

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Evaluación del estado de las poblaciones de tres especies de plantas medicinales en una comunidad zapoteca en Sierra Norte, Oaxaca, México

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado como requisito para optar el grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

Jesús López Santiago

Turrialba, Costa Rica

2019

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**



FIRMANTES:



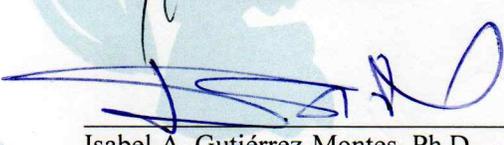
Róger Villalobos, M.Sc.
Director de tesis



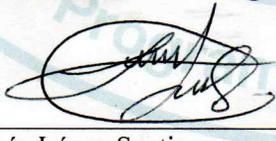
Diego Delgado, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Christian Herrera, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.
Decana Escuela de Posgrado



Jesús López Santiago
Candidato

DEDICATORIA

*A mis padres, Juan Alejandro López y Felicitas Plautila Santiago †
(que en paz descanse), por darme la vida, amor, consejos y sabiduría. Por apoyarme siempre, por permitirme ser libre y darme la oportunidad de tomar mis propias decisiones y estar ahí para aplaudirme en mis logros y levantarme en mis tropiezos. Este trabajo es de ustedes ¡LOS AMO!*

A mis hermanos (as): Norma y Basilio, por darme su apoyo, cariño y comprensión. Por ser la esencia de todos mis triunfos y de toda mi vida.

A mis cuñados(as): Eliud y Ana, por apoyarme y darme las palabras de ánimo adecuadas en los momentos más difíciles.

A mis sobrinos(as): Juan Carlos, Dalia Yazmín, Ángel Eduardo y Luz Elena, por brindarme sus alegrías y motivarme a salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A la vida, porque sin ella no habría alcanzado otra de mis metas.

Al programa de Becas de Posgrado para Indígenas (Probepi) otorgada por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS). De la misma manera agradezco al programa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo financiero necesario para la realización de la Maestría en Costa Rica.

Retribuyo a la escuela de posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por darme la oportunidad y el privilegio de cursar la Maestría y por brindarme sus servicios durante el desarrollo de mi formación.

Agradezco especialmente a mi profesor consejero M. Sc. Róger Villalobos Soto, por su apoyo, comprensión y paciencia durante el desarrollo de esta investigación, así como sus valiosos comentarios y observaciones.

Gratifico al M. Sc. Luis Diego Delgado Rodríguez y M. Sc. Christian Herrera Martínez, por formar parte de mi comité tutorial. Por su gran apoyo durante todo este proceso, sus valiosos comentarios, recomendaciones y observaciones al trabajo de Tesis.

Agradezco al profesor Sergio Vúlchez por su gran apoyo y asesoría en el manejo de los programas para los análisis estadísticos de los datos de campo, así como observaciones y comentarios brindados al trabajo.

A mi Papá Juan Alejandro López y a mi Mamá Felicitas Plautila Santiago† (que en paz descanse) por transmitirme sus enseñanzas y sabidurías con las que he llegado hasta aquí, así como su comprensión y cariño.

A mi hermana y hermano, les agradezco de todo corazón sus consejos; por la motivación, apoyo y cariño que siempre me han brindado; por todas esas experiencias buenas que me han deparado a lo largo de mi existencia.

A Esthefany Rodríguez (República Dominicana) y mi carnalito Alberto Iraheta (Honduras), por todo el cariño, comprensión y apoyo que me otorgaron durante esta estancia de la maestría.

A mis compañeros de grupo de la maestría de bosques: Anais (Panamá), Andrea (El Salvador), Estefany (Panamá), David (Honduras), Eduardo (Panamá), Elio (México), Erick (Costa Rica), Florencio (Francia), Liborio (México), Máximo (Panamá) y Romel (Panamá), por compartir juntos esta trayectoria y como una etapa más de la formación profesional y por las convivencias y experiencias vividas.

A todas las personas con las que conviví en el CATIE: cuerpo académico, administrativo y alumnado, por el tiempo compartido, experiencias vividas y todo lo que juntos aprendimos, apoyándonos unos a los otros en los malos y buenos momentos.

Al comisariado de bienes comunales y presidente municipal de la comunidad de San Juan Luvina, por brindarme el permiso necesario para el acceso a la comunidad y permitirme llevar a cabo este estudio.

Al Sr. Juan López Méndez y a la Bióloga Alma Delia González Morales, por el gran apoyo y compañía en la fase de campo, que, a pesar del frío, las caídas y tropiezos, seguimos adelante. Gracias por todo.

Agradezco a Jennifer Roglà por el gran apoyo, asesoría y revisión del Abstract del trabajo de tesis.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la comunidad de San Juan Luvina el 30 de marzo del año 1990, comunidad zapoteca perteneciente al municipio de San Pablo Macuilianguis del distrito de Ixtlán de Juárez, que corresponde a la Región Sierra Norte del Estado de Oaxaca. Realizó estudios de primaria en la escuela primaria Benito Juárez de la comunidad de San Juan Luvina en los años de 1996-2002. En el año 2002-2005 ingresó a la escuela Telesecundaria de la misma localidad. Realizó estudios de media superior en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario núm. 109 en la comunidad de San Mateo Calpulálpam de Méndez, donde obtuvo el título de técnico agropecuario en los años 2005-2008. En el año 2015 obtiene el título de la Licenciatura en Biología en la Universidad de la Sierra Juárez ubicada en el distrito de Ixtlán en la Región Sierra Norte del Estado de Oaxaca. En el año 2018 ingresa al Programa de Estudios de Maestría en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicada en Costa Rica, con Beca por parte de CIESAS (Probepi) y CONACYT, y obteniendo el grado de *Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad en el año 2019.

Contenido

Aprobación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Biografía	VI
Contenido	VII
Índice de cuadros	IX
Índice de figuras	IX
Índice de anexos	X
Lista de acrónimos	XI
Resumen	XIII
Abstract	XIV
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	2
2.1. Bienes y servicios	2
2.2. El bosque en la zona de estudio	2
2.3. Los productos forestales no maderables (PFNM)	3
2.4. Características de las tres especies bajo estudio	4
2.4.1. <i>Litsea glaucescens</i> H.B.K.	4
2.4.2. <i>Satureja macrostema</i> (Benth.) Briq.	5
2.4.3. <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.	5
2.5. Sobreexplotación	7
2.6. Aprovechamiento forestal	7
2.7. Pastoreo local	9
2.8. Impacto de las construcciones de carreteras en el bosque	10
3. Justificación e importancia	10
4. Objetivos	11
4.1. Objetivo general	11
4.2. Objetivos específicos	11
5. Preguntas de investigación	11
6. Metodología	12
6.1. Zona de estudio	12
6.1.1. Fisiografía	12
6.1.2. Orografía	12
6.1.3. Clima	14
6.1.4. Hidrología	14
6.1.5. Edafología	14
6.1.6. Uso de suelo y vegetación	15
6.2. Áreas de medición	15
6.3. Tratamientos y dispositivo de muestreo	16
6.4. Registro de datos en campo	20
6.5. Variables medidas	21

6.5.1. Afectación de follaje	21
6.5.2. Factores de deterioro	21
6.5.3. Diámetro y altura	22
6.5.4. Condición topográfica	22
6.5.5. Condición del suelo	22
6.5.6. Cobertura	23
6.5.7. Altitud	23
6.6. Análisis de los datos	23
6.7. Procedimiento de análisis estadísticos	24
7. Resultados y discusión	25
7.1. Prueba de hipótesis para contrastes	25
7.2. Comparación entre clase diamétrica con respecto del área basal entre tratamientos	31
7.3. Comparación del número de individuos por clases diamétricas entre tratamientos	32
7.4. Comportamiento del número de individuos por categorías de diámetro para cada uno de los tratamientos	34
7.5. Relación de las covariables (agentes de deterioro) con el número de individuos y tratamientos	37
8. Conclusiones	41
9. Recomendaciones	42
10. Referencias bibliográficas	43
11. Anexos	55

Índice de cuadros

Cuadro 1. Superficie bajo manejo, existencias reales totales y por hectárea en San Juan Luvina	8
Cuadro 2. Tratamientos considerados en los dos tipos de bosques pino-encino y encino	16
Cuadro 3. Número de parcelas de cada tratamiento para el análisis del estado de especies medicinales utilizadas en San Juan Luvina	17
Cuadro 4. Formulario de recolección de datos sobre las variables del ambiente	20
Cuadro 5. Formulario de recolección de datos sobre las variables de las especies de plantas	21
Cuadro 6. Criterios para la identificación de categorías en la afectación de follaje	21
Cuadro 7. Categorías de clases diamétricas correspondiente a cada una de las especies estudiadas	24
Cuadro 8. Prueba de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos entre las tres especies	25
Cuadro 9. Prueba de hipótesis mediante contrastes correspondientes a la especie de <i>Arbutus xalapensis</i>	26
Cuadro 10. Prueba de hipótesis para los contrastes correspondiente a la especie de <i>Litsea glaucescens</i>	28
Cuadro 11. Prueba de hipótesis para los contrastes correspondiente a la especie de <i>Satureja macrostema</i>	29
Cuadro 12. Prueba de hipótesis entre clases diamétricas con respecto del número de individuos	32

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	13
Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas para el análisis de las tres especies medicinales en San Juan Luvina	18
Figura 3. Esquema del diseño de muestreo, señalando las medidas de los transectos y parcelas para el estudio de tres especies medicinales	19
Figura 4. Representación generalizada de la condición topográfica	22
Figura 5. Promedio del número de individuos de <i>Arbutus xalapensis</i> por tratamiento	27
Figura 6. Promedio del número de individuos de <i>Litsea glaucescens</i> por tratamiento	29
Figura 7. Promedio del número de individuos de <i>Satureja macrostema</i> por tratamiento	30
Figura 8. Comparación entre clase diamétrica (C1, C2, C3, C4, C5) respecto del área basal entre tratamientos	32
Figura 9. Comparación del número de individuos por clases diamétricas (C1, C2, C3, C4, C5) entre tratamientos	34
Figura 10. Comportamiento del número de individuos por categorías de diámetro para cada uno de los tratamientos	35
Figura 11. Modelo aditivo generalizado donde se muestra la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental respecto del número de individuos de <i>Arbutus xalapensis</i> y tratamientos.	38
Figura 12. Modelo aditivo generalizado donde se muestra la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental respecto del número de individuos de <i>Litsea glaucescens</i> y tratamientos	39

Figura 13. Modelo aditivo generalizado donde se muestra la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental respecto del número de individuos de *Satureja macrostema* y tratamientos 40

Índice de anexos

Anexo 1. Cronograma de actividades	55
Anexo 2. Presupuesto e instrumentos de toma de información	56
Anexo 3. Instrumentos de medición empleados en campo	57
Anexo 4. Bosques muestreados	58
Anexo 5. Tratamientos muestreados	59
Anexo 6. Agentes de deterioro	60
Anexo 7. Especies de estudio	61
Anexo 8. Trazado de las parcelas muestreadas	62
Anexo 9. Toma de medidas diamétricas de las tres especies	63
Anexo 10. Toma de medidas de alturas de las tres especies	63
Anexo 11. Toma de medición de cobertura	64
Anexo 12. Condición del suelo	65
Anexo 13. Cortes de las plantas de las tres especies por uso medicinal	66
Anexo 14. Rupturas de las plantas por causa del efecto natural	67

Lista de acrónimos

(A)C(w0)	Clima semicálido húmedo bajo
(A)C(w1)	Clima semicálido subhúmedo
a	Alta
AF+AM	Aprovechamiento forestal más aprovechamiento medicinal
ANOVA	Análisis de Varianza
Aw1	Clima semiseco muy cálido y cálido
B	Base
b	Baja
BE	Bosque de encino
BPE	Bosque de pino-encino
C(m)	Clima templado húmedo
C(w1)	Clima templado subhúmedo
C	Cima
cm	Centímetro
D	Diámetro
DAP	Diámetro a la altura del pecho
et al.	“y otros”
etc.	Etcétera
FAPATUX	Fábrica Papelera Tuxtepec
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ha	Hectárea
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
kg	Kilogramo
km²	Kilómetro cuadrado
LS	Ladera superior
LI	Ladera inferior
m	Metro
m³	Metro cúbico
m	Media
MDS	Método de Desarrollo Silvícola
mm	Milímetro
MMOBI	Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NAF+AM	No aprovechamiento forestal más aprovechamiento medicinal
NAF+NAM	No aprovechamiento forestal más no aprovechamiento medicinal
NOM	Norma Oficial Mexicana
P	Perímetro
PFNM	Productos Forestales No Maderables
PH	Coficiente de medida para acidez y basicidad de sustancias
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RLM	Regresión Lineal Múltiple

SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SH	Suelo húmedo
SMH	Suelo muy húmedo
SHP	Suelo húmedo con presencia de piedra
SS	Suelo seco
SSP	Suelo seco con presencia de piedra
SSO	Servicios de Salud Oaxaca
SUUNTO	Instrumento de medida para dirección-inclinación
USD	Siglas del dólar en inglés
vta	Volumen total árbol

Resumen

San Juan Luvina es una comunidad Zapoteca de Oaxaca, México, en donde el aprovechamiento maderable y no maderable de los bosques de pino-encino es relevante para la economía y para la cultura local. En este trabajo se evaluó el estado de las poblaciones de las especies *Arbutus xalapensis* Kunth., *Litsea glaucescens* H.B.K., y *Satureja macrostema* (Benth.) Briq., en bosques de pino-encino y encino, tanto en sitios con aprovechamiento forestal maderero como en zonas sin aprovechamiento. El objetivo fue determinar el efecto de las actividades de la comunidad en el bosque sobre estas especies y la eventual necesidad de mejoras en la gestión del bosque. Se instalaron 54 parcelas de 20 m x 5 m a lo largo de 18 transectos de 500 m de largo, distribuidos en 6 tratamientos correspondientes a la combinación de: bosques de pino encino (PE) o de encino (E), con aprovechamiento maderero y medicinal (AF+AM); sin aprovechamiento maderero, pero sí medicinal (NAF+AM); y sin ambos aprovechamientos (NAF+NAM). En cada parcela se tomaron datos sobre el ambiente, así como de las especies estudiadas. Se utilizaron Modelos Lineales Generales Mixtos para evaluar la estructura poblacional, y un Modelo Aditivo Generalizado (componentes principales) (GAM) para determinar la relación entre covariables ambientales e individuos. Las tres especies mostraron diferencias significativas en abundancia de individuos entre tratamientos. Al realizar contrastes entre todos los tratamientos se encontró que, en los bosques de Encino, *A. xalapensis* presenta mayor abundancia ($p < 0.05$) en el tratamiento BE: NAF+AM, donde no se dió aprovechamiento de madera, pero sí uso medicinal, que en el tratamiento BE: AF+AM. En el bosque de encino los tratamientos (BE: AF+AM; BE: NAF+AM) y el tratamiento (BPE: AF+AM) presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la abundancia de individuos, mostrando un mayor número de individuos *L. glaucescens*. Los bosques de pino-encino albergan un mayor número de individuos de *S. macrostema* que los bosques de encino ($p < 0.05$). Los mayores claros en el dosel en el bosque de pino-encino podría estar favoreciendo la reproducción de este arbusto. No se encontraron diferencias significativas de área basal entre clases diamétricas para ninguna de las tres especies. *L. glaucescens* fue la única especie que presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) en el número de individuos por clases diamétricas que es mayor en la clase 1 (2 cm a 4.3 cm) que en la clase 4 (12.8 cm a 17.1 cm). Según el GAM la abundancia de individuos de *A. xalapensis* aumenta con la covariable elevación. En tanto, la abundancia de *L. glaucescens* y *S. macrostema* disminuyen con la cercanía de agentes de deterioro. De las tres especies de estudio, *A. xalapensis* fue la única especie afectada por rupturas de ramas por la actividad del aprovechamiento forestal. No se encontró ningún efecto significativo del aprovechamiento medicinal de estas especies, a pesar de ser intenso su uso en la comunidad.

Palabras claves: San Juan Luvina, especies no maderables, aprovechamiento forestal, uso medicinal, bosque de pino-encino, bosque de encino, *Arbutus xalapensis* Kunth., *Litsea glaucescens* H.B.K., *Satureja macrostema* (Benth.) Briq.

Abstract

San Juan Luvina is a Zapotec community in Oaxaca, Mexico, where the timber and non-timber exploitation of pine-oak forests is relevant to the economy and local culture. In this thesis, the populations of the *Arbutus xalapensis* Kunth., *Litsea glaucescens* HBK, and *Satureja macrostema* (Benth.) Briq., were evaluated in pine-oak and oak forests, both in logging sites and conserved forests. The objective was to determine the effect of community activities in the forest on these species and the possible need for improvements in forest management. 54 plots of 20m x 5m were installed within 18 transects of 500m long, distributed between six treatment groups: first among pine-oak (PO) and oak (O) forests, and within those groups, logging and medicinal use (L + M); no logging but medicinal use (NL + M); and no logging or medicinal use (NL + NM). In each plot, data was collected about the environment, as well as the species studied. Mixed General Linear Models were used to evaluate the population structure, and a Generalized Additive Model (main components) (GAM) was used to determine the relationship between environmental covariates and individual species. All three species showed significant differences in abundance of individuals between treatments. When contrasts were made between all the treatments it was found that, in the forests of Oak, *A. xalapensis* has greater abundance ($p < 0.05$) in the O: NL + M, where wood was not used, but there was medical use, than in the O: L + M. In the oak forest treatment (O: L + M and O: NL + M) and the treatment (PO: L + M) presented significant differences ($p < 0.05$), in the abundance of individuals, showing a greater number of individuals *L. glaucescens*. The pine-oak forests harbor a greater number of *S. macrostema* individuals than oak forests ($p < 0.05$). The larger clearings in the canopy in the pine-oak forests could be favoring the reproduction of this shrub. There were no significant differences in basal area between diametric classes for any of the three species. *L. glaucescens* was the only species that showed significant differences ($p < 0.05$) in the number of individuals per diameter class that is higher in class 1 (2 cm to 4.3 cm) than in class 4 (12.8 cm to 17.1 cm). According to the GAM abundance of individuals of *A. xalapensis* increases with the covariate elevation. Meanwhile, the abundance of *L. glaucescens* and *S. macrostema* decrease with the proximity of deterioration agents. Of the three species of study, *A. xalapensis* was the only species affected by the branch ruptures due to the activity of forest exploitation. No significant effect of the medicinal use of these species was found, despite its intense use in the community.

Keywords: San Juan Luvina, non-timber species, forest use, logging, medicinal use, oak-pine forest, oak forest, *Arbutus xalapensis* Kunth., *Litsea glaucescens* H.B.K., *Satureja macrostema* (Benth.) Briq.

1. Introducción

La diversidad biológica que presenta México es resultado de la combinación de variaciones topográficas y climáticas, las cuales han originado un mosaico de condiciones ambientales y microambientales (Surukhán *et al.* 2009). A esto se suma la compleja historia geológica del área, particularmente el sureste del país, conocido como el Núcleo Centroamericano, ya que se encuentra entre dos biotas ancestrales (Neártica y Neotropical) dando origen a una zona biogeográfica compuesta. Todos estos elementos contribuyen a enriquecer el acervo florístico, tanto en número de especies, como en formas biológicas (Plascencia *et al.* 2011). Parte de este enriquecimiento natural lo integran los elementos arbóreos como son los bosques de coníferas y los bosques de encinos que abarcan un sinnúmero de especies, de gran interés por parte del ser humano (Flores y Gerez 1994).

Gheno-Heredia (2010) y Gómez (2011), mencionan que cada cultura ha obtenido los recursos necesarios y los ha aprovechado conforme a sus posibilidades y necesidades particulares, de modo que este avance cultural ha ido de la mano con la evolución del conocimiento del medio, sus componentes y funcionamiento.

En los últimos años los productos forestales no maderables se han convertido en objeto de gran interés para las comunidades locales que ha girado en torno a la búsqueda de cubrir sus necesidades (FAO 2016). Sin embargo, el aprovechamiento que presentan estos recursos puede ocasionar la sobreutilización o sobreexplotación de los bosques la cual constituye una de las amenazas más importantes a la biodiversidad (Andrade y Castro 2012), generando una declinación de las poblaciones nativas y produciendo fuertes implicaciones ecológicas y económicas (López 2008).

La demanda y el consumo de estos productos forestales no maderables se suman también a la pérdida de biodiversidad (Jardel 1998; Zacarías-Eslava y Del Castillo 2010), provocando además un impacto a nivel genético, a nivel de individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas (Zacarías-Eslava y Del Castillo 2010). Ante esta situación, el manejo de los ecosistemas por medio de la conservación y restauración son soluciones para revertir los procesos de degradación y la pérdida de especies que cumplen una función importante en el ecosistema, como es el caso de las plantas no maderables.

Dado al uso que reciben los productos forestales no maderables las comunidades locales e indígenas desempeñan una función esencial al tratar temas de conservación y manejo de especies útiles a la sociedad, considerando la relación ancestral, el vínculo afectivo y el respeto que poseen algunas culturas con su entorno natural, formando parte de su cosmovisión, así como de sus saberes tradicionales que fueron heredados y transmitidos de generación en generación.

El tema forestal es importante en la región norte de Oaxaca, y se ha venido desarrollando en distintas comunidades pertenecientes al distrito de Ixtlán, donde se han evaluado los procesos de regeneración de especies de coníferas, prácticas silvícolas, estrategias de manejo, remoción de la cobertura forestal, tipo de cortas (matarrasa, selección de árboles padres, etc.) y entre estos pueden citarse los trabajos de Bretado *at al.* (2018); Ramos y Clark (2018); Clark *et al.* (2018); Hernández *et al.* (2018) todos relacionados con

la forestería comunitaria. Pero debe señalarse que estos estudios no mencionan los verdaderos problemas y/o causas que provoca esta actividad en la dinámica poblacional y en la diversidad de especies de interés por parte de las comunidades locales, específicamente de especies herbáceas, sitio en donde se encuentran muchas de las plantas no maderables y que los miembros locales las utilizan como medicinales.

La finalidad de este trabajo es compilar información para establecer el efecto de las intervenciones humanas en el bosque de San Juan Luvina, que podrían estar afectando a las poblaciones de tres especies vegetales no maderables localmente relevantes, *Arbutus xalapensis* Kunth., *Litsea glaucescens* H.B.K., y *Satureja macrostema* (Benth.) Briq. Su importancia se destaca principalmente por uso medicinal, ritual y comercial. Y por ser altamente valoradas por las personas y utilizadas en distintos eventos socioculturales enfrentan cambios de hábitats a causa del aprovechamiento forestal u otro agente de deterioro modificando sus poblaciones. Esta información será la base para proponer estrategias de conservación y restauración que permitan la disminución de estos efectos y de esta manera mantener las poblaciones de estas especies en su medio natural.

2. Revisión de literatura

2.1. Bienes y servicios

Los recursos naturales han pasado a formar parte de la vida cotidiana de las personas desde los tiempos de la prehistoria, cubriendo cada una de sus necesidades desde fuentes de alimento, construcción y combustible (Peña 1998). Además de proporcionar bienes y servicios al hombre, al ambiente, a la mitigación del cambio climático y a la conservación de numerosas especies biológicas (SINAC 2013), sustenta el desarrollo en las cadenas de valor maderera (Peri 2005).

Los servicios ecosistémicos que brindan los bosques incluyen la protección de las cuencas hidrográficas, la conservación de la biodiversidad, la belleza escénica y el secuestro de carbono (IPBES 2018; SINAC 2013). Este último favorece a la regulación del cambio climático, pues las plantas funcionan como sumideros del carbono, concentrando parte de esta y transformándola durante el proceso de la fotosíntesis en compuestos orgánicos y azúcares durante su crecimiento (Franquis y Infante 2003).

2.2. El bosque en la zona de estudio

Los bosques de pinares se encuentran en todas las regiones del Estado y es el grupo más importante en el área forestal debido a la trascendencia histórica en cuanto a su aprovechamiento y manejo. La explotación de este recurso provoca variaciones en sus poblaciones y comunidades a diversas escalas espaciales y temporales (Ríos-Altamirano *et al.* 2016).

Los tipos de vegetación que predominan en el sitio de estudio son los pinos y los encinos. Los pinos son elementos dominantes en varios tipos de vegetación, como bosques templados y subtropicales de zonas húmedas, subhúmedas y áridas. Son considerados como prestadoras de servicios ecosistémicos,

captación de humedad atmosférica, fijación de carbono y retención de suelo (IPBES 2018). Además, son de gran importancia económica principalmente por su madera y la resina para usos medicinales e industriales (Del Catillo *et al.*, 2004).

En tanto, su sobreexplotación en el país se debe al alto potencial de aprovechamiento de los recursos forestales, resultando así una enorme pérdida de la cubierta forestal de entre 75 mil y 1.98 millones de hectáreas anuales (Granados-Sánchez *et al.* 2007).

Los bosques de encino predominantes en las áreas de clima templado, al igual que los pinares, se encuentran bajo los métodos de manejo forestal. Esta actividad ha favorecido un cambio en la composición de especies. Muchos de los encinos presentan una gran variedad de formas de crecimiento y de adaptaciones ecológicas desde arbóreas hasta arbustivas. El potencial económico que presenta este tipo de vegetación es como productor de madera de alta calidad y de carbón (Flores y Gerez, 1994).

La importancia ecológica de estos bosques de encino es que presentan un valor elemental y primordial en los sitios montañosos de la región. Llegan a funcionar como retención de plantas epifitas, hábitats de animales vertebrados e invertebrados y como fuente de alimento para otros organismos. También son utilizados por las personas que viven en las comunidades campesinas brindándoles un uso artesanal y medicinal (Valencia-Avalos y Nixon, 2004).

2.3. Los productos forestales no maderables (PFNM)

El término de los PFNM fue acuñado por De Beer y Mc-Dermott en el año de 1989 (López 2008) al indicar “los productos forestales no maderables abarcan todos los materiales biológicos diferentes a la madera, que se extraen de los bosques para uso humano” (Casas 2014). Según García y Polanía (2007); Tapia y Reyes (2008); Valdebenito y Molina (2017) pueden definirse los PFNM como todos aquellos productos o bienes de origen vegetal y animal, derivados del bosque, de otros terrenos arbolados y de árboles situados fuera del bosque excluyendo la madera rolliza industrial y la madera para energía.

Las plantas no maderables son recursos biológicos importantes para el bienestar humano y componentes relevantes de la biodiversidad de los bosques, contribuyendo a los procesos de conservación esencial de la diversidad ecosistémica, brindando patrones de bienes y servicios ecosistémicos (Anastacio *et al.* 2016; IPBES 2018).

La sostenibilidad de los recursos naturales depende de los procesos ecológicos y del manejo, pero también de la importancia cultural de las especies (Zacarías-Eslava y Del Castillo 2010). Esto debido que en muchas situaciones constituyen la fuente principal de ingresos y cumplen un rol importante en el alivio de la pobreza de muchas localidades marginadas como es el caso de la región de la Sierra Norte, donde las personas las incluyen como una fuente de seguridad alimentaria, salud y bienestar (Tapia y Reyes 2008).

2.4. Características de las tres especies bajo estudio

Litsea glaucescens H.B.K., *Satureja macrostema* (Benth.) Briq., y *Arbutus xalapensis* Kunth., son tres plantas utilizadas en San Juan Luvina, las cuales poseen importancia en términos de su potencial y de su utilización actual por las poblaciones locales con fines medicinales tradicionales (Padilla 2007). Sus “metabolitos secundarios” podrían ser la causa del alivio aparente de padecimientos comunes (trastornos estomacales, problemas ginecológicos, malestar postparto, esterilidad femenina, antiinflamatorio) (Tapia-Torres *et al.* 2014).

Esta dinámica de uso y aprovechamiento se ha venido manteniendo a lo largo de los años, desde la época prehispánica, en el caso de *L. glaucescens* y *S. macrostema*, ambas son utilizadas como condimento y por la gran cantidad de efectos medicinales que se les atribuyen. La sobreexplotación por parte de las comunidades (Dávila 2011), así como el impacto de las actividades de aprovechamiento y manejo forestal, las prácticas agrícolas y prácticas de pastoreo temporal podrían ser agentes causantes de disminución y pérdida de estas especies en su medio natural (Dávila *et al.* 2011; Dávila 2011).

Estas plantas se someten a una extracción intensiva durante las festividades de la localidad, así como para su venta. En el caso de *L. glaucescens* es utilizada en la fiesta celebrada el 24 de junio, que se festeja al Santo patrón San Juan Bautista. Sus ramas son colectadas por los habitantes para decorar las paredes del templo patronal, también son usadas en Semana Santa para construir pequeñas capillas donde se colocan las imágenes religiosas, su construcción se lleva a cabo en las calles principales de la localidad por donde las personas recorren el viacrucis. Estas festividades se han venido realizando por costumbre y tradición al paso de los años (Dávila *et al.* 2011; López-Santiago 2015).

Las ramas de *A. xalapensis* son colectadas y aprovechadas para uso medicinal y su tallo es usado para elaborar artesanías, principalmente para trompos, además, sus flores son colectadas y usadas en la festividad de Semana Santa para adornar el templo y posteriormente ser repartidas para las personas (López-Santiago 2015). A la eventual presión sobre las poblaciones que puede conllevar ese uso, se suma la pérdida de hábitat como consecuencia del cambio de uso de suelo para agricultura (Tovar-Rocha *et al.* 2014).

S. macrostema es usada en la Navidad, cuando la gente cosecha las hojas y ramas tiernas para decorar el lugar donde serán colocados los peregrinos y donde se celebrará el nacimiento del Niño Dios. Esto podría afectar la capacidad reproductiva de la población, según Ortega y Vázquez (2014).

2.4.1. *Litsea glaucescens* H.B.K.

La especie de *Litsea glaucescens* es un árbol, generalmente de 1 a 12 m de alto, glabro o puberulento, con frecuencia muy ramificado; peciolo delgado, de menos de 2 cm de largo, laminas lanceoladas o elíptico-lanceoladas, de 8 cm de largo por 2.5 cm de ancho, ápice agudo o acuminado, borde liso, base aguda o subaguda, penninervadas, coriáceas, glabras, brillantes, envés con frecuencia glauco; flores de 3 a 6 rodeadas por un involucro de 4 brácteas caedizas, uno solo de estos grupos o varios dispuestos en

fascículos axilares; flores unisexuales, amarillentas o de color crema; lóbulos del perianto ovales, redondeados en el ápice; estambres en 3 series; fruto globoso, color negro, de 9 mm de diámetro (Sánchez 1969; Rzedowsky y Calderón 2010). Se le considera una planta en peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2001 y 2010 (Rodríguez-Laguna *et al.* 2015; Dávila *et al.* 2016).

Los bosques húmedos de encino, pino-encino y bosque nuboso son los hábitats más adecuados para su crecimiento y desarrollo (Dávila *et al.* 2011). Puede alcanzar a crecer a una altitud de 800 a 2 830 msnm, se distribuye desde el norte de México hasta Costa Rica (Dávila *et al.* 2016), y se encuentra en cañadas o las orillas de los ríos, ya que requiere luz del ambiente para desarrollarse exitosamente y sobrevivir (Dávila 2011). La especie puede llegar a soportar zonas semiáridas, como sucede en la sierra Catorce de San Luis Potosí. Su polinización es principalmente por abejas y escarabajos y la dispersión de sus frutos es realizada por aves y mamíferos pequeños (Rzedowsky y Calderón 2010).

2.4.2. *Satureja macrostema* (Benth.) Briq.

También conocida como *Calamintha macrostema* Benth. Es una planta arbustiva, con olor a menta al estrujar las hojas, de 1 a 2 m de alto; tallos erectos, ramas arqueadas, pubescentes; hojas con peciolo de 2 a 5 mm de largo, limbo ovado u oblongo o lanceolado, de 1 a 4 cm de largo por 0.6 a 1.5 cm de ancho, ápice agudo, aserradas, base redondeada; flores solitarias o en grupos de 2 o 3 en las axilas de las hojas, pedicelos de 2 a 6 mm de largo, pubescentes; cáliz 5-dentado, bilabiado, de 7 a 10 mm de largo, con la garganta pilosa; corola roja o anaranjada (cambiando a blanquecina o rosada en el secado), de 2 a 3.5 cm de largo; estambres exsertos, tecas de las anteras divergentes; estilo saliente de la corola; mericarpios ovoides, lisos o reticulados (Sánchez 1969; Rzedowsky y Calderón 2010).

Esta especie crece en los climas templados, alcanza altitudes que oscilan entre 2 400 a 3 200 msnm, principalmente en bosques de encino y pino, así como en bosques de oyamel (Ortega y Vázquez 2014).

En los meses de julio a noviembre se produce la floración que corresponde a la temporada de lluvias, esto facilita la fructificación y la maduración de las semillas, ya que la temperatura y la humedad influyen en la expresión final de cada etapa fenológica produciendo, además, la acumulación de materia orgánica descompuesta en humus que favorece el crecimiento de la planta (Alonso 2009).

Los principales organismos que se encargan de la polinización de esta especie de planta son las especies de abeja *Bombus ephippiatus* Say (Fierros 1996), así como algunas aves que se encargan de dispersar los frutos de un lugar a otro, aumentando la distribución de forma discontinua por debajo del dosel vegetal superior, pasando a formar parte del sotobosque (Alonso 2009; Ortega y Vázquez 2014).

2.4.3. *Arbutus xalapensis* Kunth.

Especie arbórea con cuatro sinonimias (*Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Arbutus macrophylla* Mars. & Gal., *Arbutus prunifolia* Kl., y *Arbutus varians* Benth.), alcanza una altura de 3 a 6 m y rara vez llega a presentar 15 m de alto; corteza usualmente roja brillante y descascarándose en hojuelas largas y

lisas en la mayoría de las ramas, ramas nuevas por lo general densamente vilosas, muchas veces con mezcla de pelos glandulares; peciolo de 2 a 4 cm de largo, laminas foliares elípticas o elíptico-ovadas, de 5 a 11 cm de largo por 2 a 5 cm de ancho, ápice agudo u obtuso, base atenuada a subcordada, margen liso o irregularmente dentado, haz glabro o pubescente, con frecuencia densamente piloso hacia la base de la lámina y a lo largo de la nervatura central, el envés casi siempre pubescente, algunas veces densamente lanoso; inflorescencia en forma de panícula terminal, cada flor con una bráctea y 2 pequeñas bractéolas; flores de 6 a 9 mm de largo; cáliz con márgenes escariosos o ciliado-glandulosos; corola blanca, amarillenta o rojiza, de 5 a 6 mm de largo; anteras con un par de espolones finamente tuberculados; ovario con hasta 10 óvulos por lóculo; fruto más o menos esférico o ligeramente turbinado, de 7 a 9 mm de diámetro; semillas fusiformes, de 2 a 3 mm de largo (Sánchez 1969; Rzedowsky y Calderón 2010; Tovar-Rocha *et al.* 2014).

La distribución de esta planta abarca los estados de Chihuahua a Veracruz, forman parte del material xerófilo de los bosques de pino-encino o únicamente de encino (Rzedowsky y Calderón 2010). De acuerdo con Villavicencio *et al.* (2012) su distribución es restringida y fragmentada, ya que es escasa la presencia de estos individuos (seis árboles aproximadamente por hectárea). Esta fragmentación también ha sido originada por diferentes factores como la sobreexplotación de su madera, el sobrepastoreo y la presencia de plagas forestales, dando como consecuencia una disminución en la producción de frutos y semillas, lo cual implica una baja regeneración provocando la pérdida del material genético nativo de esta especie (Tovar-Rocha *et al.* 2014).

La especie es de importancia económica por la calidad de su madera, pero susceptible a cambios en factores ambientales, como altas temperaturas y estrés hídrico. Las abejas del género *Lasioglossum* pertenecientes a los himenópteros apócritos de la familia Halictidae son las principales encargadas de la polinización durante la etapa de floración (Fierros 1996) y las aves son las primordiales encargadas en la dispersión de las semillas cuando estas llegan a su estado de madurez (Tovar-Rocha *et al.* 2014).

Es probable que las poblaciones de estas especies estén disminuyendo por sobreexplotación de las mismas, por efecto de un inadecuado aprovechamiento de madera o por daños ocasionados por la práctica tradicional de pastoreo adentro del bosque aprovechado (Bautista y Del Castillo 2014). En tanto, la alteración de los sistemas naturales a consecuencia de las transformaciones antropogénicas ha producido que muchos ecosistemas y especies se encuentren amenazadas o se hallen al borde de la extinción. Factores como la deforestación, para convertir los bosques en potreros o campos de cultivo, o la degradación por uso inadecuado del bosque son problemas que tienden a generar pérdida de biodiversidad (Jardel 1998).

Los cambios de uso de suelo están asociados a múltiples variables, desde la modificación de cubierta vegetal, las interacciones ecológicas, el ambiente físico, las actividades socioeconómicas y el contexto social (FAO 2016). Así mismo, la densidad y la marginación de las poblaciones humanas en áreas boscosas también son componentes socioeconómicos con influencia en la alteración del paisaje, pues la gente carece de suficientes recursos económicos, de capacitación técnica y de estrategias para mantener

fértiles sus tierras, de modo que optan por el desmonte de áreas para la agricultura (Leija-Loredo *et al.* 2016).

Las tres especies de estudio antes descritas están registradas en la lista roja de la IUCN, se tienen *L. glaucescens* en la categoría en peligro y dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y NOM-059-SEMARNAT-2010 es categorizada como en peligro de extinción (Luna 2003), *S. macrostema* como vulnerable y *A. xalapensis* categorizada como de bajo riesgo dependiente de la conservación. Las principales amenazas que enfrentan estas plantas son la deforestación, la destrucción de bosques con fines agrícolas y ganaderos, así como su explotación con fines comerciales y sin ningún manejo o reglamento para su aprovechamiento (IUCN 2019).

2.5. Sobreexplotación

Los productos no maderables han sido sujeto de extracción y comercialización por parte de las comunidades de la región Sierra Norte de Oaxaca, sin embargo, el crecimiento del mercado podría generar sobreexplotación y con ello el deterioro y eventualmente la extinción del recurso (Tapia y Reyes 2008).

Ortega y Vázquez (2014) mencionan que una de las prácticas que desarrollan las personas de la región es la venta e intercambio de *Satureja macrostema* por alimentos, la venta se lleva a cabo por brazadas, que representa aproximadamente 25 kg a un costo de 200 a 250 pesos mexicanos (USD \$10 a \$12.5). En ocasiones la compra la garantizan con una anticipación de 50 o 100 pesos cuando la venta es por pedido (Ortega *et al.* 2014). La época de floración coincide con la colecta tradicional (forma manual), lo que afecta la propagación de esta especie (Alonso 2009; Ortega y Vázquez 2014).

El cultivo *in vitro* es mencionado por Dávila *et al.* (2016), como una opción para reproducir la especie *Litsea glaucescens*, dado que su producción de semillas y propágulos vegetativos puede resultar insuficiente para satisfacer las necesidades de eventuales programas de conservación, recuperación y uso racional de esta especie. El uso intensivo con fines como el medicinal, condimento, perfumes y rituales religiosos, parece estar afectando el crecimiento y abundancia de la especie en los ambientes naturales. Su colecta podría estar provocando una disminución de su crecimiento, desarrollo de las ramas y flores, y, por ende, los frutos y su capacidad reproductiva (Montañez *et al.* 2011; Valle *et al.* 2013).

López (2008) menciona que, para aprovechar y conservar las poblaciones de las especies de plantas no maderables de una forma sostenible, deben considerarse las siguientes cuestiones: conocer los impactos ecológicos del aprovechamiento y mitigar los mecanismos negativos y positivos que son generados durante el aprovechamiento.

2.6. Aprovechamiento forestal

Las especies de *Pinus* spp. y *Quercus* spp., en la región templada de la Sierra Norte de Oaxaca destacan por su importancia florística y económica, debido a que sus comunidades humanas dependen

del aprovechamiento forestal maderables y no maderables (Clark *et al.* 2018). Esta actividad genera un disturbio sobre otras especies, más aún si se considera que el 95% de la explotación forestal nacional produce cambios en la cantidad y calidad de luz que llega a la superficie del suelo, alterando la cobertura y afectando el establecimiento y sobrevivencia de plántulas, disminuyendo así además la capacidad erosiva del agua (Zacarías-Eslava y Del Castillo 2010).

La región Sierra Norte es considerada como una zona de aprovechamiento forestal, con el 70 % de su superficie ocupada por los distintos tipos de bosques (Hernández 2009). Esta zona sufre actualmente los excesos de la deforestación del pasado generados por empresas privadas como la Fábrica Papelera Tuxtepec (FAPATUX) (Zacarías-Eslava y Del Castillo 2010). A partir de los años 90 las comunidades serranas tomaron control de estos sitios para pasar a formar parte de bosques comunales, vigilando que su explotación se realice de forma adecuada, respetando los criterios administrativos, técnicos y biológicos (Tavera-Alonso *et al.* 2002).

La comunidad de San Juan Luvina cuenta con una superficie total de 5 285 hectáreas, de las cuales 4 354 hectáreas están cubiertas por superficie forestal. De ellas 1 310 ha están bajo manejo forestal y aproximadamente 230 ha en conservación. El sistema que emplean para el manejo forestal es el Sistema Mixto, conformado principalmente por dos tipos de métodos de desarrollo, como primero está el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y segundo el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) (Maldonado *et al.* 2015).

La superficie de bosque que se encuentra bajo manejo y aprovechamiento forestal por parte de las personas de la comunidad, por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la cual autoriza la extracción de un volumen de 5 897 hectáreas por sistema silvícola con el fin de mantener una regulación de los servicios ecosistémicos dentro del bosque (Maldonado *et al.* 2015). Las existencias reales por tipo de bosque, según Maldonado *et al.* (2015), se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie bajo manejo, existencias reales totales y por hectárea en San Juan Luvina.

Superficie bajo manejo (ha)	Existencias reales totales (m ³ vta)		Existencias reales / ha (m ³ vta)	
	Por tipo de bosque		Por tipo de bosque	
1, 310 ha	Pino	Encino	Pino	Encino
		196,556	68,470	150

vta=volumen total árbol

Zacarías-Eslava y Del Castillo (2010) mencionan que las plantas pueden ser desplazadas por variaciones climáticas y por los cambios que ocurren dentro de los gradientes altitudinales del bosque.

Jardel (1998) menciona que además de las variaciones climáticas, la tala y el desmonte forestal, igual que los incendios, son factores que causan cambios en la composición y estructura de muchas especies, principalmente de variedades no maderables, que a lo largo del tiempo puede llegar a provocar una pérdida de especies vegetales y animales. Estos cambios generan además un desequilibrio en el estado hídrico y los procesos ecológicos del bosque (Hyde *et al.* 2001).

De acuerdo con Aguilar y Del Castillo (2013), algunas especies de plantas no maderables se benefician del manejo forestal, ya que al momento de ser practicada la extracción de madera se crean claros que permiten disponer mayor energía solar para las plantas que se encuentran por debajo del dosel. Este claro permite la rápida fructificación y crecimiento de la especie. Como es el caso de *S. macrostema*, cuando se cosecha la madera de los bosques contribuye a su crecimiento encontrando una mayor cantidad de individuos y que esta responde positivamente a la intervención humana, siempre y cuando no se colecte de manera intensiva (Ortega y Vázquez 2014). Juep (2008) menciona que la abundancia de las especies en áreas descubiertas puede ser mayor, y son estas de porte arbustiva cómo es el caso de *Hypolepis repens* (Linnaeus) y *Urera caracasana* (Jacq.) Griseb.

2.7. Pastoreo local

El pastoreo local implementado por personas de las comunidades, a pesar de ser menor, genera una gran presión sobre los recursos forestales, por compactación y herbivoría, afectando las especies no maderables (Hernández *et al.* 2000), principalmente de porte bajo (caso de *S. macrostema*), pues causa daños en las ramas principales en donde se desarrolla la floración (Ortega y Vázquez 2014).

La región de la Sierra Norte ha demostrado una expansión de 3.3 % de la cubierta forestal en sus bosques de pino-encino durante un periodo de 20 años por causa del aprovechamiento forestal para la producción de madera (ECODES 2016). Así mismo, el cambio de uso de suelo y/o deforestación ha alcanzado una tasa negativa en la recuperación de cobertura forestal de -2.2 a -1.6 hectáreas anuales en el periodo 1980-2000, principalmente por actividades de extracción forestal y agricultura, y del periodo 2000-2010 la ganadería, manteniendo así la actividad forestal (DGEIA 2002; Velasco *et al.* 2014). Esta actividad generada por las personas de la región causa la transformación del ambiente y una mayor tasa de deforestación a causa de la agricultura (Ordoñez y Rodríguez 2008).

Además, la difícil regeneración en algunos sitios en donde crecen estas especies se dificulta más aún en las temporadas de sequía debido a los escasos de alimento del ganado (Jiménez-Ferrer *et al.* 2007).

De acuerdo con Bautista y Del Castillo (2014) las poblaciones de las plantas no maderables se han visto afectadas por las actividades antropogénicas, entre estas: el aprovechamiento forestal, la tumba, rosa y quema de bosques por la implementación de la agricultura tradicional y el pastoreo local, que finalmente genera un cambio de uso de suelo. Estas son actividades que podrían cambiar la dinámica de las especies, llevándolas a un grado de vulnerabilidad y provocando la susceptibilidad ante la interacción con otras especies, involucrando sus rasgos funcionales a adaptarse a otras condiciones ambientales (Bautista *et al.* 2005).

2.8. Impacto de las construcciones de carreteras en el bosque

La construcción de las carreteras constituye un elemento importante de desarrollo, ya que han sido considerados como obras que representan un gran beneficio social y económico para las regiones y para las mejoras de la calidad de vida de las personas. Sin embargo, estas obras de infraestructura causan efectos negativos sobre el ambiente (Arroyave *et al.* 2006).

Los efectos más significativos de las carreteras en el medio ambiente son: fragmentación del ecosistema, dispersión de especies exóticas, disminución de las poblaciones de especies de flora y fauna nativa, producción de partículas contaminantes y altos niveles de ruido, alteración del ciclo hidrológico, contaminación de aguas de los ríos y del suelo, así como los cambios de variaciones microclimáticos (Arroyave *et al.* 2006; Puc-Sánchez *et al.* 2013; Álvarez *et al.* 2014).

Según Primack (1998) y Gutiérrez (2017), las carreteras que se encuentran en el interior del bosque generan una reducción de cobertura y subdividen en fragmentos las porciones de tierra que conforman. Las carreteras pueden facilitar la tala y extracción de madera ilegal, cambio y uso de suelos para cultivos. Además, causan dos efectos principales en la vegetación amenazando la persistencia de las especies que son el efecto de borde (Contreras 2004) y el efecto de barrera (Arroyave *et al.* 2006).

El efecto de borde se refiere a la distancia máxima (hacia el interior del fragmento de bosque) donde ocurren cambios significativos estructurales y funcionales por efecto del cambio de uso adyacente (Primack 1998; Romero-Torres y Ramírez 2011). Las carreteras causan este efecto, elevando los niveles de temperatura, provocando una menor humedad y creando una mayor radiación y susceptibilidad al viento (Kattan 2002).

El efecto de barrera impide la movilidad de los organismos a otros sitios, cambiando su dinámica y la tasa reproductiva (Primack 1998; Forman y Alexander 1998). Este efecto limita el potencial de dispersión de los organismos, así como su colonización a otros ambientes (Arroyave *et al.* 2006). La carretera actúa como una barrera que inhibe la dispersión de frutos, dinámica que es realizada principalmente por animales vertebrados (Goosem 1997).

3. Justificación e importancia

De acuerdo con un trabajo anterior realizado por López-Santiago (2015), se identificaron productos no maderables relevantes para la comunidad de San Juan Luvina, *Litsea glaucescens* H.B.K., *Satureja macrostema* (Benth.) Briq., y *Arbutus xalapensis* Kunth., como plantas de uso medicinal, ritual y comercial importantes en esta región, altamente valoradas por la gente y utilizadas en distintos eventos socioculturales. Se trata de plantas que en el estudio tuvieron mayor número de menciones de usos y frecuencia de aprovechamiento en comparación con otras especies no maderables de la localidad.

Con la presente investigación se pretende generar conocimiento sobre el estado de las poblaciones de estas tres plantas medicinales, para que los habitantes de la comunidad conozcan el posible efecto de

sus actividades sobre las mismas y la eventual necesidad de mejoras en la gestión del bosque. Para esto se comparó el estado de las poblaciones dentro de los diferentes tipos de vegetación, ya sea con o sin prácticas de manejo.

Se espera plantear propuestas o estrategias de conservación y restauración de estas especies y hacer conciencia en la población sobre la necesidad de verificar el efecto de las prácticas de manejo del bosque en un contexto de mercado creciente de recursos no maderables.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Establecer el estado de las poblaciones naturales de tres especies no maderables medicinales (*Arbutus xalapensis* Kunth., *Litsea glaucescens* K.B.K., y *Satureja macrostema* (Benth.) Briq.), en cuanto a su abundancia, altura y área basal, bajo el efecto de diferentes intervenciones humanas en dos tipos de bosques en la comunidad de San Juan Luvina, Sierra Norte, Oaxaca.

4.2. Objetivos específicos

1. Determinar el estado de las poblaciones de tres especies medicinales atribuibles al aprovechamiento forestal maderero.
2. Determinar el efecto de la cosecha directa de estas tres especies sobre el estado de sus poblaciones naturales, así como el efecto de otros agentes de deterioro que generen claros en el bosque.
3. Hacer recomendaciones para la gestión sostenible o restauración de las poblaciones silvestres de estas tres especies medicinales nativas.

5. Preguntas de investigación

A continuación, se presentan las preguntas de investigación que se pretenden responder, estas fueron construidas a partir de los objetivos específicos:

1. ¿Existen diferencias en el estado de las poblaciones de las especies bajo estudio entre los bosques de pino-encino y los bosques de encino, independientemente de que se practique o no aprovechamiento forestal?
2. ¿Existen diferencias en el estado de las poblaciones de las especies bajo estudio entre zonas intervenidas o no intervenidas por el aprovechamiento forestal?
3. ¿Existen diferencias en el estado de las poblaciones de las especies bajo estudio atribuibles a su cosecha directa que podrían afectar su sostenibilidad?

4. ¿Existen diferencias en el estado de las poblaciones de las especies bajo estudio atribuibles a la existencia de otras actividades humanas que generan claros en el bosque que podrían afectar su sostenibilidad?

6. Metodología

6.1. Zona de estudio

La comunidad de San Juan Luvina se encuentra en el municipio de San Pablo Macuilianguis localizada a 118 km de la ciudad de Oaxaca, dentro de la región Sierra Norte (actualmente Sierra Juárez), perteneciente al Distrito de Ixtlán de Juárez (Figura 1). El municipio cuenta con una superficie de 162.03 km² lo cual representa el 0.17 % del territorio estatal. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 17° 50' de latitud Norte y 96° 54' de longitud Oeste, y a una altura media de 1 880 msnm.

Se trata de una comunidad indígena zapoteca que conserva sus costumbres y tradiciones, así como su lengua. Cuenta con 548 habitantes. Su principal actividad económica es la forestal. Predomina la religión católica, seguida de otra religión que cuenta con un representante orientador y guía, pero las diferentes creencias no generan división y la población se une en torno a las obras sociales.

De acuerdo con la tradición, la población se fundó hace aproximadamente 400 años, con habitantes provenientes de Maninaltepec, primero en el lugar denominado “Peña negra”, pero debido a los escasez de agua los colonos se trasladaron a Luvina vieja, en zapoteco “*Due' tsi*”, y finalmente, en busca de tierras fértiles y agua llegaron al sector actual de la comunidad, llamado en zapoteco “*Lu' viinaa*”, que tiene dos posibles significados en español, “luz de la madre luna” o “raíz de la miseria”.

6.1.1. Fisiografía

El municipio de San Pablo Macuilianguis en donde se encuentra la comunidad de San Juan Luvina pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur, así como a la subprovincia de la Sierra Oriental, y se ubica a una altitud entre 1 000 y 2 040 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con tres sistemas de topoformas entre las cuales se puede destacar la Sierra alta compleja, Sierra de cumbres tendidas y Valle ramificado con lomerío (INEGI, 2008).

6.1.2. Orografía

Cuenta con una topografía muy accidentada con pendientes mayores al 45%. Entre sus principales elevaciones están: Cerro de Humo Grande, Cerro Perico y Cerro del Soplador, los cuales se ubican en la parte alta del municipio. Por otro lado, existen lomeríos con pendientes del 10 al 20% y cerros accidentados. En las pequeñas llanuras existentes se práctica la agricultura (principalmente: maíz, calabaza, frijol y chícharo) y por las condiciones del terreno no es posible el uso de maquinaria agrícola, para esto únicamente se emplea la yunta tradicional (INEGI, 2008).

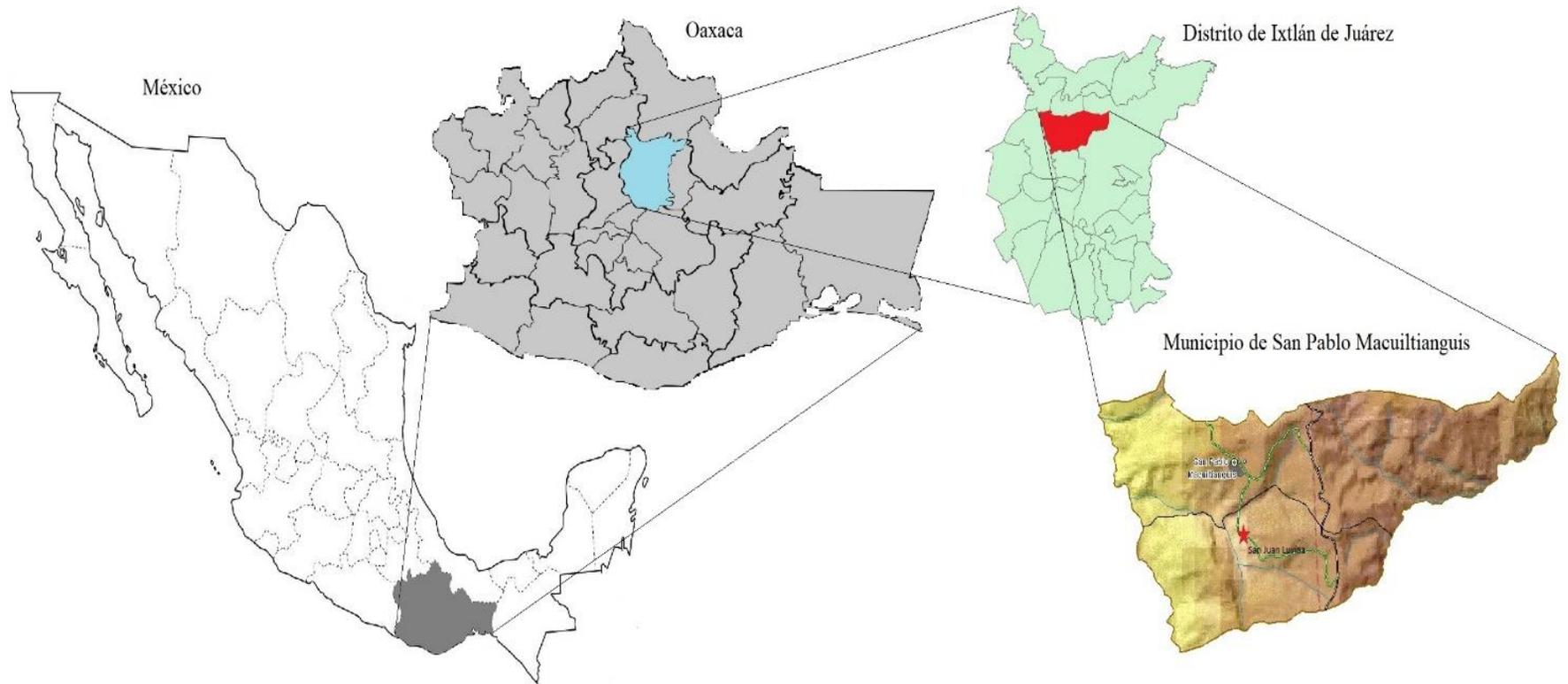


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

6.1.3. Clima

El clima templado húmedo C(m) con lluvias en verano, comprende el 39.13% del territorio municipal y abarca principalmente la parte alta del municipio y una parte de la cabecera municipal a una altitud de los 1 000 a 2 030 msnm. Esta zona generalmente está cubierta de bosques de pino que permanece verde la mayor parte del año, y es ahí donde se localizan los manantiales que abastecen al municipio (INEGI, 2008).

El clima templado subhúmedo C(w1) con lluvias en verano, comprende el 32.14% del territorio y se presenta al oeste del municipio a una altitud de los 1 000 a 1 600 msnm. La vegetación del área se constituye de matorrales secundarios como el chamizo y naturales como madroño y pino. La comunidad de San Juan Luvina tiene este tipo de clima (INEGI, 2008).

El clima semicálido subhúmedo (A)C(w1) con lluvias en verano, comprende el 21.38% y se encuentra principalmente en la parte sur o baja del municipio a una altitud de los 1 000 a 1 100 msnm; comprende una parte de la comunidad de San Juan Luvina. La vegetación es de selva baja caducifolia que corresponde a clima semicálido húmedo baja (A)C(w0), los cactus son comunes en estas áreas, donde el suelo es fértil y apto para cultivos frutales como los cítricos. También se presenta el clima de tipo semiseco Aw1 muy cálido y cálido con una humedad media, que comprende el 7.35% del territorio (INEGI, 2008).

El municipio tiene una temperatura media normal de 16.3 °C y una precipitación anual de 1 328 mm. Presenta 129.1 días lluviosos y 72.8 días de niebla, en los meses de diciembre a febrero las temperaturas son bajas y de marzo a mayo son las más altas. Por otra parte, los meses de junio a septiembre presentan mayor precipitación, mientras que de enero a abril son los menos lluviosos (INEGI, 2008).

6.1.4. Hidrología

La comunidad de San Juan Luvina se halla en la región hidrológica número 28 “Papaloapan”, la cual se divide en dos subcuencas el “Río Quiotepec” (a la que pertenece el municipio) y el “Río Valle Nacional”. Sus principales ríos son: el Río Comal, el Río Ceniza, el Río Culebra y el Río Grande. La localidad cuenta con dos manantiales que abastecen sus necesidades y con varios arroyos que desembocan en el Río Grande, incluido el llamado “*Yoo’ tera*” que sirve como límite entre San Juan Luvina y San Pablo Macuilianguis (INEGI, 2008).

6.1.5. Edafología

Hay tres tipos de suelo en la comunidad: a) regosol, que cuenta con una textura areno-arcillosa, abundante materia orgánica, poco profunda y fértil, ocupa la mayor parte del bosque mesófilo de montaña; b) luvisol, de textura arenosa con mucha arcilla en el subsuelo, normalmente de color rojo o amarillentos, de fertilidad moderada y muy susceptible a la erosión, de ahí que no es muy recomendable para la agricultura, normalmente se encuentra en áreas forestales; y c) cambisol, de textura arcillo-limosa con buen drenaje, y ph neutro. Estos suelos se usan para la actividad agrícola, aunque también son

susceptibles a la erosión debido a la pendiente. En el municipio este suelo se considera fértil y es el que predomina.

6.1.6. Uso de suelo y vegetación

De acuerdo con la clasificación de Rzedowski (2006), el 76.77% del territorio municipal está conformado por bosques de encino, pino y pino-encino, los cuales se encuentran protegidos por los encabezados de la autoridad municipal y comunal de ambas comunidades, y en general por los habitantes del lugar.

Gran parte del bosque de pino-encino constituye un bienpreciado por los comuneros, porque de él obtienen recursos económicos por la venta de madera, lo cual es controlado tanto por la autoridad agraria como por la SEMARNAT y la PROFEPA, que aprueban la zona de explotación y manejo forestal por medio de estudios de muestreo. Además, en este tipo de bosque muchos de los habitantes extraen trozos de árboles (únicamente árboles secos) que son utilizadas como leña.

Se realizan además campañas de reforestación en las zonas que son impactadas por la mano del hombre o por causas naturales, así como el control de plagas y enfermedades. La comunidad ha visto el beneficio de las prácticas de control y manejo forestal, a través de la protección que brindan a los cuerpos de agua para el consumo. Por otra parte, el 11.24% del territorio corresponde al bosque tropical caducifolio, localizado al oeste del municipio, entre los límites con San Miguel Abejones, conocido por los habitantes como “tierra caliente”, lugar en donde algunas personas también aprovechan la madera de los árboles como leña.

Actualmente en el municipio se práctica la agricultura de temporal, principalmente en San Juan Luvina, actividad que representa el 11.67%. En ambas comunidades se cultivan el maíz, calabaza, frijol y chícharo con fines de autoconsumo. Sin embargo, el bosque se ve afectado por la deforestación, sobre todo en las zonas agrícolas, principalmente practicada en áreas con pendientes. La metodología de cultivo consiste en la tumba, rosa y quema, lo que acarrea problemas de erosión e infertilidad del suelo. Finalmente, el 0.32% del territorio es donde se asienta la zona urbana (INEGI 2008).

6.2. Áreas de medición

Los principales tipos de cobertura donde se evaluó el estado de las especies no maderables fueron bosque de pino-encino y bosque de encino, las cuales fueron identificadas con criterios basados principalmente en las descripciones de tipos de vegetación de Oaxaca propuesta por Rzedowski (1978) y Palacio-Prieto *et al.* (2000), quienes mencionan las diferentes asociaciones vegetales en cuanto a la estructura y composición florísticas de la región (Torres-Colin 2004).

Dentro de cada uno de estos bosques se diferenciaron áreas con presencia y sin presencia de aprovechamiento maderero y/o medicinal por parte de las personas de la localidad. Estas combinaciones del tipo de bosque y el tipo de aprovechamiento conformaron a los tratamientos analizados.

Se generaron formularios que sirvieron para el registro de los datos para cada especie, donde se consideraron: datos topográficos; distancia del agente de deterioro por causa antropogénica al lugar donde se establecieron los transectos y parcelas (entre estas se mencionan: distancias de carreteras, líneas eléctricas, aprovechamiento forestal, caminos de extracción, entre otros).

6.3. Tratamientos y dispositivo de muestreo

Se consideraron seis tratamientos (Cuadro 2), conformados de la siguiente manera:

Cuadro 2. Tratamientos considerados en los dos tipos de bosques pino-encino y encino.

Tratamientos	Descripción
<p>1. Bosque de pino-encino con aprovechamiento forestal y medicinal (BPE: AF + AM).</p> <p>2. Bosque de encino con aprovechamiento forestal y medicinal (BE: AF+AM).</p>	<p>Dentro de estos bosques se practica el aprovechamiento maderero (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI)), que consta en un método de ordenación por volumen, donde el silvicultor mantiene la misma cantidad de producto aprovechado al año. Este método consiste en la extracción selectiva, una intensidad de corta variable según el incremento corriente de volumen de cada rodal y un ciclo de corta fijo de árboles maduros de pino o encino que han alcanzado un crecimiento máximo (Madrid 2016; Bretado <i>et al.</i> 2018).</p> <p>En tanto, el aprovechamiento medicinal se lleva a cabo por las personas de la localidad mediante la colecta manual de hojas, ramas, tallos, flores, frutos, etc., de la planta (especie no maderable) para cubrir sus necesidades (López-Santiago 2015).</p>
<p>3. Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal, pero si medicinal (BPE: NAF + AM).</p> <p>4. Bosque de encino sin aprovechamiento forestal, pero si medicinal (BE: NAF + AM)</p>	<p>En estos tipos de bosques el aprovechamiento maderero tanto de árboles de pinos y encinos está ausente. En tanto, está presente el aprovechamiento medicinal según lo define López-Santiago (2015).</p>
<p>5. Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal y sin aprovechamiento medicinal (BPE: NAF + NAM).</p> <p>6. Bosque de encino sin aprovechamiento forestal y sin</p>	<p>Dentro de estos tipos de bosques la actividad maderera y medicinal están ausentes, debido a que son áreas que la comunidad las protege como áreas de conservación. Estos sitios abastecen con recurso hídrico a las personas de la localidad.</p>

aprovechamiento medicinal (BE: NAF + NAM).	
--	--

En cada tratamiento se establecieron nueve parcelas de 20 m x 5 m (repeticiones). Estas parcelas fueron distribuidas a lo largo de 18 transectos de 500 m de largo (Figura 2), separados entre sí por una distancia mínima de 100 m. Dentro de cada transecto se establecieron 3 parcelas (Figura 3), separadas entre sí por una distancia de 220 m, dando como resultado una totalidad de 54 parcelas (Cuadro 3).

Para el establecimiento de las parcelas se utilizó una cinta métrica de 50 m de largo, de fibra de vidrio carcasa plástica de la marca Truper modelo 12639 y una brújula lensática para determinar el rumbo de los transectos, tomando a la vez como base las curvas de nivel de la zona de estudio.

Para la georreferenciación de los puntos a lo largo de los transectos se utilizó un GPS marca GARMIN Oregón 650, y estos se marcaron con cintas plásticas. Los puntos iniciales y finales de cada parcela fueron ubicados en los 0-20 m, 240-260 m, y 480-500 m del transecto respectivamente. Cada uno de los puntos registrados fue ubicado en un mapa elaborado con el programa ArcMap 10.3.

Cuadro 3. Número de parcelas de cada tratamiento para el análisis del estado de especies medicinales utilizadas en San Juan Luvina.

Tipo de bosque	Uso maderero	Uso medicinal	Tratamiento	Número de Repeticiones (parcelas)
Bosque de pino-encino	Si	Si	BPE: AF + AM	9
	No	Si	BPE: NAF + AM	9
	No	No	BPE: NAF + NAM	9
Bosque de encino	Si	Si	BE: AF + AM	9
	No	Si	BE: NAF + AM	9
	No	No	BE: NAF + NAM	9
Total, de parcelas				54

BPE=Bosque de pino-encino; BE=Bosque de encino; AF+AM= Aprovechamiento forestal + Aprovechamiento medicinal; NAF+AM= No aprovechamiento forestal + Aprovechamiento medicinal; NAF+NAM= No aprovechamiento forestal + No aprovechamiento medicinal.



Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas para análisis de las tres especies medicinales en San Juan Luvina.

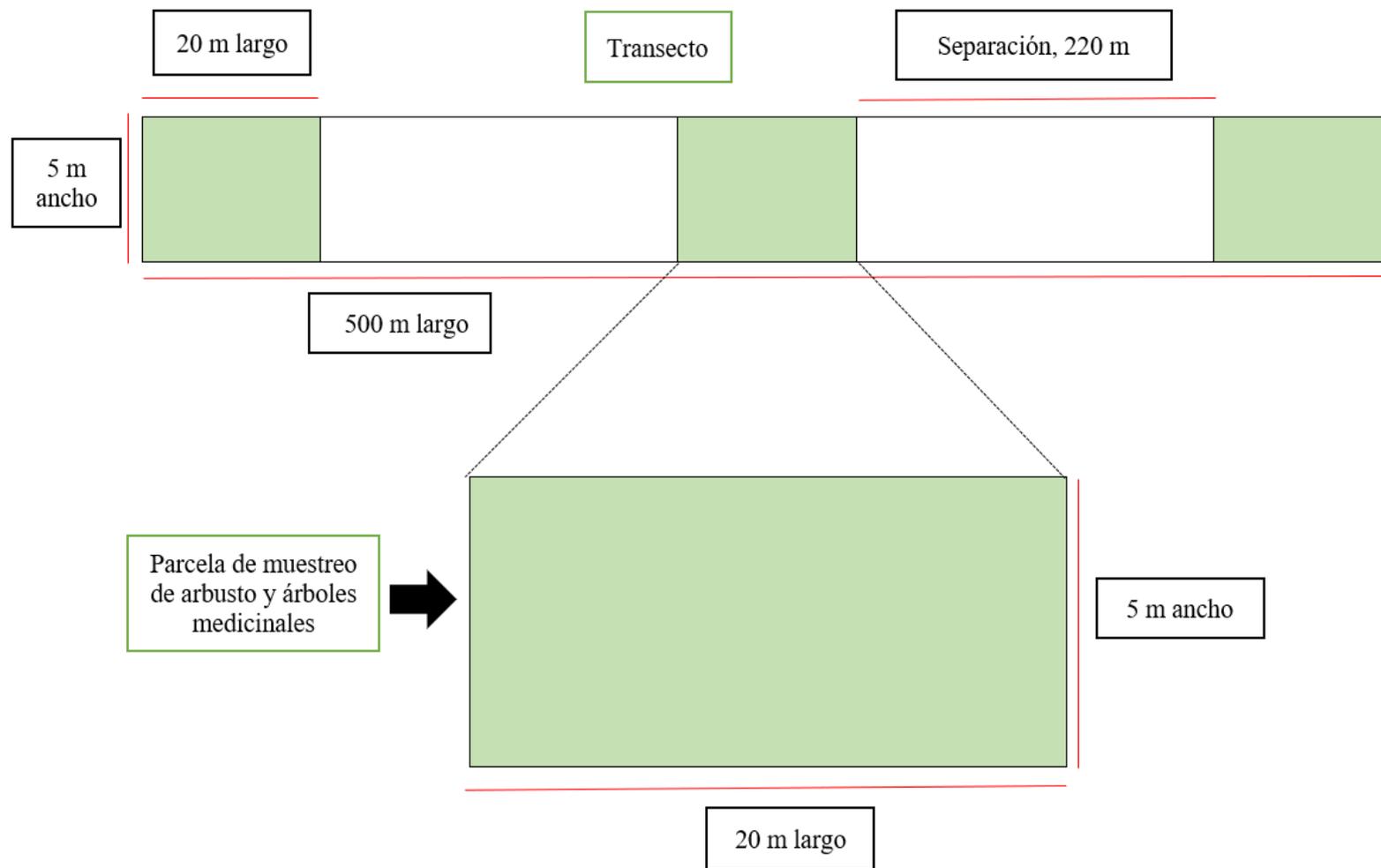


Figura 3. Esquema del diseño de muestreo, señalando las medidas de los transectos y parcelas para el estudio de tres especies medicinales.

6.4. Registro de datos en campo

En cada una de las parcelas se hizo una descripción del tipo de vegetación. Los datos registrados fueron: tipo de bosque (se anotó si era pino-encino o únicamente encino), condición del bosque (con aprovechamiento / sin aprovechamiento), número del transecto, número de la parcela, coordenadas geográficas, cobertura del dosel, condición topográfica, condición del suelo, altitud, presencia de posibles factores de deterioro; y para los individuos de las especies de interés en la parcela: identidad, abundancia, altura, diámetro, afectación de follaje (por cosecha de la planta). Se elaboraron formularios de registro que sirvieron para la toma de los datos de las variables del ambiente y variables de las especies (Cuadro 4 y 5). En las siguientes secciones se detallan todas las variables.

Los datos fueron registrados en formularios que se imprimieron en hojas de papel contra agua, esto para prevenir algún accidente de borrosidad de estos, a causa de las condiciones ambientales de la zona de estudio. El registro fue tomado dentro de cada una de las parcelas establecidas en los transectos en la zona de trabajo.

Cuadro 4. Formulario de recolección de datos sobre las variables del ambiente.

REGISTRO DE DATOS										
Estado:	Nombre de la región:	Nombre del distrito:			Día:	Fecha:				
Oaxaca	Sierra Norte	Ixtlán de Juárez								
Nombre del municipio:		Nombre de acompañantes:								
San Pablo Macuilianguis										
Nombre de la localidad: San Juan Luvina										
Variables del ambiente										
Tratamientos	Coordenadas geográficas			msnm	Rumbo o azimut	Cobertura del dosel de la parcela (subparcelas 5 x 5 m)				
	Punto	N (Y)	W (X)			Punto	N	S	E	W
# Parcela	Inicial					1				
	Final					2				
# Transecto	Inicial					3				
	Final					4				
Tipo de bosque		Condición de bosque			Condición del suelo					
Pino-encino	Encino	Uso maderero	Uso medicinal	Suelo húmedo con presencia de piedra (SHP)	Suelo húmedo (SH)	Suelo muy húmedo (SMH)	Suelo seco (SS)	Suelo seco con presencia de piedra (SSP)		
		Si	Si	Condición topográfica						
		No	Si	Cima (C)	Ladera superior (LS)	Ladera inferior (LI)	Base (B)			
No	No									
Factores de efecto (agentes de deterioro)		Distancia más corta entre la parcela y el área alterada (m) / Observaciones								
Camino a localidad										
Camino abandonado										
Carretera federal										
CFE alta tensión										
Camino en uso										
CFE baja tensión										

Cuadro 5. Formulario de recolección de datos sobre las variables de las especies de plantas.

Variables que medir de las especies								
Especies por evaluar: <i>Litsea glaucescens</i> H.B.K.; <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.; <i>Satureja macrostema</i> (Benth.) Briq.								
# Ind.	Eje	Especie	Altura total (m)	Diámetro (DAP) 1.30 m (especie arbórea)	Diámetro 5 cm del suelo (especie arbustiva)		Afectación de follaje cosechada de la planta	Observaciones
					Diámetro 1	Diámetro 2		

Ind. =Individuo; a=Alta; m=Media; b=Baja

6.5. Variables medidas

6.5.1. Afectación de follaje

La afectación de follaje por cosecha de cada individuo medido se refiere a una valoración visual subjetiva de la intensidad de cosecha previa aparente, lo cual permite además verificar el tipo de estructura vegetal colectada. Se consideraron tres categorías de intensidad: alta (A), media (M), y baja (B) (Cuadro 6). Los criterios que se utilizaron para identificar estas categorías se basaron principalmente:

Cuadro 6. Criterios para la identificación de categorías en la afectación de follaje.

Categorías	Criterios
Intensidad alta (A)	Se consideraron plantas que presentaron un tallo seco en su totalidad y cortes tanto en ramas como en tallo.
Intensidad media (M)	Se consideraron plantas que únicamente presentaron un ápice seco y cortes en el tallo.
Intensidad baja (B)	Se consideraron plantas que presentaron cortes de ramas.

Para esto, se revisaron cuidadosamente las ramas y tallos de las plantas y se identificaron cicatrices por cosecha. Debido a que la presencia de especies observadas en campo con estas categorías de afectación fueron pocas (14 individuos) no fueron consideradas ni presentadas mediante pruebas estadísticas (Ver Anexo 13).

6.5.2. Factores de deterioro

Debido a la presencia de potenciales agentes de deterioro en la zona de estudio causados por actividades humanas, se evaluó su efecto sobre las poblaciones bajo estudio, relacionando la cercanía de caminos internos, carreteras, aperturas para líneas eléctricas y claros por aprovechamiento maderero con las variables de abundancia y área basal. Para cada uno de estos agentes se registraron las coordenadas geográficas con un GPS, y con esto su distancia hasta el límite de la parcela.

6.5.3. Diámetro y altura

A cada individuo de *Litsea glaucescens* y *Arbutus xalapensis*, especies arbóreas, se les midió el diámetro a 1.3 m de altura (DAP) considerando tallos desde los 2 cm, esto se realizó con una cinta diamétrica (López *et al.* 2017; Wabo 2002).

Para las especies de interés encontradas en cada parcela se registró la altura desde el suelo hasta el punto más alto de la copa mediante una vara telescópica (Wabo 2002).

Al ser *Satureja macrostema*, un arbusto, no un árbol, y por presentar varias ramas desde baja altura, su diámetro fue medido a los 5 cm de altura, indistintamente si presentaba o no un crecimiento secundario. Para la toma de esta medida se utilizó un vernier Stainless Hardened. Para la medición de su altura también se utilizó una vara telescópica (Vite *et al.* 2014).

6.5.4. Condición topográfica

La condición topográfica es importante, pues la inclinación y la dirección de la superficie del suelo crean variaciones en la intensidad y exposición de luz solar, así como en temperatura (Juep 2008); además es un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno (Oropeza 2010). Sancho y Villatoro (2005) mencionan que las áreas al pie de las pendientes presentan mayor fertilidad del suelo que puede favorecer a las plantas que se encuentran en esos sitios.

En cada una de las parcelas se registró la condición topográfica. Según cuatro categorías: cima (C), ladera inferior (LI), ladera superior (LS) y base (B) (Figura 4).

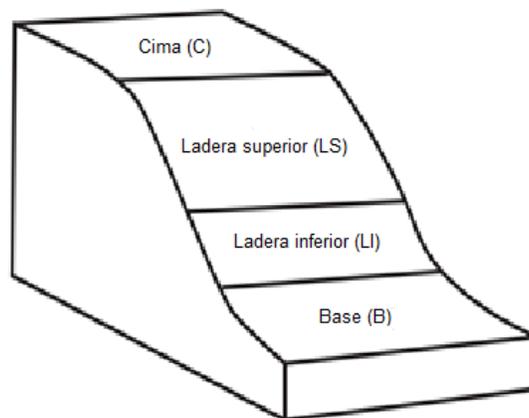


Figura 4. Representación generalizada de la condición topográfica.

6.5.5. Condición del suelo

El suelo es la capa más superficial de la superficie terrestre que sostiene a la vegetación, en la que participan factores como el clima, el relieve, los organismos y el tiempo. Proporciona al bosque una gran cantidad de nutrientes y elementos esenciales para su crecimiento. Las condiciones de humedad que

presenta la superficie del suelo son de gran importancia, afectan la presencia o ausencia de una especie en una cierta localidad (Jaramillo 2002; Palma-López *et al.* 2017).

Dentro de cada una de las parcelas se clasificó la condición del suelo en las categorías: suelo húmedo con presencia de piedra (SHP), suelo húmedo (SH), suelo muy húmedo (SMH), suelo seco (SS), suelo seco con presencia de piedra (SSP). Estas categorías fueron modificadas de acuerdo con la terminología de la SSDS, 1993, que utiliza para describir variables ambientales y que caracteriza las propiedades físicas y químicas del suelo (Jaramillo 2002).

6.5.6. Cobertura

En cada una de las parcelas se realizaron las mediciones del dosel del bosque (cobertura) utilizando un densiómetro esférico cóncavo modelo-A, que consta de una caja de madera, con nivel esférico de burbuja y un espejo cóncavo subdividido por una cuadrícula de 24 cuadrados (Newton 2007). Conforme a lo sugerido por Jennings *et al.* (1999) y Promis (2013), para las mediciones con este instrumento se colocó el mismo sobre una base (superficie plana y fija) a una altura de 1.30 m del suelo (altura variable), y a una distancia de 30 cm de la cara, con la finalidad de que la cabeza no se refleje en el área de la cuadrícula del densiómetro y obstaculice la medición.

La densidad del dosel se estimó con base en la proporción de cuadros que se observaron iluminados. El número de cuadros sin luz fue multiplicado por el factor propio del instrumento: 1.04 (Newton 2007), y la diferencia entre este valor y 100 indicó la densidad del dosel en los sitios.

Cada parcela de 5 m x 20 m, fue dividida en cuatro subparcelas de 5 m x 5 m, para cada una de las cuales se estimó la cobertura en el centro de la subparcela considerando los puntos cardinales. Este procedimiento fue repetido en cada una de las parcelas.

6.5.7. Altitud

La altitud sobre el nivel del mar en cada una de las parcelas correspondientes a cada tratamiento en ambos tipos de bosques fue medida con un GPS GARMIN Oregón 650.

6.6. Análisis de los datos

Se realizó un Modelo Aditivo Generalizado-componentes principales (análisis de regresión de Poisson con una función de enlace canónica-log-lineal) para determinar la relación entre las covariables y el número de individuos por especie. Los factores evaluados fueron los siguientes:

- Distancia desde camino principal (camino a localidad).
- Distancia a caminos abandonados.
- Distancia a carretera federal.
- Distancia a comisión federal de electricidad alta tensión.

- Distancia a caminos en uso.
- Distancia a comisión federal de electricidad baja tensión.

Para evaluar el posible efecto de los tratamientos, a saber:

- Bosque de pino-encino con aprovechamiento forestal y medicinal (BPE: AF+AM).
- Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal (BPE: NAF+AM).
- Bosque de pino-encino sin ningún tipo de aprovechamiento (BPE: NAF+NAM).
- Bosque de encino con aprovechamiento forestal y medicinal (BE: AF+AM).
- Bosque de encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal (BE: NAF+AM).
- Bosque de encino sin ningún tipo de aprovechamiento (BE: NAF+NAM).

Se utilizó una prueba de Modelos Lineales Generales Mixtos o Análisis de Varianza (ANOVA) para cada una de las variables de respuesta medidas para cada especie (abundancia, diámetro, altura). Este modelo fue en cuanto a áreas basales por clases diamétricas y número de individuos por clases diamétricas. Así mismo, se aplicó la prueba de hipótesis por especies para determinar si hubo diferencias entre ellas, mediante contrastes y una binomial negativa.

6.7. Procedimiento de análisis estadísticos

Los datos obtenidos del campo se procesaron con el programa Excel, generando así dos bases de datos, una correspondiente a los datos de las especies y otra con datos de las variables de ambiente. Las representaciones gráficas de los mapas se realizaron utilizando programas de Google Earth y ArcGIS 10.3, y el análisis estadístico se realizó con el software InfoStat Profesional, Qeco y R versión 3.5.1.

Para las plantas medidas que presentaron varios ejes, se calculó un solo dato de diámetro cuadrático mediante la fórmula: $dap = \sqrt{d1^2 + d2^2 + d3^2 + n^2}$ (Salazar, 1989). Para cada especie se definieron 5 categorías diamétricas (Cuadro 7). Con el diámetro de cada individuo se calculó su área basal mediante la fórmula: $AB = \pi dap^2/4$ (Santillana 2013; Cid Lendinez, *et al.* 2013).

Cuadro 7. Categorías de clases diamétricas correspondiente a cada una de las especies estudiadas.

Especies	Categorías de clases diamétricas (cm)				
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
<i>Arbutus xalapensis</i>	2.00- 5.67	5.67- 9.33	9.33- 13.00	13.00- 16.67	16.67- 57.00
<i>Litsea glaucescens</i>	2.00- 4.36	4.36- 8.63	8.63- 12.89	12.89- 17.15	17.15- 47.00
<i>Satureja macrostema</i>	0.10- 1.41	1.41- 2.72	2.72- 4.03	4.03- 5.34	5.34- 12.56

Para cada una de las especies, se hizo una prueba de hipótesis para ver si existe una diferencia en el número de individuos dentro de los tratamientos, así como una binomial negativa. Se compararon las variables entre tratamientos. Posteriormente, se tomó el número de individuos hallados en cada uno de los tratamientos para categorizarlos por intervalos; para esto se realizó una prueba de hipótesis de

contrastes globales. Esto con la finalidad de comparar el comportamiento del número de individuos de cada una de las especies en función del diámetro en cada uno de los tratamientos.

Finalmente, para evaluar la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental (componentes principales) con el número de individuos por especie, se realizó un modelo aditivo generalizado con distribución binomial negativa, el plano fue modelado en dos dimensiones con interacción de las especies. Para la elaboración de este modelo se utilizó el Software R 3.5.1 (R Core Team. 2018) con la librería mgcy (Wood 2017).

7. Resultados y discusión

En las 54 parcelas establecidas en los 18 transectos (0.54 ha), se encontraron 998 individuos entre las tres especies de plantas medicinales, 594 fueron de la especie *Satureja macrostema* (Benth.) Briq., 223 de *Litsea glaucescens* H.B.K., y 181 de *Arbutus xalapensis* Kunth.

7.1. Prueba de hipótesis para contrastes

Como se observa en el Cuadro 8, las tres especies *Arbutus xalapensis* ($p=0.0196$), *Litsea glaucescens* ($p=0.0081$) y *Satureja macrostema* ($p=0.0458$) presentaron diferencias significativas en la abundancia de individuos entre tratamientos, usando un nivel de significancia del 95 %.

Cuadro 8. Prueba de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos entre las tres especies.

Especie	Diferencia entre especies	
	f-valor	p-valor
<i>Arbutus xalapensis</i>	3.46	0.0196
<i>Litsea glaucescens</i>	3.95	0.0081
<i>Satureja macrostema</i>	2.98	0.0458

Mientras *A. xalapensis* y *L. glaucescens* son arbóreas, *S. macrostema* es arbustiva, pero además claramente más abundante, lo que puede que le haga más resiliente ante posibles impactos del aprovechamiento forestal. Esta característica concuerda con lo mencionado por Ortega-Ortega y Vázquez-García (2014), quienes mencionan que *S. macrostema* es abundante en el sotobosque de encino o pino.

Arbutus xalapensis

El tratamiento bosque de encino sin aprovechamiento forestal y con uso medicinal (BE: NAF+AM) presentó mayor cantidad de individuos de *A. xalapensis* que el tratamiento bosque de encino con aprovechamiento forestal y medicinal (BE: AF+AM) con un $p=0.0050$. Este resultado concuerda a medias con lo mencionado por Hernández (2007), donde indica que el número de individuos de *A. xalapensis* es mayor cuando el bosque de encino no tiene ningún tipo de aprovechamiento, pero en este caso está presente el medicinal. No hubo diferencia en la abundancia de esa especie entre el bosque de

encino y el pino-encino (BE vs BPE), ni entre las demás combinaciones de tratamientos por uso del bosque (Cuadro 9, Figura 5).

Cuadro 9. Prueba de hipótesis mediante contrastes correspondientes a la especie de *Arbutus xalapensis*.

Tratamiento	PredLin	E.E.	Chi-Cuadrado	Gl	p-valor
BE vs BPE	0.27	0.35	0.62	1	0.4302
BE: NAF+NAM vs BE: AF+AM; BE: NAF+AM	-1.09	0.62	3.08	1	0.0792
BE: NAF+AM vs BE: AF+AM	1.14	0.41	7.87	1	0.0050
BPE: NAF+NAM vs BPE: AF+AM; BPE: NAF+AM	0.20	0.49	0.17	1	0.6789
BPE: NAF+AM vs BPE: AF+AM	1.22	0.67	3.30	1	0.0694
Total			17.28	5	0.0040

BE=Bosque de encino; BPE=Bosque de pino-encino; BE: NAF+NAM=Bosque de encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal; BE: AF+AM=Bosque de encino con aprovechamiento forestal y medicinal; BE: NAF+AM=Bosque de encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal; BPE: NAF+NAM=Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal; BPE: AF+AM=Bosque de pino-encino con aprovechamiento forestal y medicinal; BPE: NAF+AM=Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal.

La diferencia significativa en el número de individuos entre BE: NAF+AM vs BE: AF+AM parece mostrar un efecto del aprovechamiento maderero en detrimento de la abundancia de individuos de *A. xalapensis* independientemente de que se dé o no el aprovechamiento medicinal (Figura 5). Este posible efecto del aprovechamiento maderero coincide con lo expuesto por López-Villegas *et al.* (2017); solo que en un bosque de pino-encino, donde muestran un ajuste de modelo de bondad, que indica menor número de individuos de esta especie en un bosque con aprovechamiento forestal en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, concluyendo que esta planta es afectada por el aprovechamiento maderero.

Puede que los encinos al presentar copas más voluminosas que los pinos, causen un mayor daño a los individuos de *A. xalapensis* durante el aprovechamiento. No obstante, Juárez-Sánchez *et al.* (2014) afirman que la presencia de esta especie es favorecida por la sucesión de la tala selectiva de árboles como pino y encino con fines comerciales. En contraste, Niembro *et al.* (2010) afirman que el aprovechamiento maderero afecta a esta especie, pero estos mismos autores aducen que es utilizada en restauración ecológica de sitios perturbados.

Ruiz *et al.* (2018), y Nájera y García (2009) mencionan que la especie de *A. xalapensis* presenta una gran cantidad de polimerasas en su duramen, así como propiedades físicas que permiten su alta durabilidad natural y dureza de su madera. Además de ser usada como medicinal, también es utilizada con fines energéticos (leña) (Ramírez-Soto y Villa-Bonilla 2017). Sus ramas sirven también en la fabricación de artículos artesanales, lo que puede llevarla a la sobreexplotación y disminución de sus poblaciones (Tovar-Rocha *et al.* 2014). Este mismo autor menciona que el sobrepastoreo y la presencia de plagas forestales originan una distribución restringida y fragmentada de esta especie.

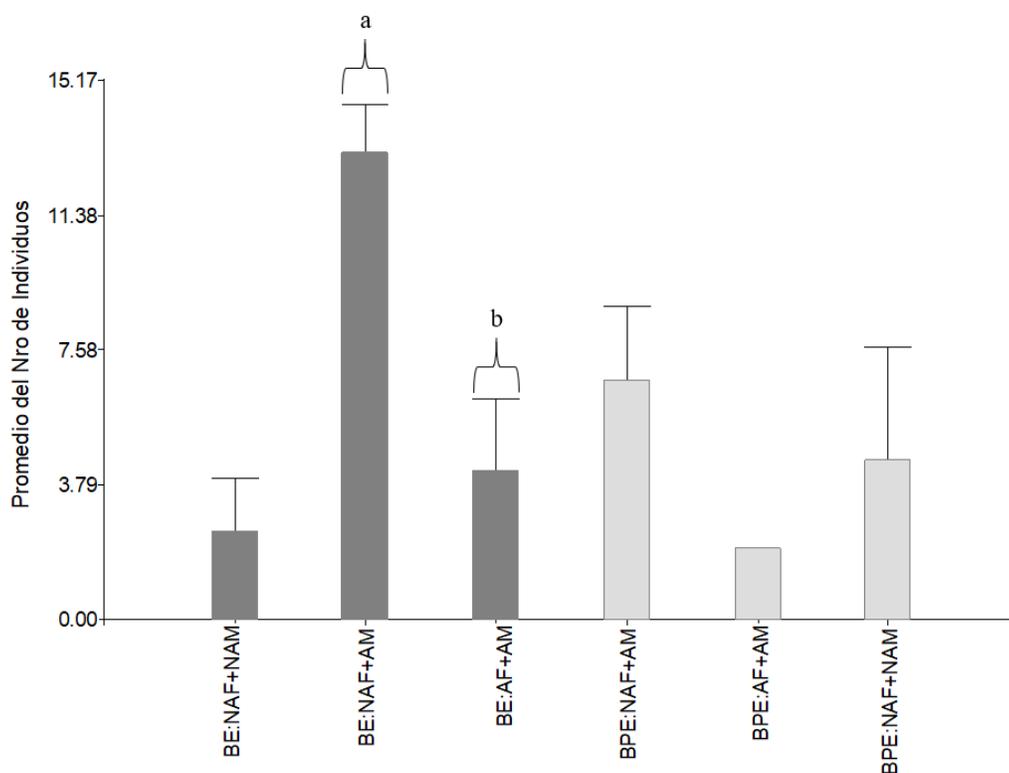


Figura 5. Promedio del número de individuos de *Arbutus xalapensis* por tratamiento; las llaves indican los tratamientos con diferencia significativa entre sí, “a” respecto de “b”.

Litsea glaucescens

El tratamiento bosque de encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal (BE: NAF+NAM) presenta menos individuos de *Litsea glaucescens* en comparación con áreas de encino con aprovechamiento forestal y medicinal (BE: AF+AM) y aquellas sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal (BE: NAF+AM) ($p=0.0013$). Sin embargo, el bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal (BPE: NAF+AM) presentó menos individuos que áreas con aprovechamiento forestal y medicinal (BPE: AF+AM) ($p=0.0456$) (Cuadro 10, Figura 6).

L. glaucescens presentó mayor abundancia de individuos en bosques de encino donde se da el aprovechamiento medicinal (según el contraste significativo BE: NAF+NAM vs BE: AF+AM; BE: NAF+AM) y la abundancia en áreas de pino-encino con aprovechamiento medicinal y forestal supera la de áreas sin aprovechamiento forestal (BPE: NAF+AM vs BPE: AF+AM). Por tanto, *L. glaucescens* parece responder positivamente a los claros que genera el aprovechamiento maderero en términos de su propagación y establecimiento.

La mayor presencia de esta especie en áreas tanto de uso forestal como medicinal (Figura 6), coincide con lo encontrado por Ruiz *et al.* (2014) en un trabajo desarrollado en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, donde indican que *L. glaucescens* cohabita con especies de *Quercus* en zonas donde los métodos silvícolas están presentes, actividad que permite la entrada de luz en el sotobosque favoreciendo y acelerando el desarrollo de la planta, y, por ende, una mayor acumulación de biomasa aérea.

Cuadro 10. Prueba de hipótesis para los contrastes correspondiente a la especie de *Litsea glaucescens*.

Tratamiento	PredLin	E.E.	Chi-Cuadrado	Gl	p-valor
BE vs BPE	0.59	0.42	1.97	1	0.1610
BE: NAF+NAM vs BE: AF+AM; BE: NAF+AM	-1.19	0.37	10.31	1	0.0013
BE: NAF+AM vs BE: AF+AM	0.57	0.39	2.09	1	0.1485
BPE: NAF+NAM vs BPE: AF+AM; BPE: NAF+AM	0.34	0.63	0.29	1	0.5918
BPE: NAF+AM vs BPE: AF+AM	-2.26	1.13	3.99	1	0.0456
Total			19.75	5	0.0014

BE=Bosque de encino; BPE=Bosque de pino-encino; BE: NAF+NAM=Bosque de encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal; BE: AF+AM=Bosque de encino con aprovechamiento forestal y medicinal; BE: NAF+AM=Bosque de encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal; BPE: NAF+NAM=Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal; BPE: AF+AM=Bosque de pino-encino con aprovechamiento forestal y medicinal; BPE: NAF+AM=Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal.

Los espacios abiertos dentro del bosque de pino-encino y encino que se generan por el aprovechamiento maderero son sitios que también son muy frecuentados por las personas para la colecta de *L. glaucescens*. Estos sitios presentan un mayor número de individuos, caso contrario donde la vegetación es densa y de difícil acceso (Montañez-Armenta *et al.* 2011). Retama *et al.* (2013) afirman también que la práctica de quemas dentro del bosque de pino-encino con fines de agricultura de subsistencia contribuye a un mayor número de rebrotes de *L. glaucescens* principalmente en tallos de los individuos adultos, pero a su vez disminuye el ámbito de distribución de esta especie.

Autores como Dávila *et al.* (2011) y Valle *et al.* (2013), sugieren que los múltiples usos de esta especie (medicinales, alimenticias, perfumes y rituales religiosos) repercuten en la pérdida de sus individuos, en particular por la extracción durante la festividad religiosa Domingo de Ramos, que generan pérdida foliar e inciden de manera negativa en su capacidad reproductiva por falta de flores y frutos. Esto contradice a los resultados obtenidos por nosotros, donde en sitios de uso medicinal, tanto en el bosque de pino-encino como en el bosque de encino, el número de individuos es mayor.

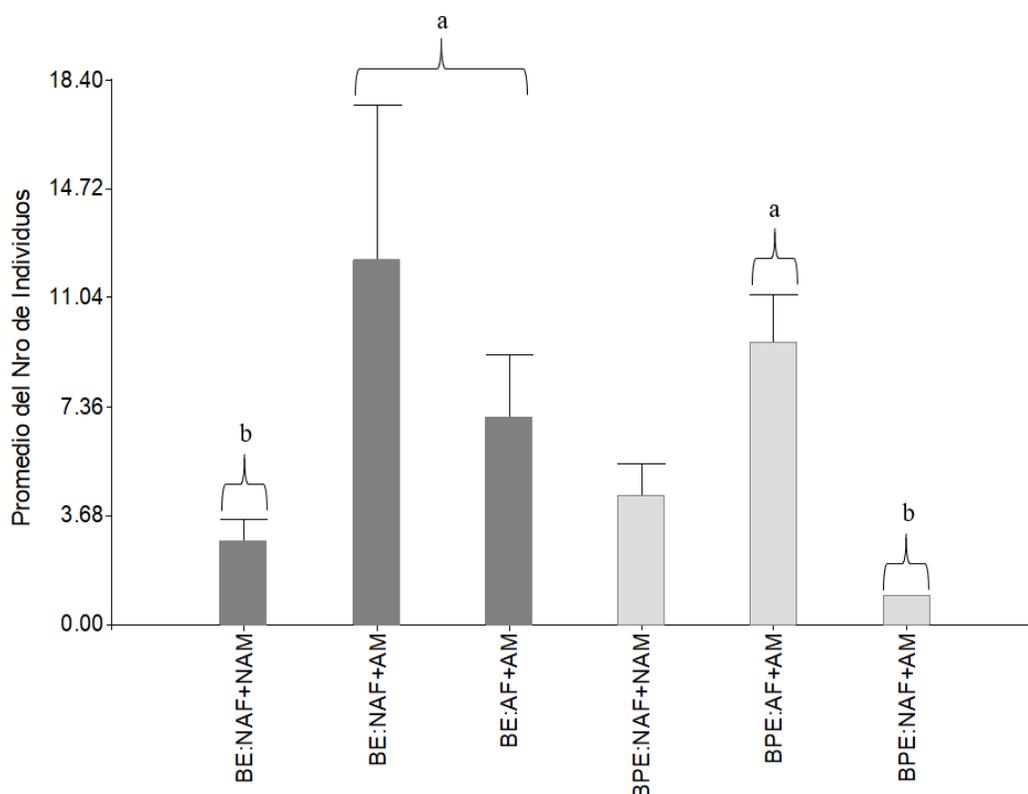


Figura 6. Promedio del número de individuos de *Litsea glaucescens* por tratamiento; las llaves indican los tratamientos con diferencia significativa entre sí, “a” respecto de “b”.

Satureja macrostema

Considerando únicamente el tipo de bosque, el bosque de encino presentó menos individuos de *S. macrostema* que el bosque de pino-encino (BE vs BPE) ($p=0.0149$). No hubo diferencia en la abundancia de esta especie en ambos bosques con aprovechamiento forestal y medicinal, ni entre las demás combinaciones de tratamientos por uso del bosque (Cuadro 11, Figura 7).

Cuadro 11. Prueba de hipótesis para los contrastes correspondiente a la especie de *Satureja macrostema*.

Tratamiento	PredLin	E.E.	Chi-Cuadrado	Gl	p-valor
BE vs BPE	-1.06	0.44	5.92	1	0.0149
BE: NAF+NAM vs BE: AF+AM; BE: NAF+AM	-0.78	0.62	1.60	1	0.2058
BE: NAF+AM vs BE: AF+AM	-1.43	0.97	2.16	1	0.1413
BPE: NAF+NAM vs BPE: AF+AM; BPE: NAF+AM	-0.88	0.48	3.40	1	0.0653
BPE: NAF+AM vs BPE: AF+AM	-0.38	0.73	0.27	1	0.6063
Total			14.92	5	0.0107

BE=Bosque de encino; BPE=Bosque de pino-encino; BE: NAF+NAM=Bosque de encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal; BE: AF+AM=Bosque de encino con aprovechamiento forestal y medicinal; BE: NAF+AM=Bosque de encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal; BPE: NAF+NAM=Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal ni medicinal; BPE: AF+AM=Bosque de pino-encino con aprovechamiento forestal y medicinal; BPE: NAF+AM=Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal.

La diferencia significativa en el promedio del número de individuos entre los tratamientos (BE vs BPE), parece mostrar un efecto en cuanto al tipo de bosque que reduce la posibilidad de encontrar individuos de *S. macrostema* en -1.06 logaritmos, independientemente de que exista algún tipo de aprovechamiento o no.

De acuerdo con estos resultados el bosque de pino-encino presenta una mayor cantidad de individuos de *S. macrostema* lo que concuerda con Encina *et al.* (2009) y Valladares (2006), donde mencionan que dentro del bosque (pino-encino) son más abiertos, permitiendo la mayor entrada de radiación solar al nivel de los estratos inferiores, contribuyendo al crecimiento y al sistema fisiológico de la especie. Esta variabilidad de luz que recibe el sotobosque incrementa la riqueza arbustiva (Clark *et al.* 2018), lo que coincide con Ortega *et al.* (2014) y Siles *et al.* (2017) indicando que *S. macrostema* al ser un arbusto y formar parte de estos estratos bajos incrementa su población.

Esta especie, a pesar de ser mayor, su presencia en los bosques de pino-encino también se encuentra en los bosques de encino, pero en una menor proporción, ya que su crecimiento es de manera discontinua debido a la cobertura cerrada del dosel (Ortega *et al.* 2014), además porque estos bosques en su mayoría llegan a tener formaciones densas y el espacio que presentan entre árboles es menor, lo que hace que el crecimiento de arbustos y herbáceas sea menor (Beltrán 2013).

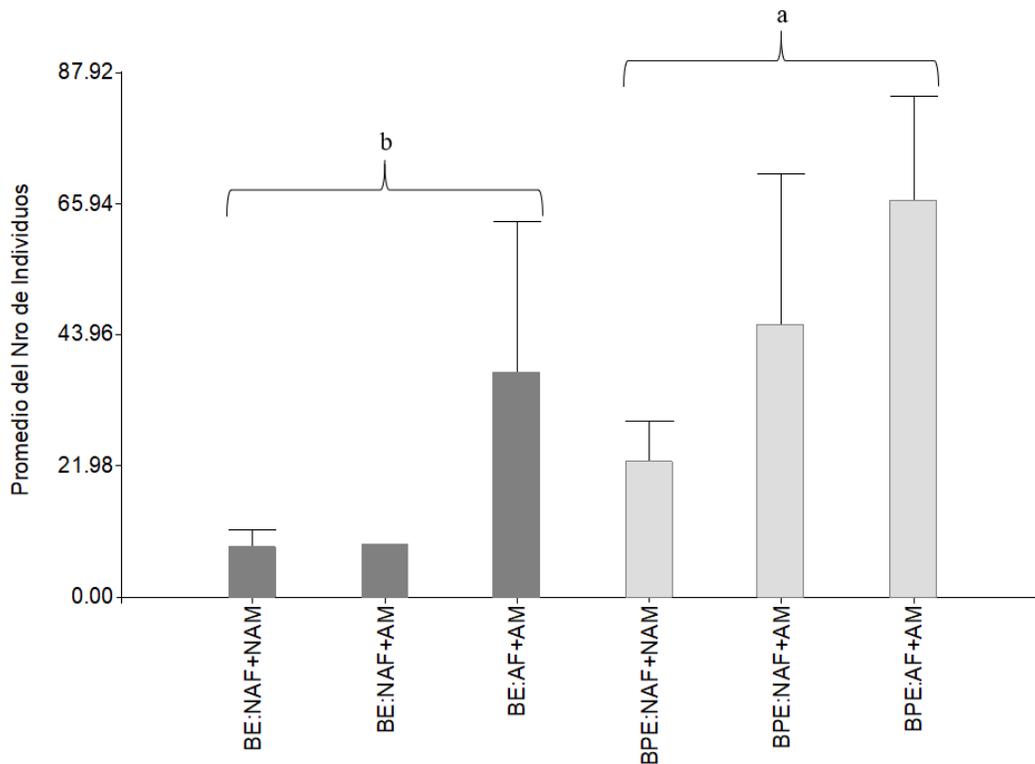
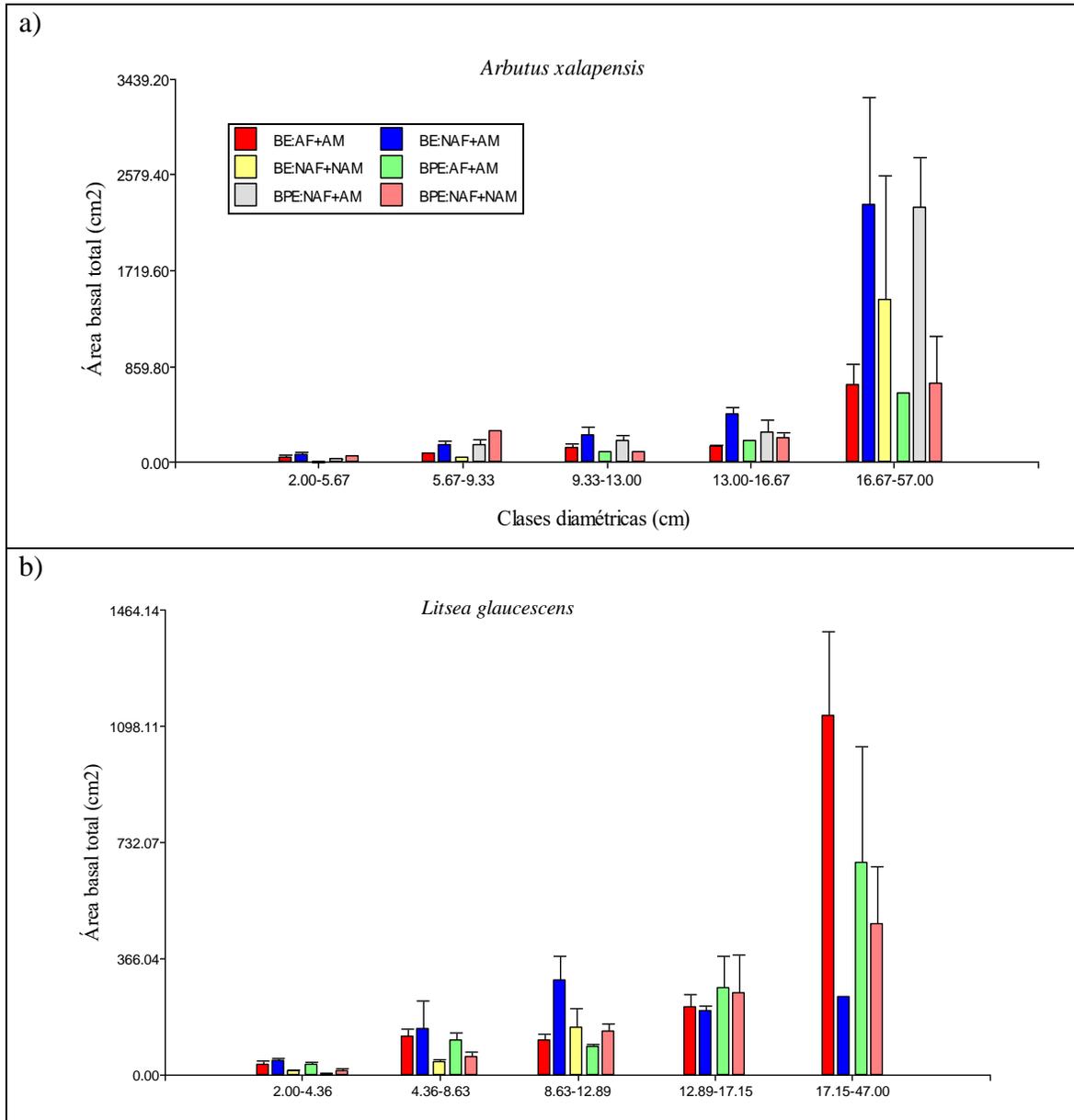


Figura 7. Promedio del número de individuos de *Satureja macrostema* por tratamiento; las llaves indican los tratamientos con diferencia significativa entre sí, “a” respecto de “b”.

7.2. Comparación entre clase diamétrica con respecto del área basal entre tratamientos

No hay evidencia entre tratamientos y la distribución de clases dimétrica del AB ($p= 0.0686$), para las tres especies (Figura 8). Esta no diferencia significativa entre las áreas basales, coinciden con Abelleira y Colón (2006).



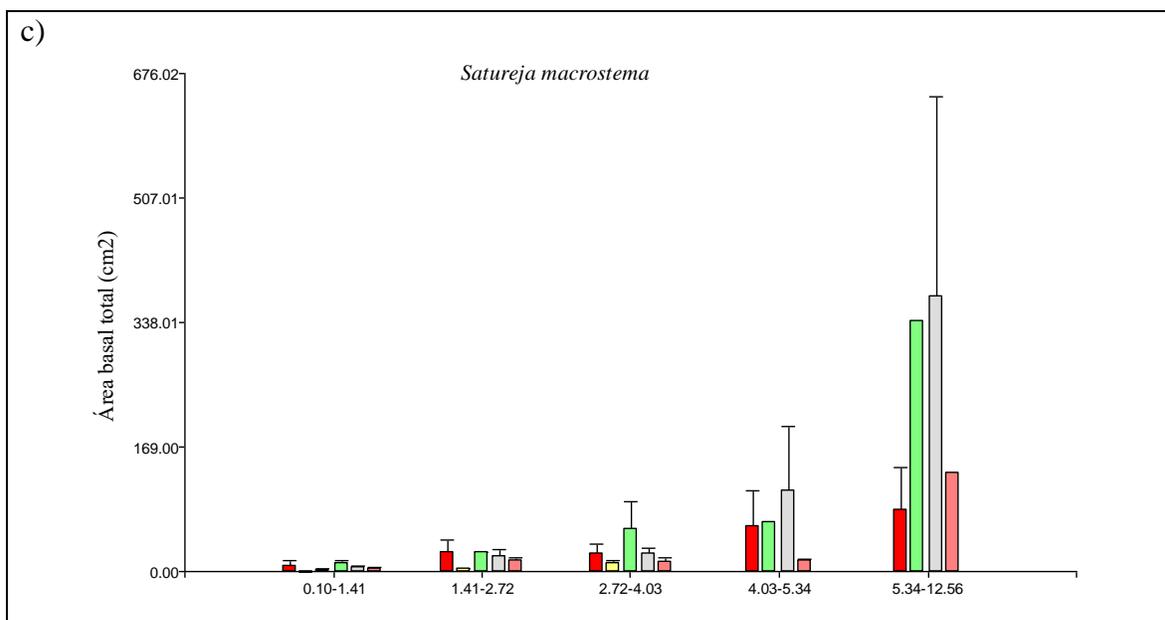


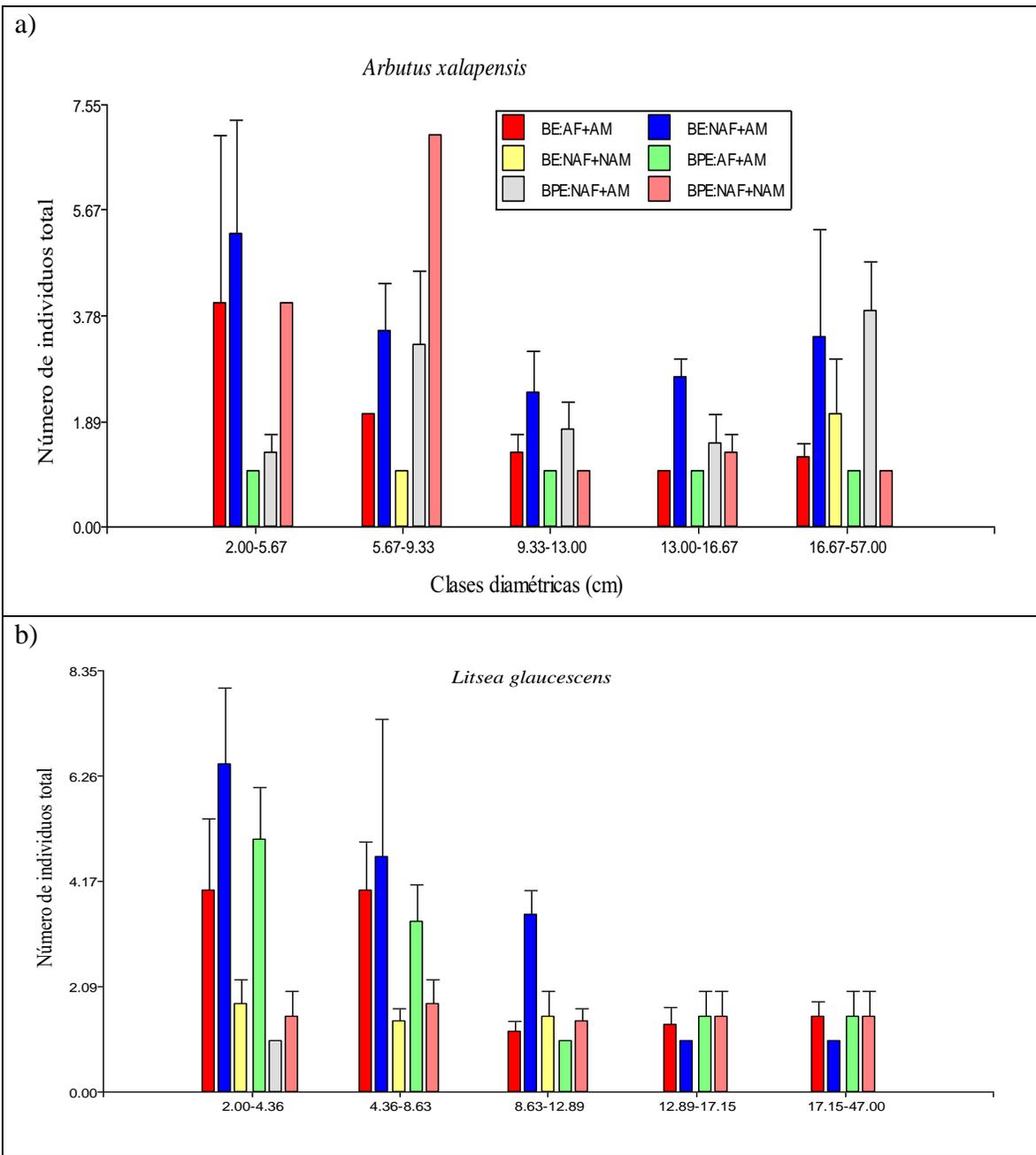
Figura 8. Comparación entre clase diamétrica (C1, C2, C3, C4, C5) con respecto del área basal entre tratamientos; a) *Arbutus xalapensis*, b) *Litsea glaucescens*, c) *Satureja macrostema*.

7.3. Comparación del número de individuos por clases diamétricas entre tratamientos

No hay evidencia entre tratamientos y la distribución de clases diamétricas del número de individuos de la especie *Arbutus xalapensis* y *Satureja macrostema* (Figura 9a, 9c). En tanto, para la especie de *Litsea glaucescens* sí presentó diferencia en la clase diamétrica 1 ($p=0.0291$) y en la clase diamétrica 4 ($p=0.0378$) (Cuadro 12, Figura 9b).

Cuadro 12. Prueba de hipótesis entre clases diamétricas con respecto del número de individuos.

Especie	Clase diamétrica	Número de individuos	
		<i>f</i> -valor	<i>p</i> -valor
<i>Arbutus xalapensis</i>	C1 (2.00-5.67)	1.02	0.4291
	C2 (5.67-9.33)	0.08	0.9939
	C3 (9.33-13.00)	0.47	0.7916
	C4 (13.00-16.67)	0.56	0.7298
	C5 (16.67-57.00)	2.11	0.1047
<i>Litsea glaucescens</i>	C1 (2.00-4.36)	2.97	0.0291
	C2 (4.36-8.63)	1.62	0.1880
	C3 (8.63-12.89)	0.23	0.9443
	C4 (12.89-17.15)	4.74	0.0378
	C5 (17.15-47.00)	0.02	0.9997
<i>Satureja macrostema</i>	C1 (0.10-1.41)	2.09	0.1234
	C2 (1.41-2.72)	2.11	0.1210
	C3 (2.72-4.03)	2.85	0.0529
	C4 (4.03-5.34)	0.01	0.9999
	C5 (5.34-12.56)	0.34	0.8802



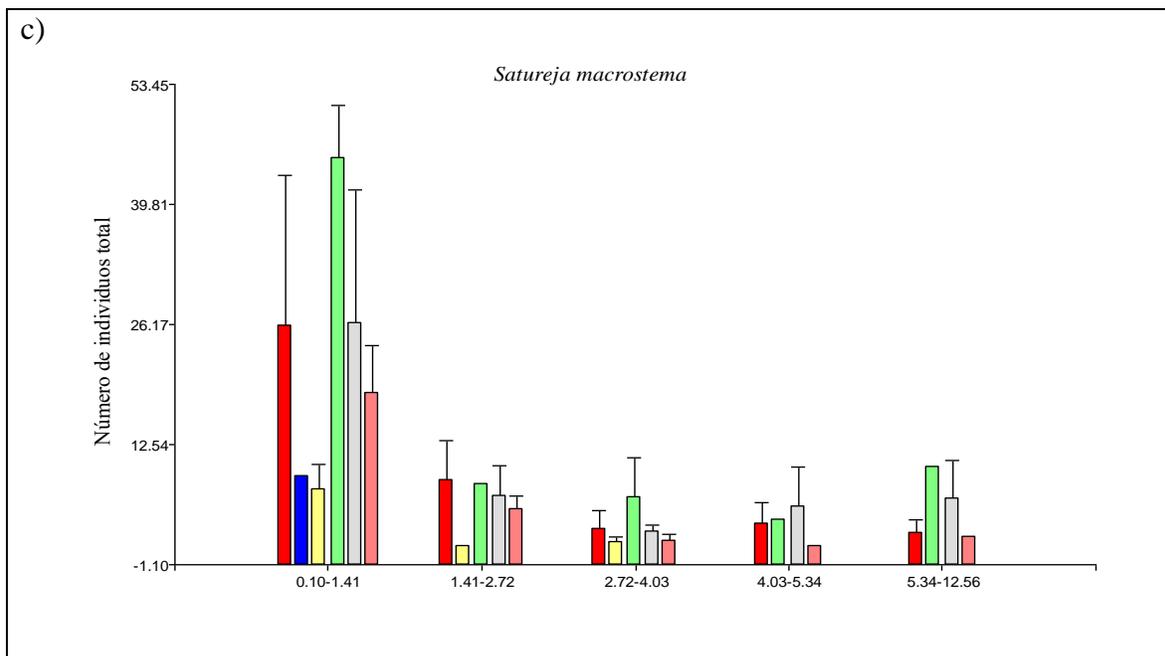


Figura 9. Comparación del número de individuos por clases diamétricas (C1, C2, C3, C4, C5) entre tratamientos; a) *Arbutus xalapensis*, b) *Litsea glaucescens*, c) *Satureja macrostema*.

En la clase diamétrica 4 de *L. glaucescens* se indicó un error, por el número menor de individuos. Este error por ser visto en función respecto de los otros individuos también disminuye. Entonces se dice que la prueba de comparación no logra detectar las diferencias entre las clases.

Ajbilou *et al.* (2003) mencionan que, al existir una relación entre el tamaño del árbol y su edad, las clases diamétricas permiten describir una estructura demográfica. Las clases diamétricas pueden ser también afectadas por agentes como la tala intensiva o una perturbación episódica del bosque que provoca la ausencia temporal de regeneración de especies.

7.4. Comportamiento del número de individuos por categorías de diámetro para cada uno de los tratamientos

La diferencia que existe entre el número de individuos de cada especie en función al diámetro en cada uno de los tratamientos se observa en la Figura 10.

El tratamiento BE: NAF+NAM tiene muy pocos individuos de las tres especies de estudio, en particular de *Arbutus xalapensis* y de *Litsea glaucescens*. En tanto, *S. macrostema* presentó mayor abundancia de individuos. Dentro de este tratamiento *A. xalapensis* presentó diámetros mayores a 41.7 cm y menores a 6.7 cm, *L. glaucescens* mostró diámetros que van de 2 cm a 12.7 cm, y *S. macrostema* diámetros de 0.1 cm a 3.2 cm.

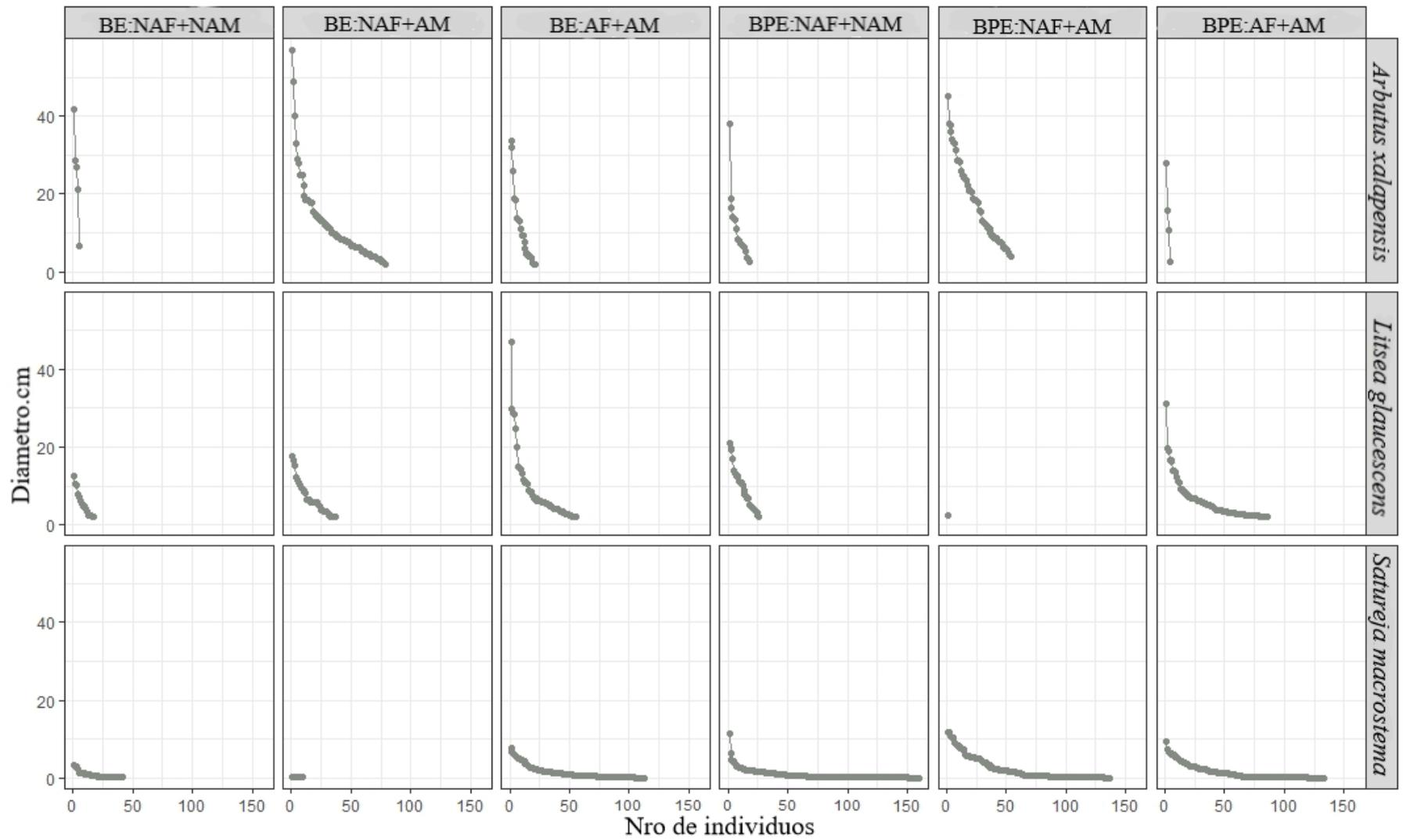


Figura 10. Comportamiento del número de individuos por categorías de diámetro para cada uno de los tratamientos.

Dentro del bosque de encino, *A. xalapensis* puede presentar menor abundancia, con troncos que alcanzan diámetros medios de 8.1 ± 3.5 cm cuando esta comparte sitios con otras especies como *Quercus greggii* y *Q. mexicana*, y diámetros de 8.9 ± 3.3 cm cuando comparte con especies de *Quercus santillensis* y *Q. laeta* (Encina *et al.* 2009). También en bosques de encino, se encontró para *L. glaucescens* mayor abundancia en áreas donde se acumula la materia orgánica (Dávila *et al.* 2011). En tanto, Ortega y Vázquez (2014) mencionan que *S. macrostema* es abundante en bosque de encino porque aprovecha bien la poca energía solar debajo de coberturas con un dosel cerrado.

En los sitios del tratamiento BE: NAF+AM la especie de *A. xalapensis* mostró mayor abundancia; le siguió *L. glaucescens*, y finalmente *S. macrostema*. La especie que alcanzo diámetros mayores dentro de este tratamiento fue *A. xalapensis* entre 2cm y 57 cm, seguida de *L. glaucescens* con diámetros de 2 cm a 17.6 cm y *S. macrostema* diámetros de 0.1 a 0.4 cm. INEGI (2014) señala que la especie *A. xalapensis* forma parte de los bosques de encino, creciendo en cañones o laderas y en las partes altas de la sierra, lo que hace que sea un componente principal de estos bosques, alcanzando diámetros de hasta 40 cm (Niembro *et al.* 2010).

En el tratamiento BE: AF+AM las tres especies presentaron mayor abundancia, siendo *S. macrostema* la más común, seguido de *A. xalapensis* y *L. glaucescens*. Respecto a los diámetros, tenemos que *L. glaucescens* mostró de 2 cm a 47 cm, *A. xalapensis* de 2 cm a 35 cm, y *S. macrostema* de 0.1 cm a 7.6 cm. Ortega y Vázquez (2014) afirman que la abundancia de *S. macrostema* en bosques intervenidos se debe a que los claros la favorecen.

En las condiciones del tratamiento BPE: NAF+NAM *S. macrostema* presentó un mayor número de individuos, seguido de *L. glaucescens* y finalmente *A. xalapensis*. Esta última especie al ser la de menor abundancia en este tratamiento fue la que presentó el diámetro mayor entre 2.7 cm a 38 cm, seguida de *L. glaucescens* con 2.1 cm a 21 cm, y *S. macrostema* 0.1 cm a 11.5 cm. Jiménez *et al.* (2001) mencionan que cuando los individuos de *A. xalapensis* alcanzan un diámetro de 14 cm, llegan a presentar un área basal de 1.9% en este tipo de bosques.

S. macrostema y *A. xalapensis* son más abundantes en el tratamiento BPE: NAF+AM, mientras *L. glaucescens* únicamente presentó un individuo. *A. xalapensis* presentó mayores diámetros dentro de este tratamiento 3.9 cm a 45 cm, seguida de *S. macrostema* con 0.1 cm a 11.9 cm y por último *L. glaucescens* con 2.5 cm.

Dentro del tratamiento BPE: AF+AM *S. macrostema* fue la especie más abundante y *A. xalapensis* la de menor abundancia. En cuanto a los diámetros *L. glaucescens* fue la que alcanzó el diámetro más grande, 31 cm, en comparación con las otras dos especies. López-Villegas *et al.* (2017) afirman que *A. xalapensis* a pesar de tener poca abundancia en este tipo de bosque, los individuos logran alcanzar diámetros de hasta 52 cm, siendo áreas de aprovechamiento forestal.

En los tres tratamientos correspondientes a BPE, indistintamente de que, si hay aprovechamiento forestal o medicinal o ninguna de ambas, la especie de *S. macrostema* es la que presentó mayor

abundancia de individuos. Lo que coincide con lo mencionado por Ortega y Vázquez (2014) y Encina *et al.* (2009) y que la planta es más abundante en estos sitios debido a la forma que tienen las copas de los árboles permitiendo entrar la mayor cantidad de luz, a pesar de que estos bosques son de temperaturas frías.

La abundancia de *A. xalapensis* en los tratamientos BE: NAF+AM y BPE: NAF+AM, parece sugerir que el uso medicinal no está afectando significativamente sus poblaciones, al menos en ausencia del aprovechamiento forestal. En tanto, el número de individuos de *L. glaucescens* es mayor en los tratamientos BE: AF+AM y BPE: AF+AM, lo que insinúa que el aprovechamiento forestal tiene un efecto positivo en sus poblaciones. Finalmente, *S. macrostema* por ser la especie estudiada más común en los tratamientos BPE: NAF+NAM, BPE: NAF+AM, BPE: AF+AM y BE: AF+AM, indica que la intervención humana existe en esos bosques afectándola o favoreciéndola. Por el contrario, en los bosques de encino donde no hay ningún tipo de aprovechamiento, y que es donde la luz es más escasa en el sotobosque, la especie disminuye.

7.5. Relación de las covariables (agentes de deterioro) con el número de individuos y tratamientos

La relación del número de individuos de *Arbutus xalapensis* con las covariables ambientales y de impacto transformadas en un plano ambiental, se observan en la Figura 11. La dirección de las líneas paralelas de abajo hacia arriba hace referencia a el número promedio de individuos. Los puntos inferiores del plano ambiental representan al bosque de pino-encino (forma circular) donde únicamente está presente el aprovechamiento medicinal, zona en donde la abundancia de *A. xalapensis* es mayor. Los puntos que se encuentran en la parte lateral izquierda representan al bosque de pino-encino (forma circular) y bosque de encino (forma cuadrada), donde se dan aprovechamiento maderero y medicinal, sitios en donde la abundancia de *A. xalapensis* es menor. En esta misma zona se observa la covariable ambiental elevación, conforme esta aumenta, la abundancia disminuye. Dentro del mismo sitio la cobertura es menor, coincide con menor abundancia de individuos.

La mayor abundancia de individuos de *A. xalapensis* en elevaciones bajas concuerda con lo encontrado por Encina *et al.* (2009). González-Elizondo *et al.* (2012) y Niembro *et al.* (2010) mencionan que esta misma especie prospera cuando alcanza altitudes de 1 600 hasta los 3 400 msnm, como lo reportan en un trabajo realizado en las faldas del Pico de Orizaba y del Cofre de Perote en el estado de Veracruz, México. Pero ese último rango abarca todas las condiciones consideradas en este estudio.

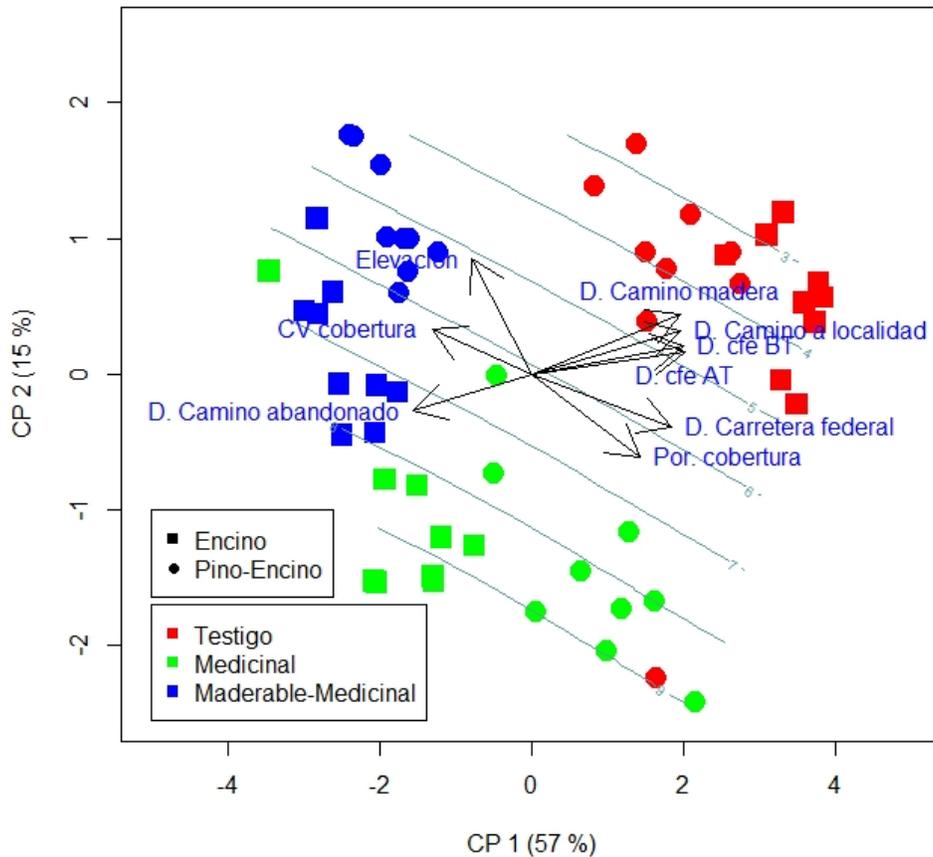


Figura 11. Modelo aditivo generalizado donde se muestra la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental respecto del número de individuos de *Arbutus xalapensis* y tratamientos.

Para la especie de *Litsea glaucescens* la relación con las covariables ambientales transformadas en un plano ambiental, se observan en la Figura 12. Los puntos ubicados en la parte lateral izquierda representan al bosque de pino-encino (forma circular) y bosque de encino (forma cuadrada), donde el aprovechamiento maderero y medicinal están presentes, sitios en donde la abundancia de *L. glaucescens* es mayor. En tanto, los puntos localizados en la parte inferior del plano ambiental corresponden al bosque de pino-encino (forma circular), donde solo hay uso medicinal, ahí la abundancia de esta especie es menor, esto mismo ocurre en los bosques sin ningún tipo de aprovechamiento (puntos ubicados en la parte lateral derecha del plano ambiental).

La mayor elevación, es una covariable que coincide con mayor abundancia de la especie (puntos situados en la parte lateral izquierda del plano ambiental) y bosque de pino-encino (forma circular). Cuando esta especie se encuentra más distanciada de: caminos de aprovechamiento de madera, camino a localidad, comisión federal de electricidad (CFE) baja tensión, carretera federal y con un mayor porcentaje de cobertura arbórea, la abundancia de individuos es menor (puntos ubicados en la parte lateral derecha).

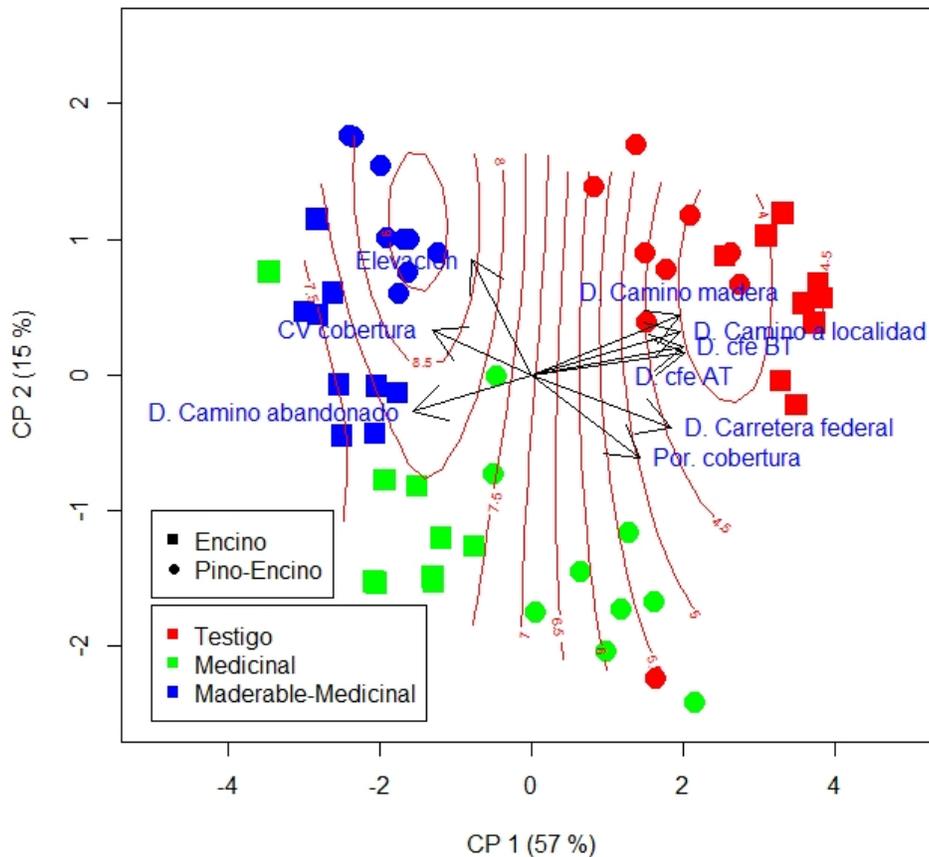


Figura 12. Modelo aditivo generalizado donde se muestra la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental respecto del número de individuos de *Litsea glaucescens* y tratamientos.

Si bien *L. glaucescens* y *A. xalapensis*, son ambas arbóreas, *L. glaucescens* prefiere zonas en donde extraen madera, caso contrario de *A. xalapensis*. Esto puede ser efecto de elevación y de cobertura del dosel, pues esta última también se ve favorecida por claros como los agentes de deterioro, así como por mayor elevación y las distancias.

Según el análisis de covariables en las 54 parcelas que se muestrearon, la probabilidad de encontrar *L. glaucescens* aumenta con una mayor elevación, cercanía de las vías de acceso, y menor cobertura arbórea, es decir, áreas de claros dentro del bosque. Lo que concuerda con Van der Werff y Lorea (1997); Lorea-Hernández y Jiménez-Pérez (2010) y Pliego (2011), según quienes esta especie es abundante en altitudes que van desde los 1 600 hasta 2 900 msnm dentro de los bosques de *Quercus*, *Pinus* y bosque mesófilo de montaña.

La aparente menor abundancia de *L. glaucescens*, en áreas con mayor sombra, concuerda con (Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002) y Santillana (2013) quienes afirman que esta especie es menos abundante cuando no hay claros en el bosque, o cuando nos alejamos de los agentes de deterioro como son carreteras para la extracción de madera.

En el análisis de covariables para *Satureja macrostema* se observa una relación positiva entre su abundancia, mayor elevación, y menor coberturas del dosel. Al parecer tiene la capacidad de adaptarse a

diversas condiciones de luz, y está presente en ambos tipos de bosques, pero también parece responder positivamente a los claros por aprovechamiento de madera y medicinal Figura 13.

Los puntos que se encuentran en la parte lateral izquierda del plano ambiental (figura 13) representan el bosque de pino-encino (forma circular) y bosque de encino (forma cuadrada), con aprovechamiento maderero y medicinal, sitios en donde la abundancia de *S. macrostema* es mayor. En tanto, los puntos inferiores del plano ambiental representan el bosque de pino-encino (forma circular) donde únicamente está presente el aprovechamiento medicinal, zona en donde la abundancia de *S. macrostema* es menor.

La mayor elevación, coincide con el tratamiento donde se da aprovechamiento maderero y medicinal (puntos ubicados en la parte lateral izquierda del plano ambiental) y hay mayor abundancia de la especie, debido a un menor porcentaje de cobertura.

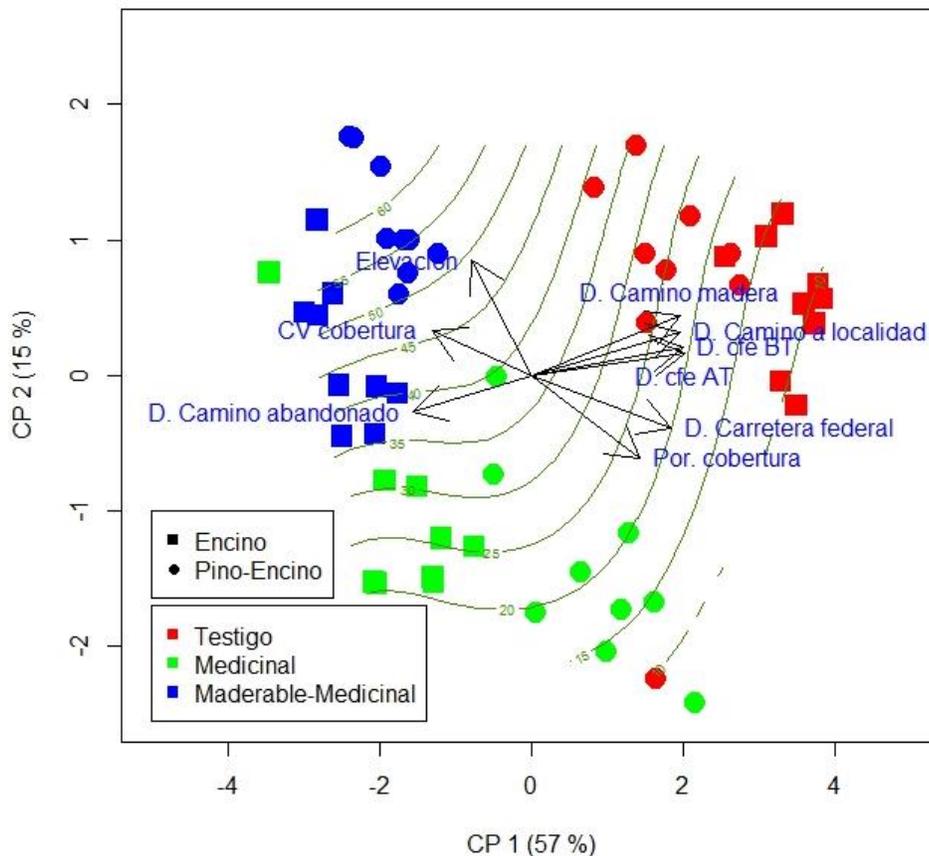


Figura 13. Modelo aditivo generalizado donde se muestra la relación de las covariables transformadas en un plano ambiental respecto del número de individuos de *Satureja macrostema* y tratamientos.

La especie de *S. macrostema* por presentar mayor abundancia de individuos a mayor elevación concuerda con lo mencionado por Ortega y Vázquez (2014), indicando que esta especie puede alcanzar a crecer de manera natural entre los 2 345 a 2 900 msnm, lo que hace que la planta prospere a altitudes elevadas. En cuestiones de conservación para esta especie, es importante señalar que requiere mayores claros, menor porcentaje de cobertura y que estén asociados a los bosques de aprovechamiento maderable y medicinal.

8. Conclusiones

El bosque de encino sin aprovechamiento forestal, pero sí medicinal, presentó un mayor número de individuos de *Arbutus xalapensis* a diferencia del bosque de pino-encino, donde la actividad maderera no está presente, pero sí medicinal, fue menor.

Las especies *Litsea glaucescens* y *Satureja macrostema* fueron más abundantes en áreas con aprovechamiento forestal, y es el bosque de pino-encino el que presentó mayor número de individuos. En general, condiciones de mayor disponibilidad de luz, por situaciones como claros, parecen favorecer la propagación de estas especies.

Satureja macrostema además presentó un mayor número de individuos en el bosque de pino-encino, tanto donde el aprovechamiento medicinal como el forestal se practican. Su abundancia fue menor en el bosque de encino, donde la cobertura del dosel suele ser más densa.

Los resultados de este estudio parecen sugerir que el uso medicinal de estas plantas por los habitantes de la localidad no llega a afectar la población de estas tres especies. A pesar de que las personas llegan a colectarlas en grandes cantidades principalmente de tallos, ramas, frutos y flores para cubrir sus necesidades y para ser empleadas en las festividades de la comunidad.

En el caso de *Arbutus xalapensis*, sin embargo, podría resultar conveniente que se mejoren las prácticas de aprovechamiento forestal, que podrían estar dañando a estos árboles, pues su abundancia resultó menor en los sitios de uso maderero de la comunidad.

9. Recomendaciones

Es fundamental llevar a cabo estudios centrados en el comportamiento, fisiología y susceptibilidad a los factores ambientales de especies de interés. Debido a la falta de información sobre la distribución y densidad de ciertas especies, esto limita elaborar programas de manejo que puedan garantizar una eficacia positiva de sostenibilidad de sus poblaciones, ya que estos estudios serán la base principal para la toma de decisiones precisas en la restauración de los sitios prioritarios de crecimiento para su conservación.

Es necesario tener en cuenta que el análisis estructural de los ecosistemas de pino-encino y encino deberán ser el fundamento para los futuros planes de manejo de los recursos naturales, donde las premisas se basan en la sustentabilidad de estos tipos de vegetación, permitiendo así la preservación de la diversidad de especies, con lo cual este complejo vegetal resulta de gran interés para la perduración de estos sistemas ecológicos en la región norte de Oaxaca.

Respecto de estas plantas, al ser de gran utilidad por las personas de la comunidad, se deben de desarrollar estrategias que involucren a los actores locales y con ello fomentar el uso sostenible de las especies dentro de las instituciones y comunidad en general.

Para el caso de la especie *Arbutus xalapensis*, resulta afectada por el aprovechamiento forestal que es practicado actualmente por las personas de la localidad; razón por la que se sugiere incorporar un nuevo método conocido como tala dirigida, con el fin de no afectar a los individuos de esta especie.

Al emplear diversos métodos de muestreo e integrando nuevos análisis mediante las herramientas estadísticas, permiten conocer el comportamiento de las especies y los cambios que ocurren dentro de estas a lo largo del tiempo. Así como opciones apropiadas para el manejo de los ecosistemas forestales, y mediante esto, tomar alternativas que favorezcan y mantengan la sostenibilidad de las especies de interés.

10. Referencias bibliográficas

- Abelleira, MOJ; Colón, GDY. 2006. Comparación de métodos de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante. Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Escuela Superior University Gardens, San Juan, Puerto Rico. *Acta científica* 20 (1-3):63-66.
- Ajbilou, R; Marañón, T; Arroyo, J. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria. Sistema de Recursos Forestales* 12(2), 111-125.
- Aguilar-Santelises, R; Del Castillo, RF. 2013. Factors affecting woody plant species diversity of fragmented seasonally dry oak forests in the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(2):575–590.
- Alonso, CN. 2009. Actividad antioxidante de Satureja macrostema. México D.F. Maestría en ciencias. México. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 83 p.
- Álvarez, BX; Saco, LI; Abilleira, GF; Ucha, DM; Fernández, RLB. 2014. Conservación y restauración del bosque de ribera, un caso de estudio de los ríos de Galicia (Pontevedra). Universidad de Vigo. 92 p.
- Anastacio-Martínez, ND; Franco-Maass, S; Valtierra-Pacheco, E; Nava-Bernal, G. 2016. Aprovechamiento de productos forestales no maderables en los bosques de montaña alta, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(737):21–38.
- Andrade, GI; Castro, LG. 2012. Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, Invitación a una interpretación socioecológica. *En Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 53:71.
- Arroyave, MP; Gómez, C; Gutiérrez, ME; Múnera, DP; Zapata, PA; Vergara, IC; Andrade, LM; Ramos, CK. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. Escuela de ingeniería de Antioquia, Medellin (Colombia). 14 p.
- Bautista-Cruz, A; del Castillo, RF. 2014. Soil Changes During Secondary Succession in a Tropical Montane Cloud Forest Area. (online). *Soil Science Society of America Journal* 69(3):906. Available at <https://www.soils.org/publications/sssaj/abstracts/69/3/0906>
- Bautista-Cruz, A; Gutiérrez-Castorena, M del C; Castillo-Sánchez, RF; Etchevers-Barra, JD. 2005. Cronosecuencia de un suelo y su clasificación en un área originalmente ocupada por bosque mesófilo de montaña. *Terra* 23(2):147–157.
- Beltrán, E. 2013. Bosque de Quercus. Museo de las Ciencias Biológicas Iztacala. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 23 p.

- Bretado, VJL; Clark, TR; Fuente, CME; Aguirre, HV; Ramos, MMF; Sarmiento, BD. 2018. Introducción al manejo forestal comunitario. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez. En: Clark, TR; Fuente, CME; Alfonso, CC; Ramos, MMF; Aguirre, HV (eds.), Manejo forestal comunitario y sustentabilidad en Sierra Juárez, Oaxaca. 35-47 p.
- Casas, RRA. 2014. Productos forestales no maderables y desarrollo rural sostenible en el municipio de Bolívar, Santander. Tesis de Maestría. Universidad de Manizales. Centro de investigaciones en medio ambiente y desarrollo. Manizales. Colombia. 138 p.
- Cid Lendinez, D; Iturre, MC; Araujo, PA; González, GC. 2013. Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo. *Quebracho-Revista de ciencias Forestales*, vol. 21, núm. 1-2. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 5p.
- Clark, TR; Aguirre, HV; Alfonso, CC; Ramírez, SR; Domínguez, YR; Antúnez, P; Aquino, VC; Jiménez, BL; Aparicio, GM; Vázquez, DPR; Sarmiento, BD. 2018. Estructura, composición y diversidad de la vegetación en áreas de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. En: Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez. En: Clark, TR; Fuente, CME; Alfonso, CC; Ramos, MMF; Aguirre, HV (eds.), Manejo forestal comunitario y sustentabilidad en Sierra Juárez, Oaxaca. 69-93 p.
- Contreras, ET. 2004. Efecto de borde en anuros y lagartijas de un bosque tropical. Tesis de maestría. Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”, Costa Rica. 42 p.
- Dávila, FCA. 2011. Estudio Ecológico y Biotecnológico del Laurel (*Litsea glaucescens*) en Aguascalientes. Doctor en ciencias. Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 105 p.
- Dávila, FCA; Flores, TFJ; Domínguez, FM; Clark, TR; Pérez, MBE. 2011. Estatus poblacional y niveles de aprovechamiento del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) en Aguascalientes. *Revista mexicana de ciencias forestales* 2:48–59.
- Dávila-Figueroa, CA; Morales-Domínguez, JF; de la Rosa-Carrillo, M de L; Pérez-Molphe-Balch, E. 2016. Regeneración in vitro del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) a través de embriogénesis somática. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(2):123–131.
- Del Castillo, R.F., Pérez de la Rosa, J.A., Vargas-Amado, G. y Rivera-García, R. 2004. Coníferas. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, 141-158 p.

- DGEIA. 2002. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Informe de la Situación del medio Ambiente en México 2002. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 53 p. Página disponible: <http://www.paot.org.mx>
- ECODES. 2016. Determinantes de la deforestación en el estado de Oaxaca. Alianza México para la reducción de emisiones por deforestación y degradación. El Programa de Comercio de Derechos de Emisiones de Carbono en California y su Influencia en REDD+ en México. 115 p.
- Encina, DJA; Zárate, LA; Estrada, CE; Valdés, RJ; Villareal, QJA. 2009. Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Botánica Mexicana* 86:71-108.
- FAO. 2016. El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma. 237 p.
- Fierros, LHE. 1996. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de dos localidades del volcán de Tequila, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Guadalajara, México. 144 p.
- Flores, VO; Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Segunda Edición. Editorial Técnico-Científica S.A de C.V. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp. 439.
- Forman, RT; Alexander, LE. 1998. Roads And their major ecological effects. En: *Annual Revieww of Ecology and Systematic* 29: 207-231.
- Franquis, RF; Infante, MA. 2003. Los bosques y su importancia para el suministro de servicios ambientales. 21-23.
- García, SC; Polanía, VJ. 2007. Marco conceptual para productos no maderables del bosque en manglares de Colombia. *Gestión y ambiente*. 10 p.
- Gheno-Heredia, Y. A. 2010. La Etnobotánica y la Agrodiversidad como Herramientas para la Conservación y el Manejo de Recursos Naturales: un caso de estudio en la Organización de Parteras y Médicos Indígenas Tradicionales “Nahuatlxihiuitl” de Ixhuatlancillo, Veracruz, México. Tesis doctoral. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. 257 p.
- Godínez-Ibarra, O; López-Mata, L. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73(2): 283-314.

- Gómez, C. A. 2011. Estudio Etnobotánico en el Término Municipal de Santa Olalla del Cala (Sierra de Aracena, Huelva) Plantas de Interés en Etnoveterinaria, Tóxicas y de Uso en Alimentación Animal. Universidad de Córdoba. 51 p.
- González-Elizondo, MS; González-Elizondo, M; Zamudio, S. 2012. Delimitación taxonómica de *Arbutus mollis* y *A. occidentalis* (Ericaceae). Instituto Politécnico Nacional. *Acta Botánica Mexicana* 101: 49-81 p.
- Goosen, M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforests vertebrates. 241-255 p.
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G.F., Hernández-García, M.A. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 67-83.
- Gutiérrez, SDR. 2017. Evaluación del riesgo de las carreteras nacionales para la fauna silvestre y el uso de ciencia ciudadana como herramienta para el monitoreo de fauna silvestre atropellada en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Sistema de Estudios de Posgrado. Heredia, Costa Rica. 107 p.
- Hernández, BV; Santiago, LZ; Aquino, VC; Bolaños, EE. 2018. El aprovechamiento forestal en la comunidad de Capulálpam de Méndez, Oaxaca: un análisis de cadena de valor. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez. En: Clark, TR; Fuente, CME; Alfonso, CC; Ramos, MMF; Aguirre, HV (eds.), Manejo forestal comunitario y sustentabilidad en Sierra Juárez, Oaxaca. 223-238 p.
- Hernández, LI. 2007. Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca. México. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 103 p.
- Hernández, LL. 2009. Determinar la composición y diversidad actual del bosque templado del municipio de San Juan Tabaá, Oaxaca. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 49 p.
- Hernández, VG; Sánchez, VLR; Carmona, VTF; Pineda, LMR; Cuevas, GR. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques* 6(2), 13-28 p.
- Hyde, WF; Amacher, GS; Magrath, W. 2001. Deforestación y aprovechamiento forestal: teoría, evidencia e implicaciones de política. (online). *Gaceta Ecológica* (59):14–37. Available at <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53905902>

- INEGI. 2008. Prontuario de información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Pablo Macuiltianguis, Oaxaca. 9 p.
- INEGI. 2014. Vegetación. Síntesis de Información Geográfica del estado de Sonora. 9 p.
- IPBES, 2018. Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Asia and the Pacific of the intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Karki, M; Senaratna, SS; Okayasu, S; Susuki, W; Acosta, LA; Alhafedh, Y; Anticamara, JA; Ausseil, AG; Davies, K; Gasparatos, A; Gundimeda, H; Faridah-Hanum, I; Kohsaka, R; Kumar, R; Managi, S; Wu, N; Rajvanshi, A; Rawat, GS; Riordan, P; Sharma, S; Virk, A; Wang, C; Yahara, T; Youn, YC (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 45 p.
- IUCN, 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2019-1., ISSN 2307-8235. Página disponible: <https://www.iucnredlist.org>
- Jaramillo, JDF. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín. 619 p.
- Jardel, EJ. 1998. Efectos ecológicos y sociales de la explotación maderera de los bosques de la sierra de Manantlán. Efectos ecológicos y sociales de explotación forestal :231–266.
- Jennings, SB; Brown, ND; Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: Canopy closure, canopy cover and other measures. *Foresty*, 72. 59-73.
- Jiménez-Ferrer, G; Pérez-López, H; Soto-Pinto, ML; Nahed-Toral, J; Hernández-López, L; Carmona de la Torre, J. 2007. Livestock, nutritive value and local Knowledge of fodder trees in fragment landscapes in Chiapas, Mexico. Vol. 32: núm. 4. 8 p.
- Jiménez, J; Aguirre, O; Kramer, H. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. *Investigación Agraria. Sistema de Recursos Forestales*, vol. 10(2), 12 p.
- Juárez-Sánchez, M; Domínguez, CPA; Návar, CJ. 2014. Análisis de la estructura silvícola en bosques de la sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. Recursos Genéticos Forestales. *Foresta Veracruzana*, vol.16, núm. 1. 25-34.
- Juep, BA. 2008. Rescate del conocimiento tradicional y biológico para el manejo de productos forestales no maderables en la comunidad indígena Jameykari, Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 72 p.

- Kattan, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En *Ecología y conservación de bosques tropicales*, M.R Guariguata. y G. H. Kattan (Eds). Ediciones LUR. Costa Rica 561-590 p.
- Leija-Loredo, E.G., Reyes-Hernández, H., Reyes-Pérez, O., Flores-Flores, J.L., y Sahagún-Sánchez, F.J. 2016. Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. *Madera y Bosques*. Vol. 22, núm. I: 125-140.
- López, CR. 2008. Productos Forestales no Maderables: Importancia e Impacto de su Aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal* 11:215–231.
- López, HJA; Aguirre, COA; Alanís, RE; Monarrez, GJC; González, TMA; Jiménez, PJ. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, Vol. 23, núm. 1. México. 6 p.
- López-Santiago, J. 2015. Plantas útiles del municipio de San Pablo Macuilianguis, Oaxaca. Universidad de la Sierra Juárez. Tesis de Licenciatura. México. 200 p.
- López-Villegas, MF; Santiago-García, W; Quiñonez-Barraza, G; Suárez-Mota, ME; Santiago-Juárez, W; Santiago-García, E. 2017. Ecuaciones globales y locales de altura-diámetro de 12 especies de interés comercial en bosques manejados. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, vol. 4(2): 113-126 p.
- Lorea-Hernández, F; Jiménez-Pérez, N. 2010. LAURACEAE. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 82. Instituto de Ecología, A.C. Departamento de Biología Evolutiva, Xalapa, Veracruz, México. 21 p.
- Luna, VMI. 2003. Ficha técnica de *Litsea glaucescens*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto núm. W025. México. D.F. 6 p.
- Madrid, G. 2016. Las prácticas silvícolas comunitarias favorecen la conservación de la biodiversidad. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. Pagina disponible: <http://www.ccmss.org.mx/las-practicassilvicolas-comunitarias-favorecen-la-conservacion-de-la-biodiversidad/>
- Maldonado, RF; Vargas, CR; Cuevas, HJL; Sandoval, GR; Aguilar, HR; Gorgonio, RM; Reyes CLM. 2015. Estudio de Cuenca de Abasto para el Desarrollo Industrial Forestal Maderable de la Región Sierra Juárez, Oaxaca. México. 188 p.

- Martínez-Antúnez, P; Hernández-Díaz, C; Wehenkel, C; González-Elizondo, J; Corral-Rivas, J; López-Sánchez, CA. 2014. Patrones ambientales que definen la distribución y abundancia de árboles y arbustos en el noroeste de México. Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Villa Lázaro Cárdenas Puebla. Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. México. 14 p.
- Montañez-Armenta, M de la P; Valtierra-Pacheco, E; Medina-Torres, SM. 2011. Aprovechamiento tradicional de una especie protegida (*Litsea glaucescens*) en “Sierra del Laurel”, Aguascalientes, México. *Ra Ximhai. Agriculture* 6:199–219.
- Nájera, LJA; García, RP. 2009. Propiedades físicas de la madera en *Juniperus deppeana* y *Arbutus xalapensis* de la Región de El Santo, Durango. En: García, ICA. TecnoIntelecto (Órgano de divulgación científica). Una publicación del Instituto Tecnológico de ciudad Victoria, vol. 6. Núm.1. 58 p.
- Newton, AC. 2007. Forest ecology and conservation. A handbook of techniques. Oxford, UK: University Press. 454 p.
- Niembro, RA; Vázquez, TM; Sánchez, SO. 2010. Árboles de Veracruz, 100 especies para la reforestación estratégica. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. 130 p.
- Ordoñez, MJ; Rodríguez, P. 2008. Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México, y sus productores rurales. Universidad Nacional Autónoma de México. *Ciencias*, vol. 1, núm. 91, 54-64 p.
- Oropeza, OO. 2010. Pendiente del terreno. Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 3 p.
- Ortega-Ortega, T; Vázquez-García, V. 2014. Satureja macrostema: Situación ambiental, conocimiento local y roles de género. *Madera Bosques* 20(2):71–86.
- Ortega, OT; Vázquez, GV; López, ML; Zapata, ME. 2014. El poleo: recurso forestal no maderable de los bosques templados de Oaxaca. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Biodiversitas*, 116:7-11 p.
- Padilla, G. E. 2007. Estudio ecológico y etnobotánico de la vegetación del municipio de San Pablo Etla, Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIDIR) Unidad Oaxaca. México. 175 p.
- Palma-López, DJ; Zavala- Cruz, J; Bautista-Zúñiga, F; Morales-Garduza, MA; López-Castañeda, A; Shirma-Torres, ED; Sánchez-Hernández, R; Peña-Peña, AJ; Tinal-Ortiz, S. 2017. Clasificación y

cartografía de suelos del estado de Campeche, México. *Agroproductividad*: Vol. 10. Núm. 12. 9 p.

Palacio-Prieto, JL; Bocco, G; Velázquez, A; Mas, JF; Takaki, F; Victoria, A; Luna-González, L; Gómez-Rodríguez, G; López-García, J; Palma, M; Trejo-Vázquez, I; Peralta, A; Prado-Molina, J; Rodríguez-Aguilar, A; Mayorga-Saucedo, R; González, F. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México. Resultados de Inventario Forestal Nacional, 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 43:183-202.

Peña, CL. 1998. La historia del bosque y su explotación en el pasado: evidencia arqueológica y etnográfica, Giltz-Hitzak. 5 p.

Peri, PL. 2005. Aprovechamiento sustentable del bosque nativo para uso maderero y silvopastoril. Plan de Tecnología Regional Patagonia Sur. 42 p.

Plascencia, RL; Castañón, BA; Raz-Guzmán, A. 2011. La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 9 p.

Pliego, ON. 2011. Catálogo de plantas medicinales del jardín Botánico del Instituto de Biología. Herbolaria y medicina tradicional mexicana. Ciudad de México. 77 p.

Primack, R. 1998. *Essentials of conservation biology*. 2da edición. Sinaeur. 659 p.

Promis, A. 2013. Measuring and estimating the below-canopy light environment in a forest. A review. Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. 8 p.

Puc-Sánchez, LI; Delgado, TC; Mendoza, RE; Sauzo, OI. 2013. Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Biodiversitas*, 111:12-16.

Ramírez-Soto, AF; Villa-Bonilla, B. 2017. Catálogo de Árboles de la Red de Viveros de Biodiversidad. Veracruz, México: Pronatura Veracruz A.C. 312 p. Disponible en: https://issuu.com/pronaturaveracruz/docs/fichas_de_arboles.compressed.

Ramos, MMF; Clark, TR. 2018. La forestería comunitaria en la Sierra Juárez, Oaxaca. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez. En: Clark, TR; Fuente, CME; Alfonso, CC; Ramos, MMF; Aguirre, HV (eds.), Manejo forestal comunitario y sustentabilidad en Sierra Juárez, Oaxaca. 49-65 p.

R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Retama, CLB; Razo, ZR; Rodríguez, LR; Meza, RJ; Suárez, IA; Capulín, GJ. 2013. Regeneración natural del laurel (*Litsea glaucescens* Kunth) en el ejido Tres Cabezas Municipio de Singuilúcan, Hidalgo. En: Méndez, GJ; Zarate, LA; González, LHD. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales, A.C. XI Congreso sobre recursos forestales. Saltillo, Coahuila, México. 423 p.
- Ríos-Altamirano, A., Alfonso-Corrado, C., Aguirre-Hidalgo, V., Ángeles-Pérez, G., Mendoza-Díaz, M.M., Rodríguez-Rivera, V., Roldan-Félix, E., y Clark-Tapia, R. 2016. Abundancia y distribución del género *Pinus* en Capulálpam de Méndez, Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*. Vol. 22, Núm. 3: 61-74.
- Rodríguez-Laguna, R; Razo-Zárate, R; Fonseca-González, J; Capulín-Grande, J; Goche-Telles, R. 2015. Regeneración natural post-incendio de *Abies religiosa* (H.B.K) Schl. Et Cham, en el Parque Nacional “El Chico” Hidalgo. Instituto de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Revista Iberoamericana de Ciencias, vol.2 num.2. 2334-2501 p.
- Romero-Torres, M; Ramírez, AV. 2011. Efecto de borde sobre el proceso de descomposición de hojarasca en bosque nublado. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Bogotá, Colombia. 20 p.
- Ruiz, AF; Fuente, CME; Santiago, GW; González, PMM. 2018. Potencial del bosque de la Sierra Juárez en términos maderables, de biomasa aérea y dendroenergía. Universidad de la Sierra Juárez. Instituto de Estudios Ambientales. Oaxaca, México. 1 p.
- Ruiz, AF; Valdez, HJI; Manzano, MF; Rodríguez, OG; Romero, MA; Fuentes, LME. 2014. Ecuaciones de biomasa aérea para *Quercus laurina* y *Quercus crassifolia* en Oaxaca. Universidad de la Sierra Juárez. Instituto de Estudios Ambientales, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, vol.20, núm.2:33-48 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 432 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1era. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 504 p.
- Rzedowski, J; Calderón de Rzedowski, G. 2010. Flora fanerogámica del Valle de México, Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 975 p.
- Salazar, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica, núm. 20. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- Sánchez, SO. 1969. La flora del Valle de México. Primera edición. Editorial Herrero, S.A. México, D.F. 519 p.

- Sancho, F; Villatoro, M. 2005. Efecto de la posición en la pendiente sobre la productividad de tres secuencias de suelos en ambientes ústicos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29 (3): 159-174.
- Santillana, CME. 2013. Análisis del estado de conservación del bosque de *Pinus hartwegii* en una unidad de paisaje de la Cuenca del Rio Magdalena, México, D.F. Tesis de Maestría. Universidad de Alcalá. 72 p.
- Siles, GP; Talavera, AP; Andino, RF; Alaniz, L; Ortiz, GW. 2017. Composición florística, estructura y biomasa de los bosques de pino-encino en la reserva Santa Rosa, Tisey, Estelí, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical*, vol. 65(2):763-775.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2013. Análisis de vulnerabilidad al cambio climático de las áreas silvestres protegidas terrestres. Costa Rica. 73 p.
- Surukhán, J; Koleff, P; Carabias, J; Soberón, J; Dirzo, R; Llorente-Bousquets, J; Halffter, G; González, R; March, I; Mohar, A; Anta, S; de la Masa, J. 2009. Capital Natural de México, Síntesis, conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 104 p.
- Tapia, TE; Reyes, CR. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Maderas y Bosques* 14(3):95–112.
- Tapia-Torres, NA; de la Paz-Pérez-Olvera, C; Román-Guerrero, A; Quintanar-Isaías, A; García-Márquez, E; Cruz-Sosa, F. 2014. Histoquímica, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de hoja y de madera de *Litsea glaucescens* Kunth (Lauraceae). *Madera Bosques* 20(3):125–137.
- Tavera-Alonso, G; García-Rodríguez, J; García-Soriano, R. 2002. Testimonios orales “Voces de la montaña”, de la Sierra Norte de Oaxaca. PANOS, Institute World Wildlife Found. 14 p.
- Torres-Colin, R. 2004. Tipos de vegetación. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, 105-117 p.
- Tovar, RV; Delgado, VP; Martínez, PA; Tovar, RJC; López, MJ; Rocha, GMC. 2016. Embriogénesis somática en madroño (*Arbutus xalapensis*). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. *Bosque* 31(3):519-525.
- Tovar-Rocha, V; Rocha-Granados, Ma. del C; Delgado-Valerio, P. 2014. Influencia de la maduración del fruto de *Arbutus xalapensis* Kunth sobre la germinación de semillas y embriones cigóticos. *Polibotánica, México, núm. 37* :79–92.

- Valdebenito, RG; Molina, AJ. 2017. Agenda público-privada para el desarrollo sostenible de los productos forestales no madereros en Chile. Consejo de política forestal. Comisión temática de productos forestales no madereros PFM. Santiago. Chile. 61 p.
- Valencia-Avalos, S. y Nixon, K.C. 2004. Encinos. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, 219-225 p.
- Valladares, F. 2006. La disponibilidad de luz bajo el dosel de los bosques y matorrales Ibéricos estimada mediante fotografía hemisférica. Instituto de Recursos Naturales. Centro de Ciencias Medioambientales. *Ecología*, núm. 20, 11-30 p.
- Valle, RCM, Dávila, FCA, de la Rosa, CML, Pérez, MBE; Morales, DJF. 2013. Propagación *in vitro* del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) y análisis de la diversidad genética de las poblaciones del centro de México. *Investigación y ciencia* :19–26.
- Van der Werff, H; Lorea, F. 1997. LAURACEAE. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 56. Missouri Botanical Garden Saint Louis, Missouri, U.S.A. y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 58 p.
- Velasco, MA; Durán, ME; Rivera, R; Barton, BD. 2014. Cambios en la cobertura arbolada de comunidades indígenas con y sin iniciativas de conservación, en Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, núm. 83, 55-73 p.
- Villavicencio, GR; Santiago, PAL; Godínez, HJJ; Chávez, AJM; Toledo, GSL. 2012. Efecto de la fragmentación sobre la regeneración natural en la sierra de Quila, Jalisco. Departamento de Producción Forestal. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA). Universidad de Guadalajara. México. 15 p.
- Vite, CC; Alanis, MJL; Ortiz, DM; Pech, CJM; Ramos, HE. 2014. Indicadores de Diversidad, Estructura y Riqueza para la Conservación de la Biodiversidad Vegetal en los Paisajes Rurales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17:185-196.
- Wabo, E. 2002. Medición de diámetros, alturas y edad del árbol. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. 6 p.
- Wood, S.N. 2017. *Generalized Additive Models: An Introduction with R* (2nd edition). Chapman and Hall/CRC.
- Zacarías-Eslava, Y; Del Castillo RF. 2010. Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la*

Sociedad Botánica de México, núm. 87. Distrito Federal, México. 13-28. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57715868002>

11. Anexos

Anexo 1. Cronograma de actividades.

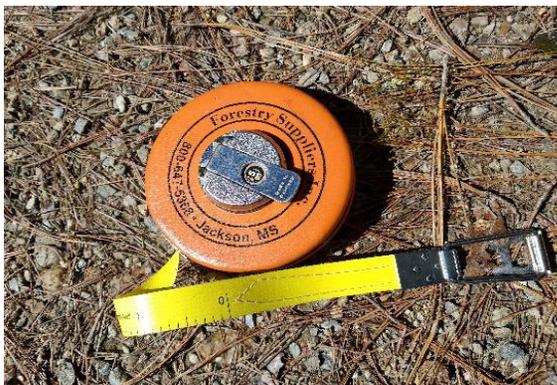
Título de tesis: Evaluación del estado de las poblaciones de tres especies medicinales en una comunidad zapoteca en Sierra Norte, Oaxaca, México.

Actividades	Periodo										
	Año 2018					Año 2019					
	Mes					Mes					
	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Aprobación de trabajo de investigación	■	■									
Viaje a la zona y establecimiento de estudio			■	■							
Implementación de transectos y levantamiento de los datos				■	■	■					
Procesamiento de la información						■	■	■			
Análisis e interpretación								■	■		
Redacción de resultados								■	■		
Elaboración de documento final								■	■	■	
Aprobación e impresión de documento final										■	■

Anexo 2. Presupuesto e instrumentos de toma de información.

Descripción	Cantidad	Precio	Total
		Unidad USD (\$)	USD (\$)
Personal-salario			
1 asistentes de campo (3 meses)	3 meses	350	1050
Equipos			
GPS	1	----	----
Cinta diamétrica	1	----	----
Densímetro esférico cóncavo	1	----	----
Brújula	1	----	----
Vernier	1	----	----
Vara telescópica	1	----	----
Materiales			
Cinta métrica (100 m)	1	30	30
Rollos de cintas de colores (rojo, amarillo)	3	4	12
Impresiones de hojas contra agua (tablas de registro)	1 (200 hojas)	40	40
Impresiones de tesis y empastado	2 (100 hojas)	0.5	100
Tabla de soporte	1	3	3
Paquete de lápices (10 lápices)	1	0.2	2
Paquete de bolígrafos (4 bolígrafos)	1	0.2	1
Gomas de borrar	5	0.3	1.5
Sacapuntas	5	0.3	1.5
Impermeable	1	30	30
Zapatos de trabajo	1 par	100	100
Mochila de campo	1	85	85
Transporte			
Visitas a la zona de muestreo	1 ½ mes	12	540
Viaje a la zona de estudio (redondo)	2	300	600
Alimentación			
Alimentación durante los 3 meses	----	----	----
Total			2596

Anexo 3. Instrumentos de medición empleados en campo.



Cinta diamétrica



Vernier Stainless Hardened



Vara telescópica



Brujula lensática



GPS marca GARMIN



Densímetro Esférico Cóncavo



Cinta métrica de 50 m

Anexo 4. Bosques muestreados.



Bosque de pino-encino con aprovechamiento forestal.



Bosque de pino-encino sin aprovechamiento forestal.



Bosque de encino con aprovechamiento forestal.



Bosque de encino sin aprovechamiento forestal.

Anexo 5. Tratamientos muestreados.



Bosque de pino-encino: Presencia de aprovechamiento forestal y medicinal.



Bosque de pino-encino: Ausencia de aprovechamiento forestal, pero si medicinal.



Bosque de pino-encino: Ausencia de aprovechamiento forestal y medicinal.



Bosque de encino: Presencia de aprovechamiento forestal y medicinal.



Bosque de encino: Ausencia de aprovechamiento forestal, pero si medicinal.



Bosque de encino: Ausencia de aprovechamiento forestal y medicinal.

Anexo 6. Agentes de deterioro.



Camino a localidad



CFE alta tensión



Carretera federal



Camino abandonados



CFE baja tensión

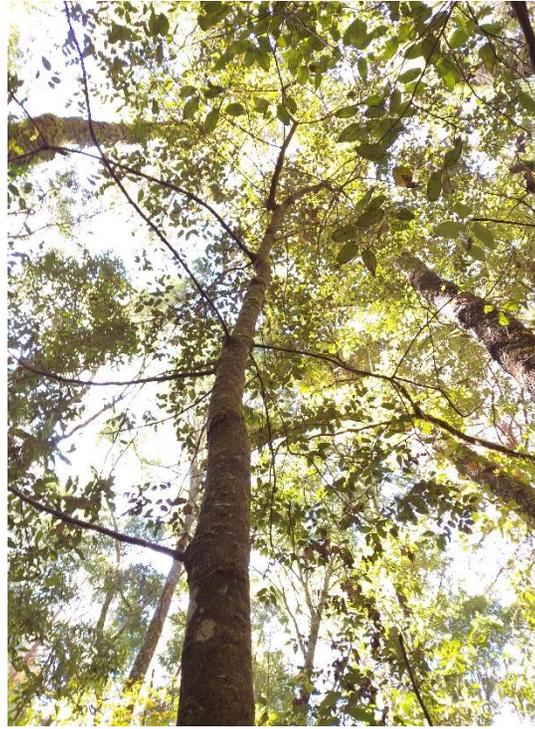


Camino en uso para madera

Anexo 7. Especies de estudio.



Arbutus xalapensis



Litsea glaucescens



Satureja macrostema

Anexo 8. Trazado de las parcelas muestreadas.



Rumbo para el trazado del transecto



Medición del transecto



Medición de la parcela



Establecimientos de las parcelas

Anexo 9. Toma de medidas diamétricas de las tres especies.



Arbutus xalapensis



Litsea glaucescens



Satureja macrostema

Anexo 10. Toma de medidas de alturas de las tres especies.



Arbutus xalapensis



Litsea glaucescens

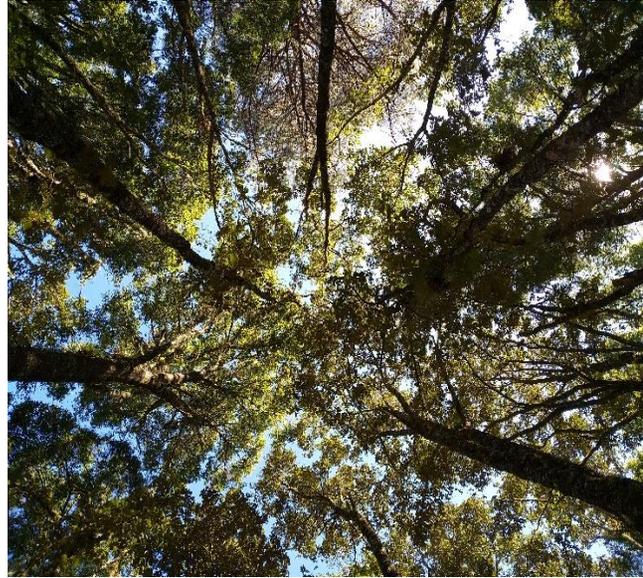


Satureja macrostema

Anexo 11. Toma de la medición de cobertura.



Medición de cobertura



Cobertura en bosque de encino



Cobertura en bosque de pino-encino

Anexo 12. Condición del suelo.



Suelo húmedo



Suelo muy húmedo



Suelo húmedo con presencia de
piedra



Suelo seco



Suelo seco con presencia de piedra

Anexo 13. Cortes de las plantas de las tres especies por uso medicinal.



Arbutus xalapensis



Litsea glaucescens



Satureja macrostema

Anexo 14. Rupturas de las plantas a causa del efecto natural.



Arbutus xalapensis



Litsea glaucescens



Satureja macrostema



Aprovechamiento forestal

Deslaves de cerros