosistemas), sus procesos evolutivos y ecológicos a la calidad de vida de las personas (mediante componentes materiales y no materiales que permiten el acceso a la comida, agua, educación, salud, buenas relaciones personales, seguridad, equidad, satisfacción espiritual; pero sobre todo, la libertad de decisión hacia todos los aspectos anteriores; Díaz, *et al.*, 2018). Además, reconoce el rol central que juega la cultura, el conocimiento indígena y local en la naturaleza (Christie, *et al.*, 2019).

Debido a las desigualdades sociales, socio-económicas, culturales, preferencias, necesidades, valores, distribución desigual de recursos y diferencias de género, como la

subvaloración del papel de la mujer en los procesos productivos y de conservación de los recursos naturales y de las NCP (Rocheleau y Edmunds, 1997; Lewark *et al.*, 2011) es posible que se comprometa la calidad de vida en las regiones rurales (MEA, 2005; Small, Munday y Durance, 2017). Por lo cual, resulta indispensable evaluar quién se beneficia de las NCP locales, la percepción sobre las mismas, qué acciones se llevan a cabo en el sitio para asegurar su permanencia y reconocer diferencias en la participación y percepción de acuerdo al género sobre las NCP.

Esta tesis está constituida en tres grandes secciones; la primera es una revisión de la literatura, donde se conceptualiza el objeto de estudio “Las contribuciones del bosque de *Pinus hartwegii*” se problematiza sobre ello y se presenta; en la segunda parte se aborda la importancia de incluir metodologías para la medición del almacén de carbono como una contribución del bosque para el bienestar de quienes interactúan con él, en este caso dirigida a comuneras y comuneros de Isidro Fabela; la tercera parte incluye los resultados de esta investigación seccionados en tres apartados: uno sobre captura de carbono, otro sobre la composición vegetal y uno más sobre la percepción social de las contribuciones del bosque. A partir de este último análisis se escribió un artículo que fue enviado a la revista “Caldasia”, por lo que no se incluye en el cuerpo del texto.

II. ANTECEDENTES

2.1 Características de *Pinus hartwegii*

Pinus hartwegii (Lindl.) (Figura 1), se encuentra en bosques de México y Guatemala; es la especie que constituye el límite altitudinal de la vegetación arbórea al ubicarse en las zonas más altas de las montañas desde los 2,300 a los 4,300 msnm (Gernandt y Pérez-De La Rosa, 2014). Se trata de un árbol de corteza agrietada de color rojizo pardo, que puede llegar a medir hasta 30 metros de altura; generalmente tiene de 3 a 5 acículas de tamaño promedio 8 cm. Presenta conos o estróbilos de color rojizo o negro con un tamaño de 8-12(-15) × 5-8 cm y semillas aladas de 5-6 mm de largo (Farjon *et al.*, 1997).

Es uno de los pinos mexicanos más adaptados al fuego y en ocasiones se benefician de éste, ya que el fuego permite que la semilla tenga contacto con el suelo mineral y así se reduce la competencia de otras plantas para que germinen las semillas, además, las cenizas producidas ofrecen nutrientes a las plántulas. Sin embargo, el fuego no representa un beneficio para la etapa

de plántulas y brinzales (Rodríguez y Fulé, 2003) y presenta características ideales (como anillos de crecimiento bien definidos y resistencia a condiciones climáticas extremas como temperaturas congelantes) para la medición de los niveles de almacenamiento y potencial de captura de carbono (Rzedowski, 2006; Villaseñor *et al.*, 2008; Villanueva-Díaz *et al.*, 2015).



Figura 1. Individuos de *Pinus hartwegii*

Fotografía: Lizbeth Vega Chávez

2.2 Proceso de captura de carbono

El carbono (C) es el elemento básico de los compuestos orgánicos. El ciclo del carbono se inicia en la atmósfera, donde las plantas terrestres toman el dióxido de carbono para realizar la fotosíntesis (mediante el proceso de fijación del carbono), así pasa a formar parte de los productores primarios que servirán a su vez de alimento a los consumidores secundarios. El carbono, tiende a ser atraído por átomos de oxígeno y al unirse a él se conforma el dióxido de

carbono (CO₂) o el monóxido de carbono (CO), que en altas concentraciones son considerados como contaminantes del aire y juegan un rol en el cambio climático. El dióxido de carbono atmosférico es incorporado a la vegetación mediante procesos metabólicos como la fotosíntesis, las células vegetales transforman el carbono del CO₂ en azúcares (carbohidratos y glucosa) que puede ser acumulada en las hojas, tallos, troncos, ramas y raíces para contribuir al crecimiento de la planta. Y el oxígeno es liberado nuevamente hacia la atmósfera como un producto de la fotosíntesis del cual los animales dependemos para la supervivencia. Durante este proceso en el que el carbono forma parte de alguna estructura vegetal y hasta que llega a formar parte del suelo o la atmósfera, se dice que está almacenado. Cuando el carbono se libera (por descomposición de la materia vegetal o la quema) este fluye y se incorpora nuevamente al ciclo del carbono (Ordoñez-Díaz, 2008).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) describió cinco almacenes de carbono para las comunidades vegetales: biomasa viva sobre el suelo, biomasa viva debajo del suelo, biomasa muerta sobre el suelo mantillo y suelo (IPCC, 2003).

III. PROBLEMÁTICA

A partir de la industrialización, las emisiones y acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera se han incrementado drásticamente, lo que a su vez ha acelerado las tendencias del cambio climático y sus efectos a los ecosistemas. Por este motivo, científicos de todo el mundo han alertado a los gobiernos sobre las consecuencias que tendría continuar con esos niveles de emisiones y en 1972 se llevó a cabo en Estocolmo la primera conferencia mundial sobre medio ambiente, donde se reconoció que la naturaleza no era inagotable y se debían establecer medidas para prevenir el deterioro ambiental; el siguiente esfuerzo realizado fue en el año 1992 “La Cumbre de Río” que planteó el desarrollo sostenible, como una estrategia para integrar el desarrollo económico y la protección ambiental, donde se establecieron veintisiete principios plasmados en la Agenda 21 (que consideraron cuatro dimensiones: sociales, de conservación y gestión de recursos, fortalecimiento del papel de los grupos sociales y medios para la puesta en práctica). En 1988 se creó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) con la finalidad de proporcionar información científica sobre el cambio climático que permitiera conocer la situación global periódicamente, los riesgos futuros y la formulación de políticas de adaptación y mitigación (IPCC). En 1997 el Protocolo de Kyoto buscó un acuerdo en el que los países industrializados redujeran sus emisiones de gases de efecto invernadero y se

contabilizara el carbono almacenado en bosques o tierras de cultivo. Sin embargo, este entró en vigor hasta 2005. Para 2002 se realizó la “Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible” en Johannesburgo, en la que nuevamente los países participantes se comprometieron a la práctica del desarrollo sostenible, pero sin señalar metodologías específicas (Eschenhagen, 2006). Posteriormente (año 2015) se firmó el Acuerdo de París en donde se pactaron compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como los objetivos del desarrollo sostenible de la agenda 2030, para desacelerar la tendencia del cambio climático (Ripple, *et al.*, 2017; Buotte *et al.*, 2020). Al respecto se reconoce al cambio de uso de suelo como uno de los principales factores que contribuyen con un cuarto del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (Le Quéré *et al.*, 2016). Estudios basados en datos satelitales, muestran una pérdida de vegetación arbórea en los trópicos, en sistemas áridos, semiáridos y templados (Song *et al.*, 2018). En México el panorama es desalentador, ya que los niveles de emisiones de GEI continúan incrementando, por lo cual se espera que la vegetación de bosques templados, particularmente de pinos, disminuya hasta en un 64% debido al aumento de la temperatura en 1.5°C y la reducción en la precipitación de hasta un 6.5% como resultado del cambio climático entre los años 2030-2050, podría extinguir al menos el 60% de las plantas herbáceas de ecosistemas templados. Lo cual cobra gran importancia al considerar que el 32% del país está cubierto por este tipo de vegetación, donde las tasas de deforestación anuales son de 32840 ha (CONAFOR, 2012; 2020). En este sentido, los modelos experimentales muestran como respuestas más probables por parte de las especies arbóreas la adaptación o migración a mayores altitudes (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007). Por esta razón se señala la necesidad de proteger los bosques primarios con el objetivo de potenciar la captura de carbono atmosférico mediante los sistemas naturales existentes y con ello mantener un equilibrio ambiental, biológico y sociocultural.

Se han elaborado estudios que cuantifican el almacenamiento de carbono en bosques, donde se demuestra la importancia de la vegetación para el almacenamiento, transformación y mitigación del CO₂ (Baccini *et al.*, 2012; Fahey *et al.*, 2010; Ordóñez y Masera, 2001; Rojas-García y Villers-Ruíz, 2008). Para bosques templados en México, se estima que el almacén de carbono promedio es de 41.3 MgC ha⁻¹ (Arasa-Gisbert *et al.*, 2018). Sin embargo, se ha demostrado que el almacén de carbono depende de cómo los bosques son afectados por diferentes formas de manejo, perturbación, edad y composición. Por ejemplo, en bosques de *Abies religiosa*, se han estimado almacenes de carbono de 91.22 MgC ha⁻¹ en la cuenca presa

de Guadalupe, Estado de México (García-Cepeda, 2015). En contraste, en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, se estimó un almacén de 138.69 MgC ha⁻¹ (Razo-Zárate, *et al.*, 2013). En bosques de *Pinus* spp. se ha estimado hasta un total de 179 MgC ha⁻¹ (Maser et al., 1997) mientras que en la cuenca del río Magdalena se estimaron almacenes de 40 MgC ha⁻¹ para la misma especie y 136 MgC ha⁻¹ para *P. hartwegii* (Ávila-akerberg, 2010) y de 100 MgC ha⁻¹ en La Malinche, Tlaxcala-Puebla (Rojas-García & Villers-Ruíz, 2008).

Dada la importancia de la vegetación en México y la tenencia de tierras, que en el Estado de México pertenecen en su mayoría (51%) a Ejidos y Comunidades, resulta también indispensable identificar la relación existente entre sociedad y naturaleza. Históricamente la titulación de tierras de uso forestal ha excluido la participación de las mujeres, lo cual tiene efectos negativos en el bienestar y la seguridad alimentaria de sus familias (Bose, 2011; Mukasa *et al.*, 2012). Estas diferencias de género derivadas de la interpretación social de la biología y las construcciones sociales de género, han regido las acciones de conservación y utilización de la naturaleza para la satisfacción de necesidades principalmente humanas (Briceño, Iniguez-Gallardo y Ravera, 2016). Es importante conocer la importancia forestal en términos de biodiversidad y contribuciones de la naturaleza a las personas así como los efectos futuros que podría tener el manejo actual para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación o adaptación ante los efectos del cambio climático, que a su vez promuevan el aprovechamiento y buen manejo de la biodiversidad y el desarrollo de las poblaciones humanas sin comprometer la existencia de los bosques y el bienestar de generaciones futuras (Mendoza-Ponce y Galicia, 2010).

IV. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

El municipio de Isidro Fabela se localiza al noreste del Estado de México. Forma parte del Eje Volcánico Transversal y colinda con los siguientes municipios: al norte Nicolás Romero; al este Nicolás Romero, Atizapán de Zaragoza y Jilotzingo; al sur Jilotzingo, Oztolotepec y Temoaya y al oeste Temoaya y Nicolás Romero (INEGI, 2009).

4.2 Aspectos socioeconómicos

Este municipio tiene una extensión de 8,002 hectáreas de uso predominantemente forestal (73.18%) seguido por el uso agrícola (10.77%; agricultura de temporal, principalmente maíz, avena forrajera y alfalfa), vialidades (5.70%), y, habitacional (1.30%). El resto son zonas de suelos erosionados de riesgo (debido al potencial cambio de uso de suelo para desarrollo urbano), cuerpos de agua y equipamiento (9.05%) (PMDU, 2005). Hasta el año 2015 la población total de Isidro Fabela era de 11,726 habitantes (50.5% mujeres y 49.4% hombres). De los cuales el 49% realizan alguna actividad económica (33.5% hombres y 15.5% mujeres). Las principales actividades económicas son el comercio y servicios dentro y fuera del municipio (40.3%; sector terciario), la industria manufacturera (8%) y actividades primarias como agricultura y cría de animales (1.2%). La población considerada como no económicamente activa corresponde al 50.9% restante (donde las personas dedicadas al hogar representan el 24.28%; estudiantes 17.66%; personas en otras actividades no económicas 6.26%; personas con alguna limitación física o mental que les impide trabajar 1.93% y jubilados o pensionados 0.8%; INEGI, 2015).

4.3 Características físicas y ambientales

La precipitación promedio del municipio va de los 800 a los 1,300 mm y el clima es semifrío subhúmedo con lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009).

Los Bienes Comunales Santiago Tlazala es un núcleo agrario que ocupa el 47.3% (con una superficie total de 3,785.82 ha) del territorio municipal, cuyos propietarios son 843 titulares (Gaceta de gobierno, 1995), de los cuales solamente 25 son mujeres.

Este núcleo agrario se encuentra en una zona montañosa con suelo de tipo Andosol, de clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano y cuentan con una extensión de 3,785 ha que está cubierta por bosque de pino, oyamel (2,855 ha; Figura 2; INEGI, 2009).

De acuerdo al programa de ordenamiento ecológico para el territorio del Estado de México y al sistema estatal de Áreas naturales protegidas, el predio se ubica dentro de una unidad de máxima fragilidad ambiental, en los parques estatales “Parque ecológico, turístico y recreativo Zempoala la Bufo, denominado Parque Otomí-Mexica” y “Santuario del agua y forestal subcuenca tributaria Río Mayorazgo, Temoaya”, donde se establece como prioridad promover la permanencia de ecosistemas nativos, que debido a sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad hacen imprescindible su preservación o cuidado extremo, con el

objeto de salvaguardar su biodiversidad y se estableció que el bosque necesitaba tratamiento silvícola bajo un manejo sustentable y en el cual está prohibido cazar y/o capturar cualquier especie de pez, anfibio, reptil ave o mamífero silvestre y se debe evitar la utilización de flora silvestre (CEPANAF, 1921; 2006). Dada su cercanía a las ciudades es una zona susceptible a presiones por incremento poblacional y potencial cambio de uso de suelo, así como modificaciones directas a la naturaleza , el paisaje que representa este territorio y la disponibilidad de otras contribuciones tan indispensables como el agua y el oxígeno, que para el caso del agua, la disminución o degradación del bosque de los BCST tendría efectos negativos difícilmente reversibles ya que es indispensable para la alimentación del río Lerma del cual dependen muchas especies para sobrevivir (Castillo-Oropeza & Ramos 2014; Fernández & de la Vega 2017).

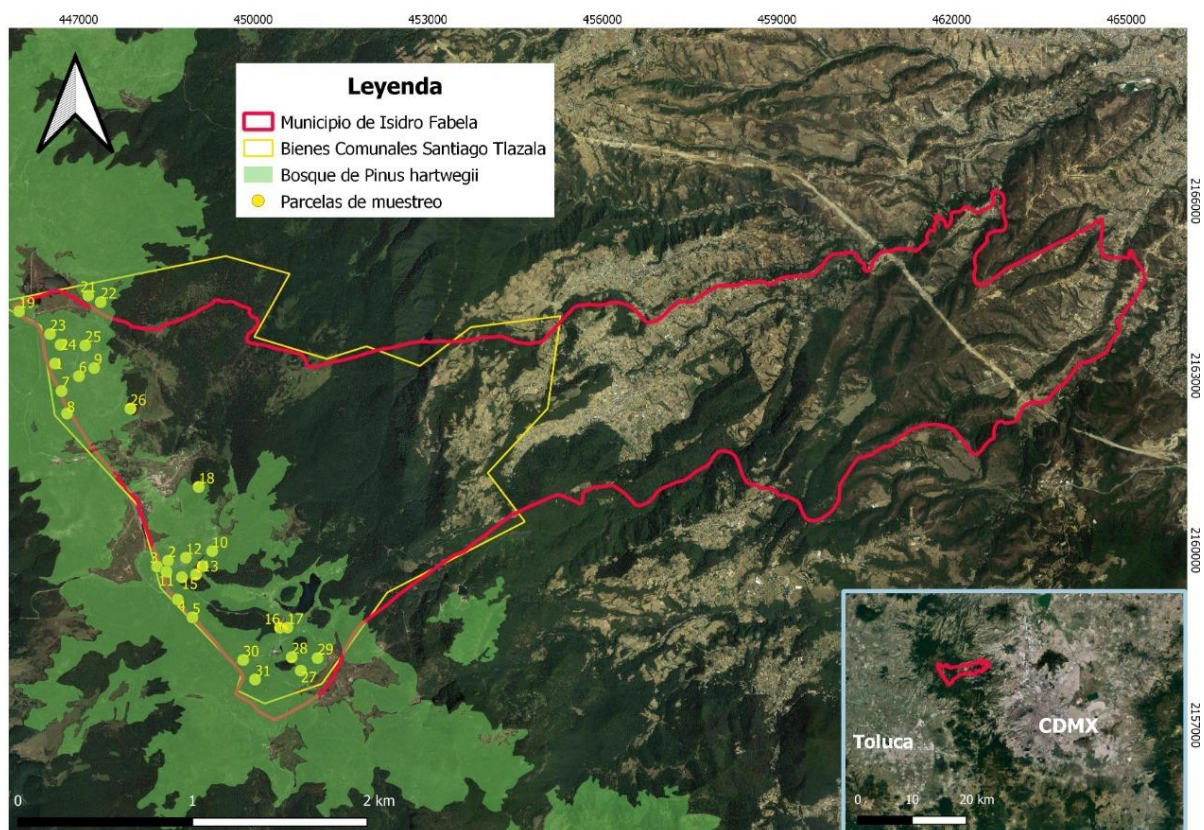


Figura 2. Mapa de la zona de estudio y sitios de muestreo. Elaboración: Víctor Ávila Akerberg (2020).

4.4 Tenencia de la tierra y aprovechamiento forestal

Los recursos forestales de la Comunidad actualmente son manejados bajo el permiso de aprovechamiento forestal anual (212H10000/009/2014-NA), vigente desde 2014 y hasta 2023. En él se establece la posibilidad de aprovechar un volumen de corta total de 101,763 m³ (durante los 10 años de vigencia del permiso) de las siguientes especies forestales maderables: pinos (*Pinus pseudostrobus*, *P. patula* y *P. hartwegii*) 32,515 m³, para oyamel (*Abies religiosa*) 65,194 m³; para encino (*Quercus laurina*) 2,670 m³ y para otras hojosas (*Alnus firmifolia*, *Arbutus xalapensis*, *Prunus serotina* y *Buddleja cordata*) 1,384 m³. El bosque se encuentra sujeto a un método de desarrollo silvícola para aprovechar estas especies, en el que un técnico forestal realiza el marcaje de árboles que cumplen las características para ser utilizados, como ser árboles viejos, deformes, bifurcados o plagados, también se cortan algunos con el objetivo de abrir claros para que la luz solar pase a través de las copas de los árboles, las semillas germinen y se desarrollen adecuadamente nuevos árboles (POE-EDOMEX 2014). Los árboles cortados se limpian mediante troceo y desrame para a continuación ser montados a los camiones que los trasladarán hacia las zonas de comercialización, generalmente en otros estados del país (Ramírez-Maldonado, 2017).

4.5. Pregunta de investigación

¿Qué importancia tiene el bosque de *P. hartwegii* en términos de almacén de carbono y otras contribuciones de la naturaleza a las personas de los Bienes comunales de Santiago Tlazala?

5.6 Justificación

El estudio del almacenamiento de carbono del bosque de *P. hartwegii* permite analizar la contribución de este tipo de bosque en la regulación de los niveles de CO₂ atmosféricos, en zonas manejadas por comunidades, que presentan presiones antrópicas por expansión de la mancha urbana y tala, que presentan problemáticas de deforestación y a su vez conocer las principales contribuciones del bosque permite identificar los intereses principales de la población e implementar o reforzar los lineamientos para el manejo sustentable de estos ecosistemas. La importancia de este tipo de estudios radica en la necesidad de incluir a las

poblaciones locales en la toma de decisiones para el uso y conservación de la naturaleza, conocer las necesidades y percepciones sociales para identificar alternativas que mejoren las condiciones de vida de las personas que habitan y poseen legalmente los bosques así como apoyar la conservación de los bosques y sus diferentes contribuciones. Al incluir el enfoque de género es posible contribuir en el planteamiento de estrategias que permeen en políticas públicas para la mitigación y/o adaptación de los efectos del cambio climático y la calidad de vida humana.

V. OBJETIVOS

5.1 General

Analizar el almacén de carbono y la percepción social de ésta y otras contribuciones del bosque de *Pinus hartwegii* hacia las personas en los Bienes Comunales de Santiago Tlazala, municipio de Isidro Fabela, Estado de México.

5.2 Específicos

- 1) Estimar los niveles de almacén de CO₂ en el bosque de *Pinus hartwegii* a través de ecuaciones alométricas.
- 2) Registrar la composición vegetal de las parcelas de bosque de *Pinus hartwegii*.
- 3) Identificar la percepción social sobre las CNP y su importancia diferenciada por género.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Técnicas de cálculo almacén de carbono

Mediante un muestreo aleatorio estratificado se ubicaron 30 parcelas circulares (la forma minimiza la probabilidad de ocurrencia de árboles en el límite, al tener un perímetro menor que en parcelas cuadradas) de radio 17.86 m, las cuales abarcan un área de 1,000 m² cada una (Figura 3), dentro ellas se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura e indicadores de perturbación de todos los individuos arbóreos con un diámetro mayor o igual a 5 cm y se registraron los árboles juveniles. El trabajo de campo se llevó a cabo del 14 de diciembre de 2018 al 5 de diciembre de 2019.

Para calcular la altura de los individuos arbóreos se utilizó un clinómetro Suunto, que se basa en la trigonometría para determinar el cateto opuesto de un triángulo rectángulo, donde el cateto opuesto es igual al cateto adyacente dividido entre la tangente del ángulo de la hipotenusa. En el caso de medición de árboles el cateto adyacente sería la distancia que existe desde la altura de la cabeza del observador (P) hasta el punto de medición; el ángulo (a) se obtiene con el clinómetro. Para obtener la altura total del árbol se debe agregar la altura (P) de la persona que realiza la medición (PMC, 2018).

$$h = 15m * \text{Tana} + P \quad h = 25m * \text{Tana} + P$$

Donde:

h = altura total

Tana = tangente de un ángulo

P = altura de la persona que realiza la medición

Para la obtención de los niveles de almacén y captura de CO₂ se realizó una estimación de la biomasa aérea forestal, para lo cual se requirió conocer el volumen del árbol y la densidad de la madera.

El volumen se calculó de acuerdo con la ecuación convencional propuesta por Grijpma (2001):

$$V = \left[\frac{DAP}{100} \right]^2 * (\pi/4) * (h) * (CM)$$

Donde:

V= volumen (m³)

DAP² = diámetro a la altura del pecho al cuadrado (m)

$\pi/4 = 0.7854$

h= altura del árbol (m)

CM= coeficiente mórfico forestal, el cual para *P. hartwegii* es de 0.5

Una vez obtenidos los estimadores mencionados anteriormente se procedió a calcular la biomasa de cada árbol en toneladas, de acuerdo con Brown y Lugo (1992), que se representa de la siguiente manera:

$$B=V*Db*FE$$

Donde:

B= biomasa ($t\ ha^{-1}$)

V= volumen (m^3)

Db= densidad básica de la madera ($t/m^3= 0.496$)

FE= factor de expansión de fustes. (1.3, de acuerdo con Cairns, *et al.*, 1997)

Para obtener un estimador del almacén de carbono en el bosque de *P. hartwegii* se analizaron los resultados obtenidos mediante los cálculos anteriormente mencionados. Después de calcular la biomasa por individuo, se calculó el producto de la biomasa con el factor de contenido de carbono, que resulta de la multiplicación de biomasa por el factor de expansión de fustes (Espinosa-Pérez, 2005); el cual muestra cuál es la cantidad de carbono almacenado en un árbol.

Finalmente, se obtuvo el contenido de carbono total en el sitio, mediante la extrapolación del resultado a una hectárea y su posterior multiplicación por la superficie total del bosque de *P. hartwegii* lo que resultó en la estimación de Megagramos totales de carbono contenido durante el tiempo de muestreo.

6.2 Técnica de reconocimiento de composición vegetal

Dentro de cada parcela se establecieron recuadros de 25 m por lado (Figura 3), para la caracterización de la vegetación menor (herbáceas y arbustos), mediante la metodología de Ávila-Akerberg (2010). Se registraron todas las especies de plantas según el tipo de estrato (herbáceo o arbustivo) a través de observación y utilización de literatura especializada, y para cada especie se identificó el porcentaje de cobertura en cada parcela muestreada.

Posteriormente se calculó el Índice de Valor de Importancia (I.V.I., parámetro que mide la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal). Para calcular el

I.V.I. se utilizaron los parámetros de dominancia (cobertura o área basal), densidad y frecuencia de acuerdo con la metodología de Mostacedo y Fredericksen (2000) y se transformaron en valores relativos. Es así, que la suma total de los valores para cada parámetro debe ser igual a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

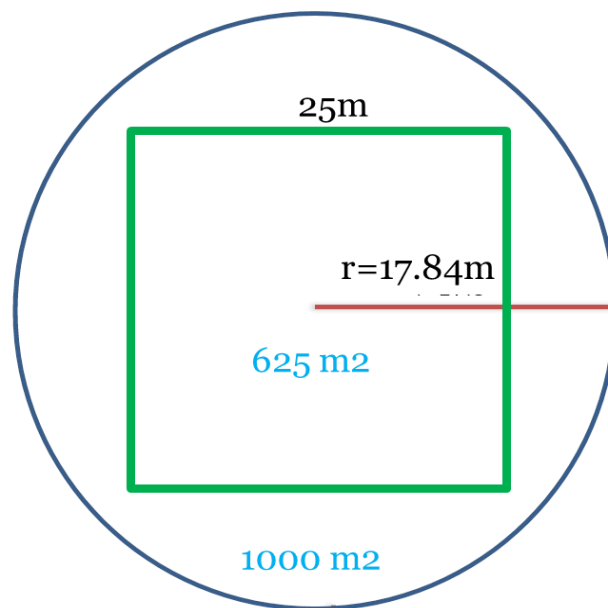


Figura 3. Diseño de parcelas de muestreo

Fuente: Elaboración propia

Al obtener los datos de I.V.I. se identificó a las especies de plantas de mayor importancia para el bosque de pino muestreado y se analizaron.

6.3 Métodos sobre la percepción social

Se realizó un estudio cualitativo mediante un muestreo no probabilístico intencionado que utilizó cuatro estrategias para la recopilación de información. Se localizaron comuneras y comuneros activos del núcleo agrario que accedieron a participar en la investigación. La información se obtuvo a partir de 35 entrevistas semiestructuradas (con una duración aproximada de 45 minutos cada una) a 13 mujeres en un rango de edad de 27 a 70 años (cuya principal actividad es el hogar) y 22 hombres entre los 30 y 75 años de edad (que se dedican principalmente al comercio y al aprovechamiento forestal o el campo; Tabla 1), el número de

entrevistas se definió de acuerdo al criterio de saturación teórica (Glaser y Strauss, 1967) y por el bajo número de comuneras con las que fue posible interactuar.

Cuadro 1. Características sociodemográficas de comuneras y comuneros participantes.

Categoría	Escolaridad				Rango de edad (años)			
	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Licenciatura	27-39	40-51	52-63	64-75
%Hombres (n=22)	63.6	18.2	13.6	4.5	9.1	22.7	36.3	31.8
%Mujeres (n=13)	15.4	46.1	23	15.4	15.4	38.4	38.4	7.7

Fuente: Elaboración propia, a partir de trabajo de campo.

La entrevista abarcó los siguientes puntos:

a) Significado del bosque. Para tener un primer acercamiento a la comunidad en varias pequeñas reuniones con las personas que aceptaron participar en la investigación, se preguntó a cada una: “¿qué significaba el bosque para ellas?” Se capturaron las respuestas para analizar textualmente las palabras que se repitieron más mediante la herramienta wordle (wordle.net). De esa manera se obtuvo una imagen en la que se representa el significado de bosque, donde las palabras con mayor tamaño fueron las respuestas más frecuentes. En este análisis no se diferenciaron las respuestas entre comuneros y comuneras ya que muchas, aunque debían mencionarse individualmente, se parecían entre ellas al estar juntas las personas en las primeras reuniones.

b) Percepción de las contribuciones del bosque. Se indagó también sobre los principales beneficios del bosque que reconocen comuneras y comuneros. Las respuestas se agruparon de acuerdo con la clasificación de las CNP en ocho categorías que se muestran a continuación (Tabla 2) y se diferenciaron por género. Se solicitó a las y los entrevistados que indicaran el nivel de importancia de cada respuesta en una escala de 1 a 5, donde 5= alta, 4= media, 3= baja, 2= sin importancia y 1= desconoce la importancia. Con lo anterior, se obtuvo la ponderación promedio, ya que en algunas de las categorías hay más de una respuesta aplicable para cada CNP, posteriormente se analizaron los resultados mediante estadística descriptiva.

Cuadro 2. Clasificación de las contribuciones de la naturaleza a las personas y componentes para una buena calidad de vida.

CLASIFICACIÓN DE LAS CNP	CNP CONSIDERADAS EN LA ENTREVISTA	COMPONENTES DE UNA BUENA CALIDAD DE VIDA
Polinización Formación de suelos Comida y alimentación	Retención de suelo Provisión de alimentos Musgo	Acceso a la comida
Regulación de la cantidad de agua dulce y su ubicación Regulación de la calidad de agua dulce	Provisión de agua	Agua
Mantenimiento del hábitat Regulación de la calidad del aire Regulación del clima Recursos medicinales Regulación de organismos perjudiciales para los humanos	Hogar para plantas y animales Aire limpio Captura de carbono Regulación del clima Provisión de plantas medicinales	Salud
Aprendizaje e inspiración	Investigación Belleza del paisaje	Educación
Experiencias físicas y psicológicas		Buenas relaciones personales
Regulación de riesgos Materiales y asistencia	Retención de suelo Provisión de leña Provisión de madera Fuente de ingresos o trabajo	Seguridad, equidad
Apoyo a las identidades	Materiales para artesanías Plantas ornamentales	Satisfacción espiritual y apoyo a las identidades
Mantenimiento de opciones		Libertad de decisión

Fuente: Elaboración propia y modificada a partir de Díaz (2018).

c) Impulsores antropogénicos de cambio en las CNP. Se identificaron las respuestas más recurrentes respecto a los factores de origen humano que afectan al bosque y comprometen la disponibilidad de sus contribuciones.

d) Propuestas de comuneras y comuneros para asegurar la disponibilidad futura de las CNP. Para esta sección se les preguntó a las y los participantes ¿qué acciones consideraban necesarias para gozar de los beneficios que les provee el bosque en un futuro? Se identificaron las propuestas más recurrentes y se ordenaron de acuerdo con la frecuencia y al género.

Se cuenta con los consentimientos informados de todas y todos los participantes en el estudio. Cabe precisar que las narrativas de las y los entrevistados que se muestran en el análisis de resultados han sido referidos con nombres diferentes a sus nombres reales para respetar el anonimato (el formato guía utilizado para las entrevistas se puede consultar en el Anexo 1).

Ya que los miembros de la comunidad son los propietarios, los principales usuarios de los recursos y quienes brindaron la información recabada, se pretende hacerles llegar los resultados que se obtengan a partir de este estudio, esto con la finalidad de documentar el conocimiento local y tomarlo en cuenta para el aprovechamiento sustentable del bosque a largo plazo.

VII. RESULTADOS

7.1 Almacén de carbono

En las 31 parcelas muestreadas (1,000 m² c/u), se registró un total de 4,470 individuos, cuyos rangos de diámetros a la altura del pecho van de 5 a 81.9 cm, con un promedio de 13.07 cm de diámetro. La mayoría de los individuos muestreados se encuentran en la categoría diamétrica de 5-10 cm, la cantidad de individuos disminuye conforme incrementa el tamaño del diámetro; que gráficamente se observa en la típica distribución de “J invertida” (Figura 4), donde los árboles más grandes son menos frecuentes en el bosque de *P. hartwegii*.

Es importante señalar también que en la mayoría de las parcelas muestreadas se encontró perturbación pecuaria (principalmente excremento vacuno) y en ocasiones humana (basura plástica e indicios de tala mayormente ilegal).

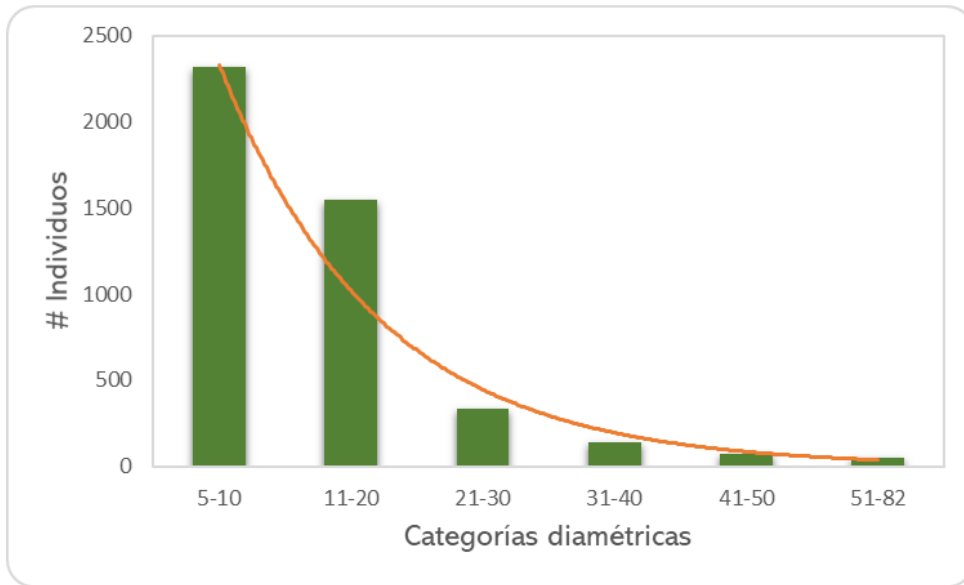


Figura 4. Cantidad de individuos por categoría diamétrica.

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de campo.

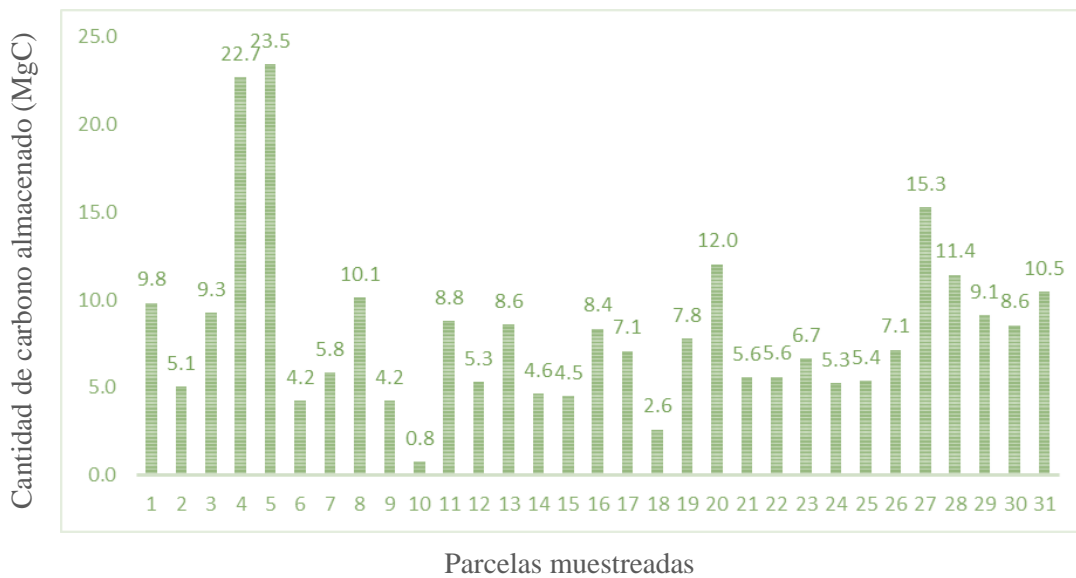


Figura 5. Carbono almacenado por parcela de muestreo.

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de campo.

Dentro de los cálculos para la biomasa aérea se consideraron los tocones y árboles muertos en pie. Esto dio como resultado un total de 255.8 MgC almacenado en los 31 rodales muestreados (31,000 m²). Lo cual corresponde a 82.51 MgC h⁻¹ y 8.2 MgC promedio por sitio.

De acuerdo con los muestreos realizados se encontró una mayor cantidad de carbono almacenado en los sitios 4 y 5, mientras que en los otros sitios la cantidad de carbono es mucho menor, de los 0.77 a los 15.3 MgC (Figura 5).

7.2 Composición vegetal

La comunidad vegetal del sotobosque de *P. hartwegii* está compuesta por 49 plantas diferentes registradas para este estudio (Cuadro 3). Las parcelas muestreadas no presentaron plagas por muérdago, a excepción de un sitio muy cercano a la carretera, donde la presencia fue muy baja (1%).

De acuerdo con el I.V.I. las plantas más importantes para este bosque fueron *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens* y *Baccharis conferta*, con un I.V.I. de 30.79, 21.66 y 18.82 respectivamente, mientras que las de menor importancia correspondieron a *Brachypodium mexicanum*, *Echeveria* sp., *Plecosorus speciosissimus* y *Penstemon campanulatus* cuyos valores de I.V.I. corresponden a 1.28 para cada especie.

Cuadro 3. Especies de plantas registradas con I.V.I. calculado.

ESPECIE	I.V.I.	CATEGORÍA NOM-059- SEMARNAT
<i>Abies religiosa</i>	5.43	
<i>Acaena elongata</i>	30.79	
<i>Ageratina glabrata</i>	1.56	
<i>Alchemilla procumbens</i>	21.66	
<i>Alchemilla vulcanica</i>	1.94	
<i>Arceuthobium globosum</i>	3.56	
<i>Baccharis conferta</i>	18.82	
<i>Brachypodium mexicanum</i>	1.28	

<i>Calamagrostis tolucensis</i>	14.98	
<i>Cirsium ehrebergii</i>	3.43	
<i>Cirsium jorullense</i> spp. <i>jorullense</i>	2.39	
<i>Comarostaphylis discolor</i>	2.70	A
<i>Commelina orchioides</i>	2.67	
<i>Daucus</i> sp.	5.46	
<i>Draba nivicola</i>	5.63	
<i>Echeveria secunda</i>	1.28	
<i>Erigeron galeottii</i>	4.64	
<i>Eryngium bonplandii</i>	1.84	
<i>Eryngium proteiflorum</i>	1.84	
<i>Festuca tolucensis</i>	16.14	
<i>Gamochaeta americana</i>	1.84	
<i>Geranium potentillifolium</i>	1.84	
<i>Geranium seemanii</i>	2.11	
<i>Gnaphalium</i> sp.	1.84	
<i>Juniperus</i> sp.	4.24	Pr (<i>J. sabinoides</i> y <i>J. californica</i>)
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	12.98	
<i>Oenothera purpusii</i>	2.95	
<i>Oxalis alpina</i>	4.06	
<i>Penstemon campanulatus</i>	1.28	
<i>Penstemon gentianoides</i>	6.63	
<i>Penstemon roseus</i>	2.97	
<i>Plecosorus speciosissimus</i>	1.28	
<i>Poa</i> sp.	2.73	
<i>Potentilla candicans</i>	1.56	

<i>Potentilla rubra</i>	3.51
<i>Ranunculus donianus</i>	3.79
<i>Roldana angulifolia</i>	5.11
<i>Roldana platanifolia</i>	1.56
<i>Roldana barba-johannis</i>	5.10
<i>Salix paradoxa</i>	1.84
<i>Senecio cinerarioides</i>	3.82
<i>Stevia incognita</i>	1.56
<i>Taraxacum officinale</i>	1.28
<i>Trisetum altijugum</i>	2.17
<i>Thuidium delicatulum</i>	3.23
<i>Vaccinium caespitosum</i>	5.33
<i>Viola humil</i>	6.29
<i>Viola painteri</i>	1.56
Otras especies de musgo no identificadas	6.53
TOTAL	249.00

Fuente: Elaboración propia, a partir de trabajo de campo.

7.3 “Contribuciones del bosque desde la percepción de comuneras y comuneros en un área rural colindante a la zona Metropolitana de la Ciudad de México” *Artículo enviado.*

Instituto de Ciencias Naturales
Facultad de Ciencias
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Bogotá, 15 de julio de 2020

[B.RC-171-2020]

Estimados autores:

LIZBETH VEGA-CHÁVEZ

VÍCTOR DANIEL ÁVILA-ÅKERBERG

CLARITA RODRÍGUEZ-SOTO

IVONNE VIZCARRA-BORDI

Reciban un cordial saludo. Gracias por considerar nuestra revista. Con la presente, acuso recibo de su contribución titulada "**Contribuciones del bosque desde la percepción de comuneras y comuneros en un área rural colindante a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México**"

CODIGO: **88616**

Para futura correspondencia por favor refiéranse al código asignado a su trabajo, de esta manera agilizará sensiblemente nuestra labor editorial y el tiempo de evaluación y publicación.

Enviaremos su trabajo a evaluación lo más pronto posible y en cuanto tengamos noticias les haremos saber.

Cordialmente,

CARLOS E. SARMIENTO Ph.D.

Editor

Revista Caldasia

2
AÑOS
0
Bicentenario

[Página 1 de 1]
Elaboró: Yisela Figueroa C.

Revista CALDASIA
Av. Carrera 30 # 45-03 - Ciudad Universitaria
Edificio 425, ICN
(+57 1) 3165305 - (+57 1) 3165000 EXT: 11504
Bogotá, D. C., Colombia
revcaldas_bog@unal.edu.co
www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal

*Proyecto
cultural y colectivo
de nación*

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Almacén de carbono

El carbono almacenado en el bosque de *P. hartwegii* de los BCST ($82.51 \text{ MgC ha}^{-1}$) muestra que esta zona se encuentra por debajo de otras estimaciones realizadas en bosques de la misma especie que no han sido manejados (136 MgC ha^{-1} , 107 Mg C ha^{-1} y 100 MgC ha^{-1} 94.2 MgC ha^{-1}) en zonas cercanas similares, como en la cuenca del río Magdalena, La Malinche, Tlaxcala-Puebla y en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), respectivamente (Rojas-García y Villers-Ruíz, 2008; Ávila-Akerberg, 2010; Galeana-Pizaña, 2013; Regil-García *et al.*, 2020). Incluso al comparar entre áreas naturales protegidas como el Parque Nacional Izta-Popo ($113.16 \text{ MgC ha}^{-1}$; Ordóñez, 2011) y el Parque Nacional Perote, donde los niveles de almacén llegan a los $146.3 \text{ MgC ha}^{-1}$ (Mendoza y Galicia, 2010) los niveles de almacenamiento en la zona de estudio son menores.

Al analizar bosques bajo manejo forestal, como en Michoacán se ha cuantificado un contenido de $129.1 \text{ MgC ha}^{-1}$ (Ordóñez-Díaz *et al.*, 2015). Sin embargo, en otras zonas se han reportado cifras menores de carbono almacenado para bosques de la misma especie, por ejemplo, en la Malinche, Tlaxcala 75.3 MgC ha^{-1} y el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) 73.1 MgC ha^{-1} (Rojas *et al.*, 2011). Recientemente, se ha registrado un promedio de $18.69 \text{ MgC ha}^{-1}$ para *P. hartwegii* en el APFFNT y un total de 129.51 MgC , lo que resulta relevante al ser una zona cercana a los BCST, y donde se han identificado presiones antrópicas como cambio de uso de suelo para agricultura y tala ilegal (Rojas-García *et al.*, 2019), que ha tenido efectos en la cobertura forestal resultado del fácil acceso que se tiene al bosque y prácticas de tala ilegal. Esto se observa en el almacenamiento de carbono por parte de este tipo de vegetación, específicamente en el APFFNT se ha cuantificado una pérdida de contenido de carbono de 25 a 50 MgC ha^{-1} en los últimos 10 años (Regil-García, *et al.*, 2020). En los BCST el panorama es similar, ya que también ha disminuido el contenido de carbono ($17.49 \text{ MgC ha}^{-1}$) de acuerdo con lo reportado en 2010 por Ávila-Akerberg en comparación con los resultados obtenidos en este estudio, es posible justificar dicha cantidad al hecho de que este bosque se encuentre bajo un plan de manejo en su séptima anualidad de aprovechamiento y a la tala clandestina existente, que compromete el bienestar del bosque de *P. hartwegii*, ya que se conocen las problemáticas por la existencia de prácticas ilegales. Que las y los comuneros han expresado en las entrevistas y que consideran como factores indispensables a

controlar para el buen manejo del bosque. Por tal motivo, es necesario reforzar la vigilancia y contar con mejores medidas que impidan la tala clandestina y aseguren que el programa de manejo forestal sea cumplido adecuadamente. Entre las principales sugerencias de comuneras y comuneros se mencionó reforzar la vigilancia, que se cumplan las normas y se sancione a quien las incumpla.

En algunas zonas del centro de México, los bosques que más tienden a ser perturbados son los de *Pinus* debido a la importancia de su madera, resinas, postes, acículas, conos y semillas, que se utilizan para fabricar celulosa, papel o sus derivados, muebles, construir casas, cajas, marcos, instrumentos musicales, artesanías o como combustible (Endara, 2007; SEMARNAT, 2016), lo cual coloca al bosque de los BCST bajo mayor susceptibilidad, al ser una zona de fácil acceso, cercana a dos ciudades, con individuos arbóreos económicamente valorados y con una gestión que hasta la fecha no ha podido llegar a controlar los eventos de tala ilegal a pesar de que en los últimos años se han llevado a cabo algunas detenciones dentro del municipio donde se confiscaron camiones cargados con troncos de procedencia ilegal. En este estudio se registró perturbación pecuaria (por el ganado que se deja pastorear libremente) y humana (basura y tala), que afecta al ecosistema y modifica las condiciones naturales para otros seres vivos, contamina el agua y la vegetación de la zona. A su vez, estas problemáticas han sido reconocidas por las y los comuneros, que han señalado la importancia del mantenimiento del bosque para seguir gozando de sus beneficios, pero especialmente las comuneras reconocieron efectos directos en la tala o mal manejo del bosque con la pérdida o disminución de agua.

De acuerdo con el muestreo realizado en este estudio, el bosque de pino de los BCST no tiene plaga de muérdago ni escarabajos (al menos en la mayoría de las parcelas muestreadas 90%). Sin embargo, a pesar de que en este estudio no se encontró perturbación por plagas es importante considerar que la tala excesiva ilegal y el pastoreo libre puede tener como consecuencia un incremento en la temperatura y generar las condiciones óptimas para que organismos dañinos proliferen, ya que se sabe que las plagas de algunas plantas parásitas como muérdago se ven favorecidas por incendios forestales y aumentos de temperatura y se dispersan rápidamente (Marín-Muñiz, *et al.*, 2016), lo cual podría afectar gravemente la ecología y la economía de las y los comuneros, porque al parasitar los pinos si no se controla la plaga, esta mata a los individuos arbóreos.

Algunos estudios demuestran que el manejo forestal y la inclusión de mujeres en el mismo puede tener efectos positivos en el almacenamiento de carbono a largo plazo, siempre que la tasa de regeneración sea adecuada. Sin embargo, esto puede llegar a comprometer la diversidad vegetal y la regulación de flujos hídricos, ya que el almacenamiento de carbono no es la única contribución que se obtiene de los bosques (Monárrez-González, *et al.*, 2018). Y se ha destacado la importancia de considerar otras contribuciones como la provisión de agua como la base para el establecimiento de políticas y normas que regulen el manejo de los bosques debido a la relevancia de estos en los ciclos hidrológicos y la dependencia humana y de otros seres vivos al agua (Ellison, 2017).

Por otro lado, resulta indispensable señalar el potencial de los bosques de pino para la implementación de programas de pago por servicios ambientales, que podría ser tanto una fuente de ingresos económicos para las y los comuneros de los BCST como una estrategia que contribuya a la conservación de la naturaleza y sus diversas contribuciones. Al respecto, el INECC ha estimado una valoración económica de \$144.59 por cada tonelada (Mg) de CO₂ almacenada en el bosque (INECC, 2015). De igual manera para el pago por servicios ambientales hidrológicos en el Estado de México la remuneración económica corresponde a \$1,500 por cada hectárea (PROBOSQUE, 2020). Otro programa que significaría un incentivo para las y los dueños de bosques es “Sembrando Vida”, que, si bien aún no ha llegado al Estado de México, de ser compatible con el aprovechamiento forestal y la zona podría ser positivo para el mantenimiento de todas las categorías de las CNP.

Una de las problemáticas en las zonas forestales es la remuneración económica por la venta de madera en rollo, que tiende a ser baja, sumado a que en este bosque se comercializa la madera sin ningún tratamiento o transformación, lo que se traduce en pocos ingresos a las familias de comuneras y comuneros. Se estima que el valor de la madera transformada incrementa en hasta un 23% en estos bosques de México y resulta en una práctica más redituable. Sin embargo, a pesar de que existe un aserradero en el municipio éste no se encuentra en uso y los comuneros están perdiendo ganancias potenciales que a su vez deben considerar la capacitación del personal e inversión para la modernización de la industria maderera, que a largo plazo se traduce en mayores ganancias (Moctezuma y Flores, 2020). Al respecto, comuneras y comuneros han mencionado la necesidad de reactivar el aserradero, pero muy poco compromiso por parte de quienes han laborado en él anteriormente.

Los sitios donde se registraron cantidades de carbono menores son parcelas donde existía una mayor cantidad de individuos jóvenes de diámetros pequeños (5-7 cm), lo que indica que estos tienen potencial para almacenar carbono en los próximos años. Esto podría ser un efecto del aprovechamiento forestal que se realiza, ya que una de las principales justificaciones es la corta de árboles de diámetros mayores (o más longevos) para permitir la entrada de luz desde el dosel y promover el crecimiento de árboles más pequeños. Sin embargo, en estas zonas existían muy pocos individuos de diámetros grandes (3 individuos en promedio) y dentro del programa de manejo se establece que “deben existir individuos heterogéneos” es decir, es importante que existan distintos estratos dentro de las parcelas para que exista sucesión y al aprovechar algunos árboles el ecosistema no cambie, no crezcan todos los árboles y sea posible la regeneración. Los árboles muestreados de diámetros pequeños (dato que se refleja en los bajos niveles de carbono almacenado) en las parcelas 10 y 18 (Figura 5), si bien serán capaces de almacenar carbono en el futuro, competirán por los recursos al ser individuos del mismo tamaño en crecimiento, que constituirán un bosque denso, con poca entrada de luz solar y de algún momento probablemente obstaculizarán el establecimiento de nuevas plántulas. Y al respecto de los árboles de diámetros grandes, estos forman parte fundamental de la composición vegetal y al cortarlos todos, se ven afectadas especies animales, vegetales y hongos que cohabitan el bosque y que también tienen una importancia cultural, ecológica y económica, que comuneros y comuneras valoran, pero que hace notar la influencia de la asignación cultural de roles de género y la división sexual del trabajo para la valoración de recursos naturales. Por tal motivo es fundamental la inspección frecuente y regulada del aprovechamiento forestal, que permita obtener los mayores beneficios en todos los aspectos mencionados y a su vez incorpore o haga partícipes a las mujeres dentro del aprovechamiento forestal.

8.2 Composición vegetal

En el bosque de los BCST se registraron un total de 49 especies en el estrato herbáceo y arbustivo. En otros bosques de *P. hartwegii* se han encontrado pocas especies en el sotobosque (17), donde las más abundantes fueron *Deyeuxia toluensis*, *Festuca toluensis*, *Roldana angulifolia* y *Alchemilla procumbens*, especies relacionadas con la perturbación de los ecosistemas forestales (Medina-García, *et al.*, 2020). Sin embargo, en estudios realizados en la cuenca presa de Guadalupe se reportaron 122 especies herbáceas y arbustivas, resultado que cobra relevancia, ya que los BCST se encuentran dentro de dicha cuenca. Una de las especies registrada y con mayor I.V.I. fue *Acaena elongata*, una especie indicadora de perturbación por

incendios, explotación forestal o introducción de ganado (Islas *et al.*, 2012; Varo-Rodríguez, 2018).

Las especies vegetales de zonas montañosas usualmente resisten condiciones adversas como temperaturas bajas, suelos pobres en nutrientes y cambios de temperatura; algunas de ellas pueden llegar a tomar ventaja de los cambios ambientales y desplazar a otras especies menos resistentes, por lo que conservar la diversidad vegetal de los bosques templados es fundamental para el buen funcionamiento de estos ecosistemas, ya que las plantas que conforman las comunidades permiten generar las condiciones de vida de los bosques, al ser partícipes en la formación de suelo, fijación y disponibilidad de nutrientes que otras plantas y animales utilizarán a lo largo de su ciclo biológico. En los BCST existen especies de plantas predominantes como *Acaena elongata* y *Alchemilla procumbens*, especies nativas con ventajas adaptativas, como la fácil dispersión y establecimiento de sus semillas, y que se han catalogado como indicadoras de actividades antrópicas que en ocasiones desplazan otras especies. Dado que estas especies mostraron el I.V.I. más alto, es importante regular su proliferación, ya que estos datos denotan deterioro del ecosistema forestal relacionado con la perturbación del bosque y la apertura de claros resultado de aprovechamiento forestal o de tala ilegal, al igual que se ha registrado en otros estudios (Islas *et al.*, 2012; Ramos, *et al.*, 2018; Varo-Rodríguez, 2018; Medina-García, *et al.*, 2020). *Baccharis conferta* es también una especie que tiende a establecerse en áreas deforestadas, orillas de caminos y claros (Rzedowski, 2005). Si bien, es una especie típica de bosques templados del Estado de México, el que su I.V.I. sea alto es también un indicativo de su abundancia en la zona y debería ser tomado en cuenta para las decisiones futuras respecto al estado de conservación de la vegetación en la zona y de sus diversas contribuciones.

IX. CONCLUSIONES

En este estudio se estimaron los niveles de almacenamiento de CO₂ de *P. hartwegii* en los BCST y con base en ello, es posible afirmar que las condiciones del bosque a lo largo de los siete años que van desde que se aprobó el manejo forestal la vegetación se mantiene, pero el almacén de carbono estimado en este estudio está por debajo de los parámetros registrados en otros bosques de México, debido a perturbaciones antrópicas que lo han afectado. Esto hace que sea indispensable regular las actividades forestales y erradicar las prácticas de tala ilegal, ya que estas comprometen seriamente el buen funcionamiento y la estructura del bosque, lo cual se

reflejará en años próximos y en la pérdida de beneficios que brinda el bosque tanto a humanos como a animales y plantas. Además, denota la importancia de realizar muestreos a lo largo del tiempo como una verificación del aprovechamiento forestal y las buenas prácticas.

La composición vegetal en el bosque de *P. hartwegii* permitió identificar la diversidad de plantas existente los BCST, e incluso señaló la existencia de especies indicadoras de perturbación antrópica, que deben ser monitoreadas y cuando sea pertinente controladas, ya que al desplazar a otras especies vegetales se pierde diversidad biológica y los ecosistemas se vuelven más vulnerables a plagas o eventos ambientales adversos. Por lo que, si bien no se identificaron efectos graves en el bosque, es indispensable tomar acciones para su conservación.

Dentro del grupo de comuneras y comuneros entrevistados, se identificaron diferentes percepciones, de acuerdo con el género, lo cual responde a la división sexual del trabajo y construcciones sociales que restringen la participación de las mujeres en temas forestales y generan condiciones de desigualdad que deben ser subsanadas con el fin de tener acceso a las mismas oportunidades entre comuneras y comuneros, mejorar las relaciones interpersonales y mantener el bosque en condiciones óptimas, que permitan el bienestar y mantenimiento de las CNP.

Las opiniones de las poblaciones locales deben ser tomadas en cuenta en la implementación de políticas públicas, ya que las sociedades rurales hacen uso directo de los recursos naturales que les provee el bosque y tienen incidencia directa en los ecosistemas, tanto para la explotación como para la conservación de recursos. Y debido a las condiciones desiguales entre géneros, resulta indispensable conocer las condiciones particulares de los grupos que manejan los recursos para comprender el comportamiento y las necesidades de las personas con el fin de propiciar las condiciones necesarias para mejorar el manejo del bosque y la calidad de vida.

Específicamente la participación de las mujeres dentro del manejo forestal puede representar grandes beneficios para el cuidado y conservación del bosque, al ampliar la perspectiva de valoración de la naturaleza y procurar el bienestar colectivo dentro de los bienes comunales.

Los resultados de esta investigación serán de utilidad para acercar las preferencias y percepciones sociales a los tomadores de decisiones y así generar políticas dirigidas al manejo

del bosque y promover acciones basadas en la equidad de género que permitan el acceso justo al manejo de los recursos a hombres y a mujeres en condiciones óptimas.

X. REFERENCIAS

- Arasa-Gisbert, R., Vayreda, J., Román-Cuesta, R. M., Villela, S. A., Mayorga, R. & Retana, J. (2018). Forest diversity plays a key role in determining the stand carbon stocks of Mexican forests. *Forest Ecology and Management*, 415(416), 160-171.
- Ávila-Akerberg V. (2010). *Forest quality in the southwest of Mexico City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services*. Alemania: Culterra.
- Baccini, A., Goetz, S. J., Walker, W. S., Laporte, N. T., Sun, M., Sulla-Menashe, D. & Houghton, R. A. (2012). Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change*, 2(3), 182–185.
- Balvanera, P., Cotler, H., Aburto-Oropeza, Aguilar-Contreras, O., Aguilera-Peña, A., Aluja, M., Andrade-Cetto, A., Arroyo-Quiroz, I., ... Cárdenas, B. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. Capital natural de México, Estado de conservación y tendencias de cambio. México: CONABIO.
- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B. N., ... Woodward, G. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Environmental Sustainability*, 14, 76–85.
- Bose, P. (2011). Forest tenure reform: exclusion of tribal women's rights in semi-arid Rajasthan, India. *International Forestry Review* 13(2), 220-232.
- Briceño, J., Iniguez-Gallardo, V. & Rivera, F. (2016). Factores que influyen en la apreciación de servicios ecosistémicos de los bosques secos del sur del Ecuador. *Revista Ecosistemas*, 25(2), 46–58.
- Brown, S. & Lugo, A. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*, 17, 8-18.

- Brown, S. (2002). Measuring carbon in forests: Current status and future challenges Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution*, 116, 363–372.
- Buotte, P. C., Law, B. E., Ripple, W. J., & Berner, L. T. (2020). Carbon sequestration and biodiversity co-benefits of preserving forests in the western United States. *Ecological Applications*, 30(2), e02039.
- Castillo-Oropeza, O. A., Ramos, G. A. (2014). “Lo del agua al agua”: desarrollo y desastre en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Revista de Geografía*, 1(16), 81-110.
- Christie, M., Martín-López, B., Church, A., Siwicka, E., Szymonczyk, P. & Sauterel, J. M. (2019). Understanding the diversity of values of “Nature’s contributions to people”: insights from the IPBES Assessment of Europe and Central Asia. *Sustainability Science*, 14(5), 1267-1282.
- Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. (1921). Disponible en: [http://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/PE-27%20OTOMI%20-%20MEXICA\(DT\).pdf](http://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/PE-27%20OTOMI%20-%20MEXICA(DT).pdf)
- Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. 2006. Disponible en: [http://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/SA-52%20SUBCUENCA%20TRIBUTARIA%20RIOMAYORAZGO%20TEMOAYA\(DT\).pdf](http://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/SA-52%20SUBCUENCA%20TRIBUTARIA%20RIOMAYORAZGO%20TEMOAYA(DT).pdf)
- Comisión Nacional Forestal. (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos, informe del 2004-2009 (1a. ed). Zapopan, Jalisco: CONAFOR.
- Comisión Nacional Forestal. (2020). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/585544/6._Oswaldo_Carrillo_CONAFOR_-Tasa_de_Deforestacion_16_Oct_2020.pdf (Consulta: 18 de octubre de 2020).
- Costanza, R., Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., . . . Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 16.

- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., ... & Polasky, S. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359 (6373), 270-272.
- Ellison, D., Morris, C.E., Locatelli, B., Shei, D., Cohen, J., Murdiyarsa, D... Sullivan, C.A. (2017). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 43, 51-61.
- Endara, A. (2007). *Estructura forestal de Pinus hartwegii en el Parque Nacional Nevado de Toluca*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Eschenhagen, M.L. (2006). Las cumbres ambientales internacionales y la educación ambiental. *Oasis*, 1, 39-76.
- Espinosa-Pérez, M.I. (2005). *Estimación del potencial de captura de carbono en el bosque de Pinus hartwegii en la cuenca alta del río Magdalena, D.F.* Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Fahey, T.J., Woodbury, P.B., Battles, J.J., Goodale, C.L., Hamburg, S.P., Ollinger, S.V., & Woodall, C.W. (2010). Forest carbon storage: Ecology, management, and policy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(5), 245–252.
- Fernández, P. & De la Vega, S. (2017). ¿Lo rural en lo urbano? Localidades periurbanas en la Zona Metropolitana del Valle de México. *EURE (Santiago)*, 43(130), 185-206.
- Gaceta de Gobierno del Estado de México. (1995). Disponible en: <http://legislacion.edomex.gob.mx/node/25559>
- Galeana-Pizaña, J.M., Ordóñez-Díaz, J.A.B. & Corona-Romero, N. (2013). Estimación de contenido de carbono en la cuenca del río Magdalena, México. *Madera y Bosques*, 19(1), 53-69.
- García-Cepeda, I.X., Almeida, L., & Ávila-Akerberg, V. (2016). 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. *Teoría y Praxis*, 19(30), 65-93.
- Gernandt, D.S. & Pérez-de la Rosa, J.A. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 126-133.

- Glaser, B. & Strauss, A.L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Nueva York, Estados Unidos: De Gruyter.
- Gómez-Mendoza, L., & Arriaga, L. (2007). Modeling the Effect of Climate Change on the Distribution of Oak and Pine Species of Mexico. *Conservation Biology*, 21(6), 1545-1555.
- Grijpma, P. (2001). *Producción forestal*. México Distrito Federal: Secretaría de Educación Pública, Trillas.
- Instituto Nacional de Ecología de Cambio Climático. (2015). Conceptualización de las metodologías de valoración económica y de la evaluación de los apoyos otorgados por servicios ambientales en materia de bosques y selvas. Disponible en: Primer reporte.<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/604/1682>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Isidro Fabela*, México. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Panorama sociodemográfico del Estado de México*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=15#tabMCcollapse-Indicadores>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*. Génova: Organización Meteorológica Mundial.
- Islas, M.G.E., Rodríguez-Trejo, D.A. & Madrid, H.P.A. (2012). Diversidad del sotobosque y radiación solar en un bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. con quema prescrita. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4 (15), 25-40.
- Le Quéré, C. L., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P. & Zaehle, S. (2016). Global carbon budget. *Earth System Science Data*, 8, 45, 605-649.
- Lewark, S., George, L. & Karmann, M. (2011). Study of gender equality in community based forest certification programmes in Nepal. *International Forestry Review* 13(2): 195-204.

- Marín-Muñiz, J. L., Hernández Alarcón, M.E., Rivera, E.S. & Moreno-Casasola, P. (2016). Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. *Madera y bosques*, 22(1), 53-69.
- Masera, O. R., Ordóñez, M. J., & Dirzo, R. (1997). Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic change*, 35(3), 265-295.
- Medina-García, C., Giménez de Azcárate, J., & Velázquez-Montes, A. (2020). Las comunidades vegetales del bosque de coníferas altimontano en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127.
- Mendoza-Ponce, A., & Galicia, L. (2010). Aboveground and belowground biomass and carbon pools in highland temperate forest landscape in Central Mexico. *Forestry*, 83(5), 497–506.
- Millenium Ecosystem Asswssment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Estados Unidos: Island Press.
- Moctezuma, G. & Flores, A. (2020). Importancia económica del pino (*Pinus* spp.) como recurso natural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(60), 161-185.
- Monárrez-González, J.C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M.A. & González-Elizondo, M.S. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*. 24(2), 1-16.
- Morett-Sánchez, J. C. & Cosío-Ruiz, C. (2017). Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(1), 125-152.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T.S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cuz, Bolivia: El País.
- Mukasa, C., A. Tibazalika, A., Mango & Muloki, H. (2012). Gender and forestry in Uganda: policy, legal and institutional frameworks. Working Paper 89. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Ordóñez-Díaz, J. A. B., & Masera, O. (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 11.

- Ordóñez-Díaz, J. A. B., Rivera Vázquez, R., Tapia Medina, M. E., & Ahedo Hernández, L. R. (2015). Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(32), 7–16.
- Ordóñez-Díaz, J.A.B. (2008). Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. *Ciencias*, 90(90), 37-42.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2013). Evaluaciones de la OCDE sobre el desempeño ambiental: México 2013, OECD. Disponible en: www.oecd.org/env/country-reviews/mexico2013.htm
- Programa de Ordenamiento Ecológico. Permiso de aprovechamiento forestal Bienes comunales Santiago Tlazala. (2014). Disponible en: https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2014/25/3/8bfe5c5abc31e071aa7e2da1e4bb908c.pdf
- Programa Mexicano de Carbono. (2018). Manual de procedimientos Inventario de Carbono y Biodiversidad. Texcoco, Estado de México: Coordinador: Fernando Paz Pellat. Colaboradores: Marcos Casiano Domínguez y Cristóbal Sánchez Sánchez.
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano. (2005). Disponible en: http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/isidro_fabela/Documento%20PMDUIsidroFabela.pdf
- Protectora de Bosques. (2020). Disponible en: http://probosquedesa.edomex.gob.mx/pago_servicios_ambientales.
- Ramos, A., Jujnovsky, J., & Almeida-Leñero, L. (2018). The relevance of stakeholders' perceptions of ecosystem services in a rural-urban watershed in Mexico City. *Ecosystem Services*, 34, 85-95.
- Razo-Zárate, R., Gordillo-Martínez, A. J., Rodríguez-Laguna, R., Maycotte-Morales, C. C., & Acevedo-Sandoval, O. A. (2013). Estimación de biomasa y carbono almacenado en árboles de oyamel afectados por el fuego en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo, México. *Madera Bosques*, 19(2), 73–86.

- Regil-García, H.H., Maass, S.F., Endara-Agramont, A.R., Flamenco-Sandoval, A.F., Espinoza-Maya, A., Calderón-Contreras, R. & Pérez-Vega, B.A. (2020). Procesos de pérdida y recuperación del contenido de carbono en biomasa aérea en las zonas forestales del área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca en el periodo 2000-2013. *Revista Geográfica de América Central* 64(1), 203-233.
- Registro Agrario Nacional. (2015). Propiedad social fundamental para la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad en México. Boletín No. 15. Disponible en: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php/component/content/article/1821-propiedad-social-fundamental-para-la-conservacion-y-aprovechamiento-de-la-biodiversidad-en-mexico>
- Ripple, W.J., Wolf, C. Newsome, T.M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M.I. & Laurance, W.F. (2017). World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience* 67, 1026–1028.
- Rocheleau, D. & Edmunds, D. (1997). Women, men and trees: Gender, power and property in forest and agrarian landscapes. *World development*, 25(8), 1351-1371.
- Rodríguez, T.D.A. & Fulé, P.Z. (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1), 23-37.
- Rojas-García, F., & Villers-Ruíz, L. (2008). Estimación de la biomasa forestal del Parque Nacional Malinche: Tlaxcala-Puebla. *Ciencia Forestal en México*, 33(104), 28.
- Rojas et al. 2011
- Rojas-García, F., Fredericksen, T.S., Vazquez-Lozada, S. y Endara-Agramont, A.R. (2019). Impact of timber harvesting on carbon storage in montane forests of central Mexico. *New Forests* 50(6), 1043-1061.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Michoacán: Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- Song, X.P., Hansen, M.C., Stehman, S.V., Potapov, P.V., Tyukavina, A., Vermote, E.F., & Townshend, J.R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639–643.
- Toledo, V.M., Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. México: Icaria.
- Varo-Rodríguez, R.B. (2018). *Estructura, fitodiversidad y aspectos de uso tradicional del bosque de Pinus hartwegii en dos subcuencas del Sistema Volcánico Transmexicano*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Villanueva-Díaz, J., Paredes, J.C., Selem, L.V., Stahle, D.W., Fulé, P.Z., Yocom, L.L., ... & Corral, J.A.R. (2015). Red dendrocronológica del pino de altura (*Pinus hartwegii* Lindl.) para estudios dendroclimáticos en el noreste y centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, (86), 5-14.
- Villaseñor, J.L., Sociedad Botánica de México., S.V., Calderón, G., Rzedowski, J., Valenzuela, L., Mendoza, A. & Llorente-Bousquets, J.L.M. (2008). El manejo forestal en México: Estado actual y perspectivas. Capital Natural de México. *Conocimiento Actual de La Biodiversidad*, 1(52), 217.

XI. ANEXOS

11.1 Formato guía para entrevista semi estructurada



Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales
Entrevista



Fecha: _____ Entrevistador: _____ # Cuestionario: _____

1. Datos del entrevistado/a

1.1 Nombre: _____ 1.2 Edad: _____ 1.3 Sexo: () H () M 1.4 Educación: () Primaria () Secundaria () Preparatoria/Bachillerato () Universidad () Otro: _____ ¿Completa? _____
1.5 Ocupación: _____ 1.6 Lugar de procedencia _____
1.7 Lugar de residencia: _____ 1.8 ¿Eres miembro de una comunidad agraria o ejido? () Sí () No
Cuál? _____ 1.9 ¿Desde cuándo? _____ 1.10 ¿Quién es el titular de la comunidad o ejido? _____
1.11 ¿Heredó de su padre el título? () Sí () No 1.12 ¿O de su madre en su caso? () Sí () No 1.13 ¿Cómo obtuvo el nombramiento? _____

2.1 ¿Sabe cuál es el manejo que se le da a los Bienes Comunales de Santiago Tlazala? () Sí () No 2.2 ¿En qué consiste? _____
2.3 ¿Sabe cómo se manejaba anteriormente el bosque? () Sí () No ¿Cómo? _____
2.4 ¿Conoce el permiso de aprovechamiento? () Sí () No 2.5 ¿Para qué sirve? _____
2.6 ¿Qué opina del manejo que se le da actualmente al bosque? _____
2.7 ¿Cómo cree que se podría mejorar el manejo del bosque? _____
2.8 ¿Quiénes utilizan el bosque? () Autoridades () Comuneros () Visitantes () Otros: _____
2.9 ¿Usted visita el bosque? () Sí () No ¿Con qué frecuencia lo hace? _____
2.10 Normalmente ¿visita el bosque solo/a o acompañado/a? _____ 2.11 ¿Por qué? _____
2.12 ¿Qué significado tiene el bosque para usted? _____
2.13 ¿Cree usted que el bosque le brinda beneficios a otras personas que no viven cerca? () Sí () No ¿Cuáles? _____

¿Qué beneficios piensa que le ofrece el bosque?	¿Qué nivel de importancia tienen para usted?					Desconozco
	Alto	Medio	Bajo	Nulo	¿Por qué es o no es importante?	
Aire limpio						
Provisión de agua						
Alimentos						
Hogar para plantas						
Hogar para animales						
Plantas medicinales						
Plantas ornamentales						
Regulación del clima						
Retención de suelo						
Captura de carbono						
Provisión de madera						
Provisión de leña						
Provisión de materiales para artesanías						
Belleza del paisaje						
Fuente de ingresos o de trabajo						
Investigación						
Otros:						



Fecha: _____ Entrevistador: _____ # Cuestionario: _____

Actividad que se realiza	Permitida		¿Quién la realiza?			¿Para qué fines cree que la realiza?
	Sí	No	Hombre	Mujer	Comuneros, visitantes, autoridades, pobladores, otro:	
Recolección de hongos						
Tala de árboles						
Recolección de plantas						
Recolección de leña						
Recolección de tierra negra						
Captura de animales						
Caminatas						
Cabalgatas						
Recorridos con motocross						
Recorridos en bicicleta						
Actividades turísticas						
Otras:						

¿Qué afecta el bosque?	¿En qué nivel lo afecta?					¿Qué actividades se realizan para cuidar el bosque?	¿Quién las realiza?		
	Alto	Medio	Bajo	Nulo	Desconozco		Hombre	Mujer	Autoridades, Comuneros, Pobladores, otro:
Contaminación						Reforestación			
Plagas en los árboles						Recolección de basura			
Tala						Difusión de información			
Visitantes						Vigilancia			
Cacería						Visitas guiadas			
Basura						Otras:			
Agricultura									
Ganado									
Recolección de tierra negra									
Otros:									

11.2 Formato de muestreo estructura para parcelas

Muestreo Bienes comunales Santiago Tlazala

Levantamiento _____ Responsable _____ Fecha ___/___/2019

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 _____, _____ (Coord) _____ (Alt.) _____ (Pend.) _____ (Orient)															
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 _____ _____ Aprov.: Leña Madera Carbón Resina Otra _____ Especie _____	
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, cuál?</u> _____ _____ Spp. indicadoras de perturbación _____ MANEJO (% de cob.) Tinajas ciegas _____ Brechas corta fuego _____ Cercas vivas _____ Otro _____																
ESTRATOS DE VEGETACIÓN altura (prom.) % de cob. Rasante _____ Herbáceo _____ Gramíneas _____ Arbustivo _____ Arbóreo interior _____ Arbóreo dosel _____ Epífitas _____ Trepadoras _____ Briofitas _____ Helechos _____	TURISMO (distancia y ubicación) Campamento _____ Área de recreo _____ Otro _____ 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 _____																
REGENERACIÓN (patrones) Especies _____ _____ Número _____ Tallas _____ Ubicación de mayoría _____ _____ Vigor _____ Cobertura (%) _____	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 _____ REFORESTACIÓN Especies _____ Número _____ Tallas _____ Vigor _____ Diseño ref. y distanciamiento _____ Cobertura (%) _____																

ESTRUCTURA I

Levantamiento:		Responsable:			Fecha / / 19				
No. y especie	DAP (cm)	Altura total (m)	Círculo ó cuadro 25x25	Daño	No. y especie	DAP (cm)	Altura total (m)	Círculo ó cuadro 25x25	Daño
1					57				
2					58				
3					59				
4					60				
5					61				
6					62				
7					63				
8					64				
9					65				
10					66				
11					67				
12					68				
13					69				
14					70				
15					71				
16					72				
17					73				
18					74				
19					75				
20					76				
21					77				
22					78				
23					79				
24					80				
25					81				
26					82				
27					83				
28					84				
29					85				
30					86				
31					87				
32					88				
33					89				
34					90				
35					91				
36					92				
37					93				
38					94				
39					95				
40					96				
41					97				
42					98				
43					99				
44					100				
45					101				
46					102				
47					103				
48					104				
49					105				
50					106				
51					107				
52					108				
53					109				
54					110				
55					111				
56					112				

Daño: incendio (i), ocoiteo (o), desrame (d), tala (t), descortezado (dz), defoliado (df), manchas (m), tumores (tu), crec. irregular (ci), muerdago (mg+), agallas (ag)

Pequeños reg. (<5cm DAP): Sitio _____ Sp. _____ Núm. _____ Sp. _____ Núm. _____
Pequeños ref. (<5cm DAP): Sitio _____ Sp. _____ Núm. _____ Sp. _____ Núm. _____

ESTRUCTURA II

Levantamiento: _____ Responsable: _____		Fecha / /19							
No. y especie	DAP (cm)	Altura total (m)	Círculo ó cuadro 25x25	Daño	No. y especie	DAP (cm)	Altura total (m)	Círculo ó cuadro 25x25	Daño
113					169				
114					170				
115					171				
116					172				
117					173				
118					174				
119					175				
120					176				
121					177				
122					178				
123					179				
124					180				
125					181				
126					182				
127					183				
128					184				
129					185				
130					186				
131					187				
132					188				
133					189				
134					190				
135					191				
136					192				
137					193				
138					194				
139					195				
140					196				
141					197				
142					198				
143					199				
144					200				
145					201				
146					202				
147					203				
148					204				
149					205				
150					206				
151					207				
152					208				
153					209				
154					210				
155					211				
156					212				
157					213				
158					214				
159					215				
160					216				
161					217				
162					218				
163					219				
164					220				
165					221				
166					222				
167					223				
168					224				

Daño: incendio (i), ocoteo (o), desramo (d), tala (t), descortezado (dz), defoliado (df), manchas (m), tumores (tu), crec. irregular (ci), muerdago (mg+), agallas (ag)

Pequeños reg. (<5cm DAP): Sitio _____ Sp. _____ Núm. _____ Sp. _____ Núm. _____
Pequeños ref. (<5cm DAP): Sitio _____ Sp. _____ Núm. _____ Sp. _____ Núm. _____

11.3 Formato de muestreo para composición vegetal

FLORA (<i>Pinus hartwegii</i>)							
Sitio de muestreo		Responsable		Fecha		/ /2019	
#	Género y especie	Cob. (%)	Col.	#	Género y especie	Cob. (%)	Col.
1	<i>Acaena elongata</i>			51	<i>Stachys repens</i>		
2	<i>Achillea millefolium</i>			52	<i>Stevia incognita</i>		
3	<i>Ageratum corymbosum</i>			53	<i>Taraxacum officinale</i>		
4	<i>Agrostis toluensis</i>			54	<i>Tauschia alpi/nudic</i>		
5	<i>Alchemilla procumbens</i>			55	<i>Trisetum altijugum</i>		
6	<i>Alchemilla vulcanica</i>			56	<i>Thuidium delicatulum</i>		
7	<i>Arceuthobium vaginatum</i>			57	<i>Vaccinium caespitosum</i>		
8	<i>Arenaria bourgaei</i>			58	<i>Viola humil/hemsley</i>		
9	<i>Arenaria lycopodioides</i>			59	<i>Viola painteri</i>		
10	<i>Arenaria reptans</i>			60			
11	<i>Baccharis conferta</i>			61			
12	<i>Brachypodium mexicanum</i>			62			
13	<i>Calamagrostis toluensis</i>			63			
14	<i>Cerastium nutans/vulcanicum</i>			64			
15	<i>Cirsium ehrebergii</i>			65			
16	<i>Cirsium jorullense ssp. jorullense</i>			66			
17	<i>Commelina orchioides</i>			67			
18	<i>Donnellsmithia juncea</i>			68			
19	<i>Draba nivicola</i>			69			
20	<i>Erigeron galeottii</i>			70			
21	<i>Eryngium bonplandii</i>			71			
22	<i>Eryngium carlinae</i>			72			
23	<i>Eryngium proteiflorum</i>			73			
24	<i>Festuca toluensis</i>			74			
25	<i>Gamochaeta americana</i>			75			
26	<i>Geranium potentillifolium</i>			76			
27	<i>Geranium seemanii</i>			77			
28	<i>Helenium scorzonerifolium</i>			78			
29	<i>Lupinus montanus</i>			79			
30	<i>Luzula racemosa</i>			80			
31	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>			81			
32	<i>Oenothera purpusii</i>			82			
33	<i>Oxalis alpina/corniculata</i>			83			
34	<i>Oxylobus arbutifolius</i>			84			
35	<i>Penstemon campanulatus</i>			85			
36	<i>Peperomia campylotropa</i>			86			
37	<i>Physalis pringlei var pringlei</i>			87			
38	<i>Physalis sordida</i>			88			
39	<i>Pinus hartwegii</i>			89			
40	<i>Plecosorus speciosissimus</i>			90			
41	<i>Potentilla candicans/ramunculoides</i>			91			
42	<i>Potentilla rubra</i>			92			
43	<i>Ramunculus domianus</i>			93			
44	<i>Roldana angulifolia</i>			94			
45	<i>Roldana barba-johannis</i>			95			
46	<i>Salvia microphylla var. neurepia</i>			96			
47	<i>Senecio roseus</i>			97			
48	<i>Senecio cinerarioides</i>			98			
49	<i>Sibthorpia repens</i>			99			
50	<i>Solanum demissum</i>			100			