



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Litsea
glaucescens* Kunth EN BOSQUES BAJO
MANEJO DE LA SIERRA NORTE DE OAXACA**

VICENTE FLORENCIO VÁSQUEZ CORTEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: **Estructura poblacional de *Litsea glaucescens* Kunth en bosques bajo manejo de la Sierra Norte de Oaxaca**, realizada por el alumno: **Vicente Florencio Vásquez Cortez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. GREGORIO ÁNGELES PÉREZ

ASESOR



DRA. PATRICIA HERNÁNDEZ DE LA ROSA

ASESOR



DR. FILEMÓN MANZANO MÉNDEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2016.

ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Litsea glaucescens* Kunth EN BOSQUES BAJO MANEJO DE LA SIERRA NORTE DE OAXACA

Vicente Florencio Vásquez Cortez, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

Litsea glaucescens Kunth (Laurel), es una especie forestal no maderable integrada desde el año 2001 en la categoría de peligro de extinción (P) de la NOM-059. Esta especie se desarrolla en el subdosel de bosques de pino-encino de la Sierra Norte de Oaxaca y cuando se aplica la corta de regeneración a través del método de “árboles padres” y cortas intermedias, es controlada para favorecer la repoblación y crecimiento de especies del género *Pinus* spp. A la fecha existe escasa información con relación al efecto de las prácticas silvícolas sobre las poblaciones de laurel, por lo que el objetivo general del presente estudio fue analizar la estructura poblacional de *Litsea glaucescens*, en cuatro condiciones de manejo forestal prevalecientes en San Juan Evangelista, Analco, Ixtlán, Oaxaca. Para ello, se establecieron 16 unidades permanentes de muestreo (UPM) de 25×25 m (625 m^2), cuatro en cada condición de manejo forestal (CMF): área de producción con regeneración (APR), área de producción con aclareo (APA), área de producción sin manejo (APSIF) y área de conservación con bosque maduro (ACBM). Se registró un total de 20 especies arbóreas pertenecientes a 12 familias. Con base en indicadores ecológicos como el índice de valor de importancia (IVI) y el índice de valor forestal (IVF), se determinó que las especies más importantes en las CMF fueron *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *Quercus laurina* y *L. glaucescens*. Las gráficas de distribución tanto de diámetro como de altura para *L. glaucescens* fueron semejantes a una distribución de “J” invertida, sin embargo, la ACBM presentó tendencia a una distribución normal. El patrón de distribución y correlación espacial calculado con la función $K(t)$ y $K_{12}(t)$ de Ripley, respectivamente, mostró que en todos los estadios de desarrollo de laurel este varió entre agregado y aleatorio para las cuatro CMF y la correlación fue espacialmente independiente. Se concluye que aun cuando *L. glaucescens* es removida durante la corta de regeneración a través del método de “árboles padres” y cortas intermedias, ésta tiene la capacidad de regenerarse por rebrotes, y alcanzar altas densidades en estado de plántula y brinzal a diferencia de condiciones con estructura de dosel cerrado (APSIF y ACBM), donde la repoblación es a través de semilla.

Palabras clave: *Litsea glaucescens*, estructura, diversidad, abundancia, distribución espacial.

POPULATION STRUCTURE OF *Litsea glaucescens* Kunth IN MANAGED FOREST AT SIERRA NORTE DE OAXACA

Vicente Florencio Vásquez Cortez, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2016

ABSTRACT

Litsea glaucescens Kunth (Mexican bay), is a non-timber forest species registered since 2001 in the NOM-059 with the status of risk of extinction. It is a subcanopy species in the pine-oak forests of the Sierra Norte of Oaxaca, and when the regeneration cutting through the seed tree method is applied and during thinning, this species is controlled to favor the regeneration and growth of *Pinus* spp. Currently there is few information regarding the effect of silvicultural practices on the Mexican bay populations. For this reason, the general objective of this study was to analyze the population structure of *Litsea glaucescens*, in four forest management conditions at San Juan Evangelista, Analco, Ixtlán, Oaxaca. I established 16 permanent sampling units (UPM) of 25 × 25 m (625 m²), four in each management condition (CMF): production with regeneration site (APR), production with thinning site (APA), production without cutting site (APSIF), and conservation with mature forest site (ACBM). Twenty tree species of 12 botanical families were registered. According to ecological indicators, such as the Index of Importance Value (IVI) and Index of Forest Value (IVF), the most important species in the CMF were *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *Quercus laurina* y *L. glaucescens*. Diameter and height histograms of *L. glaucescens* were similar to an “inverted J” shape, however, the ACBM site showed a tendency to a normal distribution. The spatial distribution and correlation patterns computed through Ripley’s $K(t)$ and $K_{12}(t)$, respectively, showed that all developmental stages of Mexican bay varied from clumped to random for the four CMF, and the spatial correlation was independent among developmental stages. It is concluded that even when *L. glaucescens* is removed during the regeneration cutting though the seed tree method and thinning, this species has the ability of sprouting, and it reaches high seedling and sapling densities, opposite of that in closed canopy conditions (APSIF and ACBM), where the regeneration is mainly by seeds.

Key words: *Litsea glaucescens*, size structure, diversity, abundance, spatial distribution.

Dedicatoria

A mis padres: Bonifacio Vásquez y Rufina Cortes

Sabiendo que jamás encontraré la forma de gratificar su constante apoyo, confianza, amor, sencillez y sabios consejos, que me han permitido terminar una etapa más en mi formación académica y personal. Sin olvidar esos grandes principios y valores enseñados que me inspiraron para tomar el mejor camino, siendo para mí una de las mejores herencias.

A mis hermanos

Celia, Juan, Valentina, Reyna y Florencio

Esperando que comprendan que mis esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes, 5 guerreros que me han enseñado que no hay metas imposibles, si lo que sobran son impulsos para alcanzarlas.

Agradecimientos

A Dios, por brindarme la oportunidad de culminar este objetivo.

El presente trabajo es derivado de varias personas e instituciones, que a cada uno de ellos quisiera expresarles mi más sincero agradecimiento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar mis estudios de maestría con la Beca No. 304988.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en particular al Postgrado en Ciencias Forestales, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en esta institución educativa de gran prestigio y formar parte de la historia de sus egresados.

Al Dr. Gregorio Ángeles Pérez por haber aceptado ser mi consejero, por su valiosa enseñanza, apoyo incondicional, confianza y paciencia durante mi estancia en la maestría.

A la Dra. Patricia Hernández de la Rosa por los acertados comentarios, sugerencias y disponibilidad con el fin de mejorar el presente trabajo.

Al Dr. Filemón Manzano Méndez agradezco sus conocimientos compartidos, amistad y apoyo brindado durante la fase de campo y revisión del documento.

Al Dr. Armando Equihua y Dr. Felipe Noguera por su apoyo en la identificación taxonómica del insecto colectado.

Al Comisariado de Bienes Comunales de San Juan Evangelista Analco, por las facilidades otorgadas para realizar el presente trabajo de investigación en su territorio, por el apoyo y hospitalidad brindada durante la toma de datos en campo, en especial al técnico comunitario.

A todos mis compañeros y amigos con quienes he tenido la oportunidad de compartir momentos agradables durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados: Leonardo Beltrán, Facundo Sánchez, Esteban Torres, Adrián Hernández, Luis Martínez, Francisco Montoya, Tonatzin García, Ángeles Soriano, Ramiro Puc, Jonathan Hernández, Juan Gutiérrez, Pastor Parra, Daniel Castillo, Julia Martínez, Rodrigo Huerta, Marco Rivas.

Contenido

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Contenido	vi
Índice de cuadros	ix
Índice de figuras	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Revisión de literatura.....	3
1.2.1 Descripción de <i>Litsea glaucescens</i> Kunth.....	3
1.2.2 Distribución	6
1.2.3 Usos y aprovechamientos	7
CAPÍTULO II. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS COMUNIDADES DONDE SE PRESENTA <i>Litsea glaucescens</i> EN CUATRO CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL	10
2.1 Resumen	10
2.2 Introducción.....	11
2.3 Materiales y métodos.....	12
2.3.1 Descripción del área de estudio.....	12
2.3.2 Diseño de muestreo	14
2.3.3 Establecimiento de las unidades permanentes de muestreo (UPM).....	16
2.3.4 Medición de variables dasométricas.....	18
2.3.5 Análisis de la información.....	19

2.4	Resultados y discusión	21
2.4.1	Composición florística.....	21
2.4.2	Curvas de acumulación especies-área	25
2.4.3	Índices de diversidad	28
2.5	Conclusiones.....	33
CAPÍTULO III. ESTRUCTURA DE <i>Litsea glaucescens</i> Y ESPECIES ASOCIADAS EN CUATRO CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL		34
3.1	Resumen	34
3.2	Introducción.....	35
3.3	Materiales y métodos.....	36
3.3.1	Determinación de índices estructurales	37
3.4	Resultados y discusión	40
3.4.1	Estructura diamétrica.....	40
3.4.2	Distribución de altura	43
3.4.3	Índices estructurales	46
3.4.4	Comparación de IVI e IVF por condición de manejo forestal	52
3.5	Conclusiones.....	54
CAPÍTULO IV. PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ESPACIAL ENTRE ESTADIOS DE DESARROLLO DE <i>Litsea glaucescens</i> Kunth EN CUATRO CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL		55
4.1	Resumen	55
4.2	Introducción.....	56
4.3	Materiales y métodos.....	57
4.3.1	Distribución espacial	57
4.3.2	Correlación espacial	58
4.4	Resultados y discusión	59
4.4.1	Densidad.....	59

4.4.2	Distribución espacial	62
4.4.3	Correlación espacial	69
4.5	Conclusiones.....	75
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES		76
CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA		78

Índice de cuadros

Cuadro 2.1. Clasificación de superficies por tipo de uso en la comunidad de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	13
Cuadro 2.2. Variables de control de las UPM establecidas en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	17
Cuadro 2.3. Índices de diversidad alfa y beta calculados para las cuatro condiciones de manejo forestal (APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro) en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	20
Cuadro 2.4. Listado de las especies arbóreas identificadas en las unidades permanentes de muestreo establecidas, en el predio de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	22
Cuadro 2.5. Listado de las especies arbóreas identificadas por condición de manejo forestal en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	24
Cuadro 2.6. Valores de t de Hutcheson, t de tablas, grados de libertad (gl) y significancia entre condiciones de manejo evaluadas.	30
Cuadro 2.7. Valores de coeficientes de semejanza florística entre las cuatro condiciones de manejo forestal.	31
Cuadro 3.1. Índice de valor de importancia (IVI), para las especies arbóreas, por condición de manejo forestal, en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	47
Cuadro 3.2. Índice de valor forestal (IVF), para las especies arbóreas en las cuatro condiciones de manejo forestal bajo estudio, en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	50

Índice de figuras

Figura 1.1. <i>Litsea glaucescens</i> . a) Individuo adulto, b) Floración masculina, c) Floración femenina, d) Frutos.	5
Figura 1.2. Distribución geográfica de <i>Litsea glaucescens</i> Kunth en México. Mapa elaborado con base en el reporte en estudios realizados.	6
Figura 1.3. Usos de <i>Litsea glaucescens</i> durante la celebración de Semana Santa en San Juan Evangelista Analco. a) Transporte, b) Elaboración de ramos, c) Adorno del altar mayor y d) Elaboración de cruces (Fotos: S. Santiago).	9
Figura 2.1. Ubicación geográfica del área de estudio: San Juan Evangelista Analco, Ixtlán, Oaxaca. APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.	12
Figura 2.2. Distribución de las SUM (12.5 x 12.5 m) y cuadros de regeneración (5 x 5 m) en las unidades permanentes de muestreo (UPM), establecidas en las condiciones de manejo forestal prevalecientes dentro del predio de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.	16
Figura 2.3. Curvas de acumulación de especies observadas (Sobs) y estimada (Chao2 y Bootstrap), para las cuatro condiciones evaluadas (APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro).	26
Figura 2.4. Curva de acumulación de especies observadas (Sobs) y estimada (Chao2 y Bootstrap), para el área total de muestreo en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca. .	27
Figura 2.5. Valores de equidad y diversidad de especies por condición de manejo forestal (APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro). J': equidad de Pielou, H': Shannon-Wiener, 1/D: inverso de Simpson, S: Alfa de Fisher, D _{MG} : Margalef.	29
Figura 2.6. Dendrogramas para los índices de similitud de Sørensen (a) y Jaccard (b) que muestran las relaciones de las condiciones de manejo, basados en el recambio de especies. APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.	32
Figura 3.1. Curvas o patrones de estructura poblacional propuestos por Bongers <i>et al.</i> (1988).	37
Figura 3.2. Estructura diamétrica de <i>Litsea glaucescens</i> , en el predio de San Juan Evangelista Analco. APR: área de producción con regeneración; APA: área de producción con	

aclareo; APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.....	42
Figura 3.3. Distribución de alturas de <i>Litsea glaucescens</i> , en el predio de San Juan Evangelista Analco. APR: área de producción con regeneración; APA: área de producción con aclareo; APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.....	45
Figura 3.4. Índice de valor de importancia (IVI) e índice de valor forestal (IVF) para fustales en las cuatro condiciones evaluadas. <i>O. xal</i> : <i>Oreopanax xalapensis</i> , <i>S. mex</i> : <i>Sambucus mexicana</i> , <i>A. acu</i> : <i>Alnus acuminata</i> , <i>C. mex</i> : <i>Clethra mexicana</i> , <i>A. xal</i> : <i>Arbutus xalapensis</i> , <i>Q. lau</i> : <i>Quercus laurina</i> , <i>Q. rug</i> : <i>Quercus rugosa</i> , <i>Q. cra</i> : <i>Quercus crassifolia</i> , <i>Q. obt</i> : <i>Quercus obtusata</i> , <i>Q. sal</i> : <i>Quercus salicifolia</i> , <i>L. gla</i> : <i>Litsea glaucescens</i> , <i>B. ova</i> : <i>Beilschmiedia ovalioides</i> , <i>F. uhd</i> : <i>Fraxinus uhdei</i> , <i>P. pat</i> : <i>Pinus patula</i> , <i>P. pse</i> : <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>P. aya</i> : <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>T. lin</i> : <i>Ternstroemia lineata</i> , <i>R. jue</i> : <i>Rapanea juergensenii</i> , <i>P. pri</i> : <i>Prunus prionophylla</i> , <i>P. ser</i> : <i>Prunus serótina</i> . APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.....	53
Figura 4.1. Densidad de <i>Litsea glaucescens</i> por condición de manejo forestal en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.....	61
Figura 4.2. Insecto barrenador en brinzales de <i>Litsea glaucescens</i> . a) individuo plagado, b) larva barrenadora y c) adulto barrenador (dorsal y lateral).	61
Figura 4.3. Índice y patrón de distribución espacial de <i>Litsea glaucescens</i> . a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de producción con regeneración (APR). La línea solida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%)......	65
Figura 4.4. Índice y patrón de distribución espacial de <i>Litsea glaucescens</i> . a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de producción con aclareo (APA). La línea solida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).	66
Figura 4.5. Índice y patrón de distribución espacial de <i>Litsea glaucescens</i> . a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de producción sin intervención forestal (APSIF). La línea solida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).	67
Figura 4.6. Índice y patrón de distribución espacial de <i>Litsea glaucescens</i> . a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de conservación con bosque maduro (ACBM). La línea solida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%)......	68

Figura 4.7. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de producción con regeneración (APR). La línea solida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).	71
Figura 4.8. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de producción con aclareo (APA). La línea solida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).	72
Figura 4.9. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de producción sin intervención forestal (APSIF). La línea solida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).	73
Figura 4.10. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de conservación con bosque maduro (ACBM). La línea solida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).	74

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Oaxaca es considerado como el segundo estado del país con mayor riqueza biológica después de Chiapas (García-Mendoza, 2004), resguardando 9,362 especies de plantas (8,903 excluyendo los musgos) (Pérez-García, 2011). Muchas de ellas representan importancia etnobotánica para las comunidades rurales. Caballero *et al.* (2004) y Valdés-Cobos (2013) mencionan que el mayor aprovechamiento y uso de especies es con un objetivo medicinal, seguido por alimenticio, ornamental, materiales para construcción, forrajero, combustible, cercas vivas, tintes, elaboración de artesanías y substitutos de jabón. Los diferentes componentes de las especies (hojas, semillas, frutos, flores, corteza, raíz o la planta completa) se obtienen principalmente de árboles y hierbas, seguido por arbustos, lianas y epifitas (Caballero *et al.*, 2004).

De igual forma el estado se encuentra dentro de los primeros lugares con mayor aportación a la industria forestal, después de Durango, Chihuahua y Michoacán (Challenger, 2003; Flores-Velázquez *et al.*, 2007). Específicamente en la región Sierra Norte, el aprovechamiento de sus recursos forestales maderables y no maderables son actividades practicadas comúnmente como soporte económico, modificando la estructura, distribución, composición y diversidad de las especies presentes. San Juan Evangelista Analco, comunidad enclavada en esta región, fue elegida como el área de estudio, y actualmente está aplicando su primer programa de manejo forestal comunitario (PMF) con vigencia 2013-2023, bajo dos sistemas silvícolas para dos áreas con características biológicas diferentes (UNSIJ, 2013):

En el *bosque de pino-encino*, donde el interés principal es la producción comercial de madera, se utiliza un sistema silvícola de bosque regular bajo las especificaciones técnicas del Método de Desarrollo Silvícola (MDS), basado en la prescripción de 5 tratamientos (tres aclareos, una corta de regeneración por árboles padres y una corta de liberación) con cinco ciclos de corta de 10 años y un turno de 50 años.

En *bosques de encino-pino* y de *encino*, donde el interés principal es la producción de leña, se utiliza un sistema silvícola de bosque irregular bajo las especificaciones técnicas del Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), y se basa en el principio de que si se determina el diámetro mínimo de corta (DMC) a niveles suficientemente altos, se evita un

sobre-aprovechamiento y se deja un bosque remanente con suficiente potencial para ser aprovechado a futuro.

Como componente importante del subdosel de estas diferentes áreas de producción maderable, se desarrolla *Litsea glaucescens* Kunth, que junto con otras especies son eliminadas durante la aplicación de la corta de regeneración y cortas intermedias. *L. glaucescens* es una especie forestal no maderable integrada en la NOM-059 desde el año 2001 en la categoría de peligro de extinción, a pesar de presentar una amplia distribución geográfica desde el norte hasta el sur del país y, encontrar sus poblaciones en diferentes ecosistemas forestales. Sin embargo, éstas se ven afectadas por factores de gran impacto como la disminución de cobertura vegetal (destrucción y transformación del hábitat), la sobreexplotación de recursos, la presencia de especies invasoras, el crecimiento demográfico, los patrones no sostenibles de consumo, el tráfico nacional e internacional y principalmente su uso en festividades religiosas (Benítez y Bellot, 2003; Challenger y Dirzo, 2009; Plascencia *et al.*, 2011).

A la fecha, se han realizado diversos estudios sobre esta especie, como por ejemplo, Dávila-Figueroa *et al.* (2011) y Montañez-Armenta *et al.* (2011) evaluaron el estatus poblacional y su nivel de aprovechamiento en Aguascalientes; en el mismo estado Flores (2014) evaluó los factores de sitio y estructura de Laurel en un entorno ripícola/rupícola árida; Valle-Rodríguez *et al.* (2013) desarrollaron un protocolo para la propagación *in vitro* de plantas de Laurel y analizaron su diversidad genética en material colectado en los estados de Aguascalientes y San Luis Potosí; en Oaxaca, Santiago (2013) describió la estructura y distribución espacial del Laurel en una área de conservación de Analco, Ixtlán de Juárez.

Sin embargo, aún se carece de información relacionada con el efecto de las prácticas silvícolas sobre la estructura poblacional de la especie, generando incertidumbre si sus poblaciones se reducen, se mantienen o se incrementan. Por lo tanto, ante esta carencia de información se desarrolla la presente tesis, con la finalidad de estudiar el efecto del manejo forestal que actualmente se practica en los bosques de la comunidad de Analco. Los resultados reportados en este documento ayudarán a proponer estrategias para su conservación y manejo sustentable. La tesis consta de los siguientes objetivos y cada uno de ellos desarrollados en capítulos diferentes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar la estructura poblacional de *Litsea glaucescens* Kunth, en cuatro condiciones de manejo forestal en San Juan Evangelista, Analco, Ixtlán, Oaxaca.

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar la composición florística de las comunidades donde se presenta *Litsea glaucescens* en cuatro condiciones de manejo forestal.

Describir la estructura de *Litsea glaucescens* y especies asociadas, en cuatro condiciones de manejo forestal.

Evaluar el patrón de distribución y de correlación espacial entre estadios de desarrollo de *Litsea glaucescens*.

1.2 Revisión de literatura

1.2.1 Descripción de *Litsea glaucescens* Kunth

Litsea glaucescens Kunth pertenece a la familia Lauraceae, árboles o arbustos con hojas aromáticas a veces dioicos o monoicos, en general perennifolios con 50 géneros y alrededor de 2500-3000 especies en el mundo, principalmente en los trópicos (Rzedowski, 2005; Lorea-Hernández *et al.*, 2010). Para México se han identificado 130 especies correspondientes a 10 géneros de esta familia: *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Cassytha Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea* (Lorea, 2002) y específicamente el género *Litsea* presenta 100 especies, 12 se distribuyen en América y 3 en Mesoamérica.

En el país se encuentran siete especies *Litsea glaucescens*, *L. guatemalensis*, *L. muelleri*, *L. neesiana*, *L. parvifolia*, *L. pringlei* y *L. schaffneri* (Jiménez-Pérez *et al.*, 2011); en el estado de Oaxaca se desarrollan tres de estas: *Litsea glaucescens*, *L. guatemalensis*, *L. neesiana* (Lorea-Hernández *et al.*, 2010; Jiménez-Pérez *et al.*, 2011) y en la zona de estudio sólo está representada por la especie de *L. glaucescens*, con aspecto arbóreo, conocida como Laurel.

Las primeras colectas botánicas de la especie, se realizaron en los estados de Guerrero y Veracruz por Humboldt y Bonpland. Posteriormente fue identificada por Karl Sigismund Kunth

en el año de 1817, publicado en *Nova Genera et Species Plantarum* (quarto ed.) 2: 168 (The Plant List; Tropicos.org).

Van der Werff y Lorea (1997), Rzedowski (2005) y Lorea-Hernández *et al.* (2010), describen botánicamente a esta especie como arbusto o árbol pequeño perenne de 1 a 12 m de altura, con corteza pardo oscura, con frecuencia muy ramificada y perennifolia (Figura 1.1 a).

Hojas: alternas y peciolo delgados, de menos de 2 cm de largo, láminas lanceoladas o elíptico-lanceoladas, hasta 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.

Inflorescencias: (masculinas y femeninas) axilares, umbeladas, solitarias o agrupadas a lo largo de ramas, de 3-5 flores por inflorescencia; brácteas pubescentes en la nervadura principal. Florece de marzo a mayo.

Flores femeninas: subcampanuladas amarillentas, 2.0 mm de largo, tépalos 6, con 2.0 mm largo y 1.0 mm de ancho, elípticos o angostamente elípticos, glabros internamente, los más externos ocasional y esparcidamente pubescentes en la porción central, estaminodios 9 de 1.0 mm de largo, ovario y estilo glabros (Figura 1.1 b).

Flores masculinas: subcampanuladas blanco-amarillentas con 3-4 mm largo, tépalos 6, elípticos a ligeramente obovados, similares, externamente glabros o esparcidamente pubescentes en la porción central; estambres generalmente 9, similares, filamentos de 1.5 mm largo, delgados, glabros, los de verticilo interior con glándulas, anteras de 1.5 mm largo, glabras, glándulas con 0.8 mm largo, irregulares (Figura 1.1 c).

Frutos: globoso de 8 a 10 mm de diámetro, negro en la madurez, asentado en una cúpula pequeña discoide, tépalos y estambres algunas veces persistentes en el margen de la cúpula. Fructifica entre julio y octubre, aunque esto puede variar, al igual que la floración; depende del tipo de vegetación donde se desarrolle (Figura 1.1 d).

Sinonimias: Esta especie es muy variable en el tamaño y forma de sus hojas y, a consecuencia de ello, presenta variedades (Lorea-Hernández *et al.*, 2010). La página The Plant List, despliega las siguientes: *Litsea glaucescens* var. *flavescens*, *L. glaucescens* var. *major*, *L. glaucescens* var. *racemosa*, *L. glaucescens* var. *schaffneri*, *L. glaucescens* var. *subcorymbosa* y

L. glaucescens var. *subsolitaria*. Por otra parte, la página de Tropicos.org menciona 37 sinonimias.

Nombres comunes: *Litsea glaucescens* se conoce por diferentes nombres comunes, desde Laurel, Laurelillo, Laurel de castilla, Laurel de olor, Laurel de campo, Laurel delgado, canelillo (español); ecapatli, cuauhxiuitl (Nahuatl); wixi tika'a, tu Káa, yucú ñesachoetiaá (Mixteco); Sanshiño (Mazahua); Aureli (Tarahumara); Mexican bay (inglés) (Tucker *et al.*, 1992; Luna, 2003; Jiménez-Pérez *et al.*, 2011).

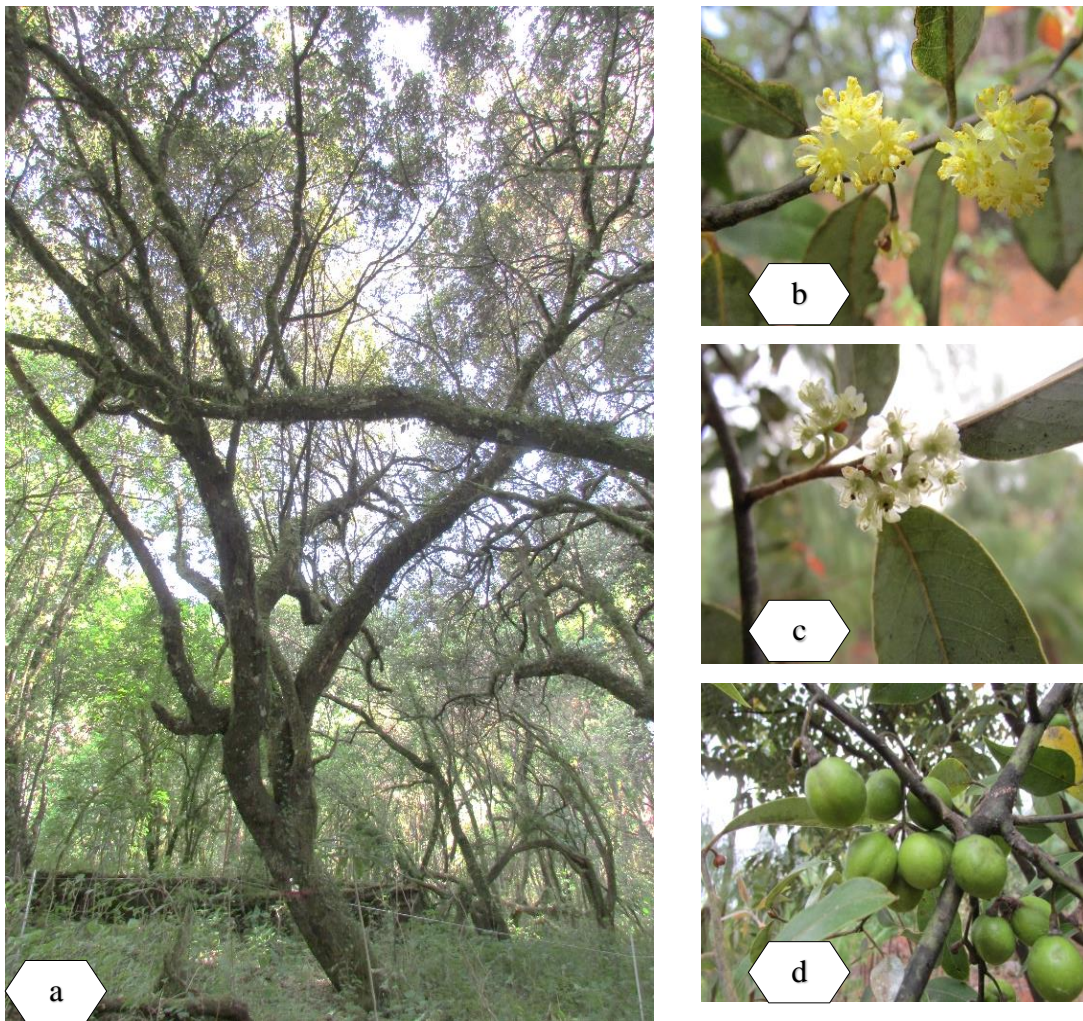


Figura 1.1. *Litsea glaucescens*. a) Individuo adulto, b) Floración masculina, c) Floración femenina, d) Frutos.

1.2.2 Distribución

Litsea glaucescens (Laurel) presenta amplia distribución geográfica, desde el norte hasta el sur de México, en los estados de Chihuahua (Bye, 1986), Sonora (Van Devender *et al.*, 2010), Tamaulipas, Sinaloa, Zacatecas, Nayarit, Michoacán (Tucker *et al.*, 1992), Nuevo León (Estrada *et al.*, 2007), San Luis Potosí (García-Sánchez *et al.*, 1999; González-Costilla *et al.*, 2007), Durango, Aguascalientes, Jalisco, Hidalgo, Querétaro, Morelos, Edo. de México, Puebla, Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Chiapas (Avendaño y Acosta, 2000; Dávila-Figueroa *et al.*, 2011; Montañez-Armenta *et al.*, 2011) y Quintana Roo (Tapia-Torres, 2014). En la Figura 1.2 se observa el mapa de distribución de *L. glaucescens*, elaborado con base en reportes de estudios realizados, es importante mencionar que aun cuando la especie fue reportada en un estudio se coloreo todo el estado.



Figura 1.2. Distribución geográfica de *Litsea glaucescens* Kunth en México. Mapa elaborado con base en el reporte en estudios realizados.

El Laurel se concentra en suelos del tipo litosol y feozem háplico (Montañez-Armenta *et al.*, 2011), con pH entre 4.5 a 7, concentraciones de K menores a 1 ppm, Mg entre 7 y 12 ppm, Ca y P de 10 a 15 ppm (Flores, 2014).

Se puede encontrar en bosques húmedos de encino, encino-pino, bosques mesófilos de montaña, ambientes tropicales hasta áreas menos húmedas y más expuestas como matorrales, por lo regular se localiza en cañadas o barrancas entre los 800 y 2,830 msnm, con cauces activos y sitios en donde se acumula materia orgánica en el suelo (Luna, 2003; Dávila *et al.*, 2011).

En los bosques mesófilos de montaña se le encuentra cohabitando con *Magnolia pacifica*, *Styrax ramirezii*, *Ostrya virginiana*, *Tilia americana var. mexicana* y Lauráceas como los aguacatillos (*Persea liebmannii*, *P. podadenia*), *Liquidambar macrophylla*, *Magnolia* spp., *Alnus jorulensis*, *Ostrya virginiana*, *Carpinus* spp, *Cornus* spp, *Cupressus lusitanica* y otras. Entre los encinos destacan *Quercus candicans*, *Q. crassifolia*, *Q. castanea*, *Q. rugosa*, *Q. scotyphylla* y *Q. splendens* (Luna, 2003; González-Elizondo *et al.*, 2012).

En los bosques templados húmedos de encino y encino-pino con *Arbutus xalapensis*, *Abies* sp., *Clethra mexicana*, *Pinus rudis*, *P. montezumae*, *P. pringlei*, *P. patula*, *P. ayacuhuite*, *Pseudotsuga*, *Quercus candicans*, *Q. crassifolia*, *Q. castanea*, *Q. rugosa*, *Q. eugeniifolia*, *Q. xalapensis*, *Q. crassipes*, *Q. affinis* y *Q. sartorii* (Luna, 2003).

En selva mediana subperennifolia cohabita en el sotobosque con especies de altura menor o igual a 10 m, como son: *Psychotria costivenia*, *Tabernaemontana alba*, *Pleuranthodendron lindenii*, *Symplocos coccinea*, *Pleuranthodendron lindenii*, *Nectandra ambigens*, *Bunchosia lanceolata*, *Picramnia andicola*, *Trophis racemosa*, *Piper amalago* (Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002).

1.2.3 Usos y aprovechamientos

Se han reportado diversos usos para *Litsea glaucescens*, por lo que es considerada como una de las especies forestales no maderables más importantes de México, ofreciéndose tanto en mercados locales como en centros comerciales del país (Valle-Rodríguez *et al.*, 2013). Sus hojas son las más utilizadas como condimento, debido al aroma agradable y el sabor astringente atribuido al 36.2% del compuesto 1,8-cineol (Jiménez-Pérez *et al.*, 2011). Esta especie es medicinal desde tiempos ancestrales aliviando trastornos estomacales, congestión de pecho, tos, enfermedades del oído, problemas ginecológicos o postparto y para combatir la esterilidad femenina (Dávila *et al.*, 2011; Tapia-Torres *et al.*, 2014); el aceite esencial de *L. glaucescens*, contiene 1,8-cineol (22%), sabineno (13%), terpinen-4-ol (10%), γ -terpineno (9%), acetato de α -terpinilo (7%), acetato de nerilo (7%), α -pineno (5%) y β -pineno (4%) (Muñiz-Márquez

et al., 2010); principalmente dos de sus constituyentes linalool y β -pineno, muestran actividad antidepresiva y sedante (Guzmán-Gutiérrez *et al.*, 2012), por lo tanto podría ser una fuente potencial de compuestos con actividad en el sistema nervioso central (Guzmán-Gutiérrez *et al.*, 2014). Al quemar las ramas de Laurel el humo reacciona como insecticida (Montañez-Armenta *et al.*, 2011). En los sistemas agroforestales se usa como cerca viva y forraje para ganado (Avendaño y Acosta, 2000; Tapia-Torres *et al.*, 2014).

En la zona de estudio como en otras regiones del país, su explotación se da principalmente en los rituales religiosos de Semana Santa, en especial la de Domingo de Ramos, entre los meses de marzo y abril. En esta celebración se cortan las ramas del individuo con diferentes herramientas (hoz, machete, tijeras de podar o simplemente con la mano) y son usadas como sahumerios, o bien en la elaboración de arreglos para las ceremonias, repercutiendo principalmente en la capacidad reproductiva de la población, ya que coincide con la época de floración de la planta (Montañez-Armenta *et al.*, 2011; Dávila *et al.*, 2011; Valle-Rodríguez *et al.*, 2013).

La cantidad de material vegetal aprovechado durante esta celebración se desconoce con precisión. Montañez-Armenta *et al.* (2011), mencionan que en Aguascalientes se aprovechan en mayor cantidad las ramas jóvenes o rebrotes, y se basan en unidades de medida como el tercio o brazada de aproximadamente 30 kg y la carga referida a la cantidad que puede transportar un burro, equivalente a dos tercios (aproximadamente 60 kg), recolectando aproximadamente 900 kg durante esta celebración.

En la comunidad de San Juan Evangelista Analco, solo en Domingo de Ramos se aprovechan ± 200 kg de Laurel incluyendo fustes, ramas y follaje. Las ramas o fustes de mayor diámetro son utilizadas para la elaboración de cruces, estas se exponen enfrente del palacio municipal, en la ruta donde se llevará a cabo la procesión y en las entradas de la iglesia; las de menor diámetro son acomodadas en ramos enfrente del altar mayor del templo con aproximadamente 6 m de largo por 5 m de ancho (30 m^2) (Figura 1.3). Las ramillas se mezclan con flores de temporada para adornar los altares del templo y capillas, mientras que algunas de las hojas son usadas para condimentar diferentes comidas de la región. El técnico comunitario menciona que aproximadamente, durante la celebración de Semana Santa en San Juan Evangelista Analco se aprovechan ± 3 toneladas de *Litsea glaucescens* (S. Santiago, comunicación personal, 2015).



a) Transporte: Las ramas de Laurel son trasladadas desde las áreas de su colecta a la comunidad mediante camionetas de tres toneladas.



b) Elaboración de ramos. Estos adornos están compuestos con ramillas de Laurel y palmas. Cada ramo posee un peso aproximado de 400 g y aproximadamente 200 de ellos son repartidos en la comunidad.



c) Adorno del altar mayor. Los ramos elaborados también son utilizados para adornar diferentes áreas del templo entre éstas la más importante es el altar mayor.



d) Elaboración de cruces. Las ramas y tallos de mayor grosor, son destinadas para labrar cruces de varios tamaños y ser expuestas en diferentes partes de la comunidad (ej. Palacio Municipal).

Figura 1.3. Usos de *Litsea glaucescens* durante la celebración de Semana Santa en San Juan Evangelista Analco. a) Transporte, b) Elaboración de ramos, c) Adorno del altar mayor y d) Elaboración de cruces (Fotos: S. Santiago).

CAPÍTULO II. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS COMUNIDADES DONDE SE PRESENTA *Litsea glaucescens* EN CUATRO CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL

2.1 Resumen

Se describe y compara la composición y diversidad arbórea de cuatro condiciones de manejo forestal prevalecientes en los bosques templados de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca. Para ello se establecieron 16 unidades permanentes de muestreo de 25 x 25 m (625 m²), donde se registraron e identificaron todas las especies arbóreas en el área. Se estimaron curvas de acumulación especies-área, índices de diversidad alfa (Shannon-Wiener, Simpson, Equidad de Pielou, Alfa de Fisher y Margalef) y beta (Sørensen y Jaccard) para cada condición de manejo forestal (CMF): área de producción con regeneración (APR), área de producción con aclareo (APA), área de producción sin manejo (APSIF) y área de conservación con bosque maduro (ACBM). Para una mejor interpretación visual de los índices beta se crearon dendrogramas. Fueron identificadas 20 especies arbóreas distribuidas en 12 familias y 13 géneros; las familias Fagaceae, Pinaceae y Lauraceae fueron las más representativas y con una mayor riqueza. La curva de acumulación de especies-área para la región de estudio capta la riqueza de las especies arbóreas; sin embargo, cuando se grafica por CMF éstas muestran que hace falta un mayor esfuerzo de muestreo, pero éste no incrementa significativamente la riqueza estimada en todas las condiciones de manejo. El índice de equidad de Pielou (J') e inverso del índice de Simpson ($1/D$), indicaron dominancia de pocas especies (0.49 y 2.59) en áreas aprovechadas, mientras que una mayor heterogeneidad se presentó para la condición de conservación (0.39 y 1.74). En tanto el índice de Shannon-Wiener, fue mayor en APSIF y APR (1.26 y 1.22) y menor en ACBM (1.06); los índices alfa de Fisher y Margalef presentaron el mayor valor de diversidad en la condición APSIF (2.54 y 2.10) y el menor en APA (1.74 y 1.48). Los índices de Sørensen y Jaccard presentaron los valores mayores (83 y 71%, respectivamente) en APR y APSIF. La diversidad arbórea en las condiciones evaluadas, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), aun cuando la composición de especies se modifica inicialmente por las cortas de regeneración y cortas intermedias, se observó que en el transcurso de la sucesión se reintegra gran parte de la composición original.

Palabras clave: composición florística, diversidad de especies, semejanza, manejo forestal.

2.2 Introducción

Los bosques templados del país representan cerca del 20% del territorio nacional, formando la vegetación de las principales cordilleras de México (Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur), este ecosistema puede estar dominado por solo una especie (bosques puros) o por dos o más (bosques mezclados) (Benítez y Bellot, 2003; Granados y López, 2007). Particularmente, los bosques de pino-encino son considerados como los más biodiversos a nivel mundial, fundamentalmente por las especies que conforman el estrato arbóreo, encontrando la mayor riqueza de pinos (55 especies) y encinos (138 especies), de los cuales el 85 y 70% respectivamente, son endémicos del país (Mittermeier y Goettsch, 1992; Plascencia *et al.*, 2011). Sin embargo, a pesar de la gran riqueza florística reconocida en este tipo de bosque, representa un recurso forestal muy importante tanto en términos de extracción de madera como de producción de servicios ambientales (González-Elizondo *et al.*, 2012; Guzmán-Mendoza *et al.*, 2014).

El 94.6% de producción nacional está basada en la madera de estos bosques, donde las coníferas (pino, oyamel y otras coníferas) contribuyeron con el 82.4% y las latifoliadas (encino y otras latifoliadas) con un 12.2%, asumiendo a Durango, Chihuahua, Michoacán, Oaxaca y Veracruz como los estados con mayor producción (SEMARNAT, 2013). En Oaxaca, particularmente en la región Sierra Norte, el manejo forestal de estos bosques de pino-encino se ha realizado desde hace más de seis décadas, aplicando diferentes cortas de regeneración (selección, árboles padres, selección grupal y en fajas), modificando las condiciones microclimáticas, la tasa de formación de claros y por consiguiente beneficiando a un número reducido de especies arbóreas, eliminando a las de bajo valor económico como las no maderables (Zacarías-Eslava y Del Castillo, 2010; Pavón *et al.*, 2012). Por lo tanto, es necesario conocer el efecto de las prácticas silvícolas sobre la composición y diversidad arbórea, permitiendo rediseñar las estrategias de manejo forestal mediante criterios de sustentabilidad que involucren conservar este nivel de biodiversidad (Gavilán y Rubio, 2005; Hernández-Salas *et al.*, 2013).

La comunidad de San Juan Evangelista Analco, ubicada en la región Sierra Norte de Oaxaca, inicio su manejo forestal en el año 2013, mediante el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), el cual se basa en la aplicación de los tratamientos de aclareos, cortas de regeneración por árboles padres, y cuando la masa lo requiere, una corta de liberación. En tal contexto, aún se carece de

información sobre el efecto de estas prácticas silvícolas sobre la composición y diversidad de sus áreas aprovechadas. Por lo que el objetivo de este capítulo fue determinar la composición y diversidad de especies en cuatro condiciones de manejo prevalcientes en los bosques de la comunidad.

2.3 Materiales y métodos

2.3.1 Descripción del área de estudio

San Juan Evangelista Analco, se localiza en la Sierra Norte de Oaxaca, perteneciente al distrito de Ixtlán de Juárez (Figura 2.1). Geográficamente se encuentra entre las coordenadas $17^{\circ} 23' 00''$ y $17^{\circ} 25' 00''$ de latitud norte, $96^{\circ} 30' 00''$ y $96^{\circ} 35' 00''$ de longitud oeste, a una altitud entre 1200 a 3000 msnm (Lara y Manzano, 2008). El acceso al área de estudio es a través de la carretera federal No. 75 Tuxtepec-Oaxaca y colinda con los siguientes terrenos comunales: al norte y noreste con San Juan Atepec, al sur y sureste con Santa María Jaltianguis, al este con Ixtlán de Juárez y a oeste con Santa Ana Yareni (INEGI, 2008).

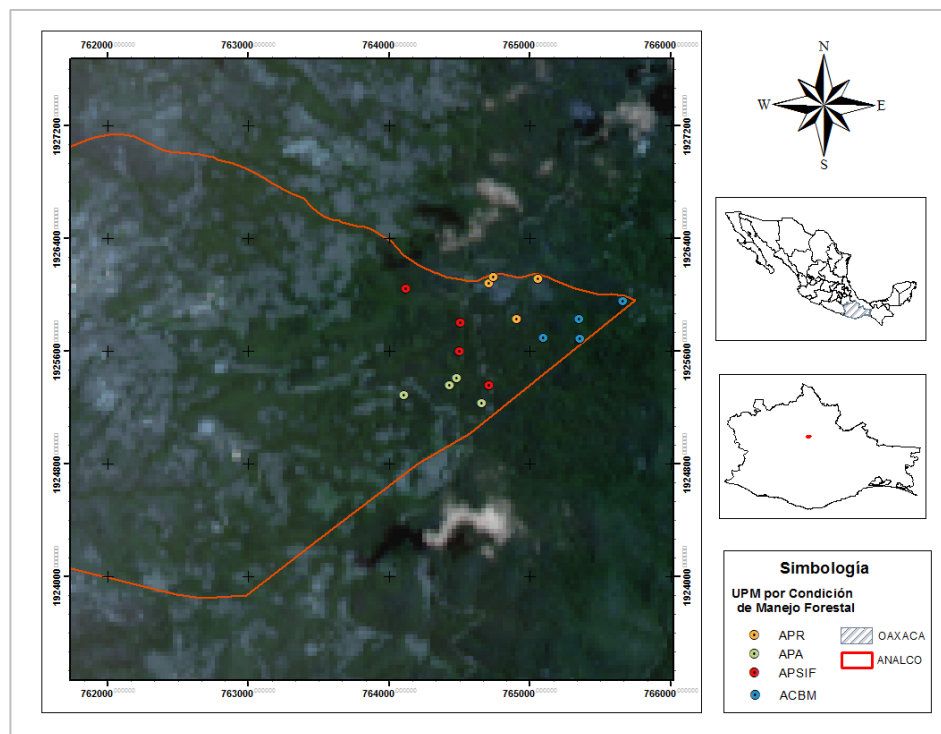


Figura 2.1. Ubicación geográfica del área de estudio: San Juan Evangelista Analco, Ixtlán, Oaxaca. APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

Analco cuenta con una superficie territorial de 1,660.20 ha con tenencia comunal, clasificada de acuerdo a su uso. La mayor parte de esta superficie corresponde a las áreas de producción de madera y leña (bosques de pino-encino con 445.78 ha, bosque de encino con 344.19 ha y el bosque de encino-pino con 113.07 ha). En segundo lugar, se encuentran las áreas de pastoreo, agricultura y la zona urbana, seguidas por las áreas de conservación y aprovechamiento restringido, así como las áreas de restauración de suelos degradados (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Clasificación de superficies por tipo de uso en la comunidad de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

Clasificación de superficies	ha	%
I. Áreas de conservación y aprovechamiento restringido	117.15	7.06
a) Superficies para conservar y proteger el hábitat existente de especies y subespecies de flora y fauna silvestre en riesgo	57.22	3.45
b) Franja protectora de vegetación ribereña (cauces y cuerpos de agua)	48.35	2.91
c) Superficies con bosque mesófilo de montaña	11.58	0.70
II. Áreas de producción	1095.93	66.01
III. Áreas de restauración	61.65	3.71
IV. Áreas de otros usos	385.46	23.22
a) Agrícola y pastoreo	343.36	20.68
b) Asentamientos humanos	42.10	2.54
Superficie total	1,660.20	100.0

Clima: De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (2004) el clima es C(w₂); templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura del mes más frío es entre -3° y 18°C y la temperatura del mes más caliente por debajo de los 22°C. La precipitación anual oscila entre 1800 a 2000 mm con elevada humedad ambiental, ésta es diez veces mayor que la del mes más seco que es menor de 40 mm. Sólo entre los meses de noviembre y febrero se torna frío, mientras que de marzo a mayo se vuelve cálido-seco. Las lluvias se presentan entre los meses de junio a agosto (Lara y Manzano, 2008).

Suelo: El tipo de suelo dominante es el Luvisol vértico, que se caracteriza por ser una de las variedades representadas con arcillas expansibles, formación de grietas de retracción y

estructura prismática con condiciones de drenaje deficiente; seguido por Acrisol, suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) (INEGI, 2008).

Topografía e hidrología: San Juan Evangelista Analco está inmerso en el sistema montañoso de la Sierra Madre de Oaxaca, presentando un sistema de topoformas de sierra de cumbres tendidas en un 89.39%, de valle ramificado con lomerío en 8.14% con pendientes que van de 20 a más del 100% y sierra alta compleja abarcando un 2.47% de su territorio. La comunidad forma parte del sistema hidrológico del Río Papaloapan con diversos arroyos que abastecen a dos ríos permanentes denominados en zapoteco “Yoo lachi” y “Yoo lapi inda”, con una longitud de 5.4 km y 2.6 km respectivamente. Ambos desembocan al oeste de la comunidad en el Río Grande, el cual aguas abajo es llamado Río Quiotepec, correspondiente a la subcuenca RH28Af, dentro de la Región Hidrológica RH28 Cuenca “A” del Río Papaloapan (INEGI, 2008; UNSIJ, 2013).

Vegetación: Dadas las características topográficas se desarrollan diferentes tipos de vegetación, el bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, bosque de encino, bosque de encino-pino y el bosque mesófilo de montaña, ordenados de mayor a menor superficie en el predio. Dentro de estos bosques se encuentran diversas especies que van desde herbáceas hasta plantas leñosas, entre las cuales se encuentran: *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, otras especies forestales como diversas especies de *Quercus* spp., *Alnus acuminata*, *Cornus excelsa*, *Taxus globosa*, *Litsea glaucescens*, *Bursera* spp. y también de los géneros *Iresine* spp., *Hydrocotyle* spp., *Oreopanax* spp., *Sigesbeckia* spp., *Alnus* spp., *Lobelia* spp., *Hypericum* spp., *Commelina* spp., *Equisetum* spp. y *Chimaphila* (Lara y Manzano, 2008).

2.3.2 Diseño de muestreo

Para el levantamiento de la información de campo se definieron cuatro condiciones de manejo prevalecientes en la comunidad: área de producción con regeneración, área de producción con aclareo, área de producción sin intervención forestal y área de conservación con bosque maduro. Estas condiciones se definieron mediante recorridos de campo y que presentaron como componente de la vegetación poblaciones de *Litsea glaucescens*. Dentro de cada condición se establecieron cuatro unidades permanentes de muestreo (UPM).

Área de producción con regeneración (APR): Las áreas consideradas para esta condición, presentaron operaciones de saneamiento para controlar el insecto descortezador *Dendroctonus adjunctus*. Posteriormente la superficie saneada fue repoblada de manera natural y por plantación, principalmente por especies de importancia maderable como el género *Pinus*. La UPM 1 fue establecida en la reforestación realizada en el año de 2008, en el paraje conocido como La Y; la UPM 2 y 3 en la plantación realizada en el 2009 en el paraje El Ochenta y la UPM 4 en la reforestación efectuada en el 2005 en el paraje La Plaga, todas las UPM tuvieron presencia de la especie de Laurel (*Litsea glauscenses*).

Área de producción con aclareo (APA): Para esta condición fueron consideradas áreas con la primera intervención silvícola (aclareo), donde el principal objetivo de esta práctica es liberar espacio para mejorar el crecimiento y calidad de los árboles residuales, eliminando aquellos sin características deseables. El establecimiento de las UPM 1 y 2 fue en el paraje denominado La Parcela, que se intervino en el 2013; las UPM 3 y 4 en áreas intervenidas en el 2014 en los parajes El Baño Seco y El Pinto, respectivamente.

Área de producción sin intervención forestal (APSIF): Estas áreas se caracterizan por no presentar extracción de madera o leña en más de 50 años y actualmente forman parte de la superficie a intervenir en el programa de manejo forestal. En tiempos pasados éstas fueron utilizadas para la agricultura en la siembra de maíz, frijol, chícharo y calabaza, con desmonte por el método de roza, tumba y quema. Posteriormente su repoblación se presentó de manera natural. La UPM 1 fue establecida en el paraje denominado El Pinto, la UPM 2 en La Capilla, la 3 y 4 cerca a la colindancia con la comunidad vecina San Juan Atepec.

Área de conservación con bosque maduro (ACBM): Áreas excluidas de la producción maderable y consideradas para la conservación y protección de especies, el mantenimiento de corredores biológicos y de las áreas destinadas a la recreación y de interés cultural. En estas áreas se aseguró la conservación de los recursos forestales, mediante la ejecución de acciones concretas de protección de la fauna silvestre, vegetación natural, el suelo, protección de las zonas de captación de agua, manantiales, ríos y arroyos principalmente. La UPM 1, 2 y 3 fueron trazados en el paraje denominado El Sauco, la UPM 4 en El Punto Trino. Esta condición se caracteriza por encontrarse en el ecotono del bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña.

2.3.3 Establecimiento de las unidades permanentes de muestreo (UPM)

En cada condición de manejo forestal, se establecieron cuatro UPM de 625 m^2 ($25 \times 25 \text{ m}$) de manera dirigida y tomando como referencia la guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales de Corral-Rivas *et al.* (2012). Cada UPM fue dividida en 4 subunidades de muestreo (SUM) de $12.5 \times 12.5 \text{ m}$ y en cada esquina se trazaron cuadros de $5 \times 5 \text{ m}$ para medir la repoblación de especies arbóreas (Figura 2.2).

Para el establecimiento de las UPM se situó un punto de origen, que fue de donde se trazaron los rumbos francos Norte, Sur, Este y Oeste, en seguida se ubicaron los vértices de las esquinas para cerrar cada SUM. Todo este procedimiento fue con el apoyo de una brújula y cinta métrica. Las distancias tomaron como referencia un plano horizontal, en terrenos inclinados estas fueron compensadas en relación a la pendiente.

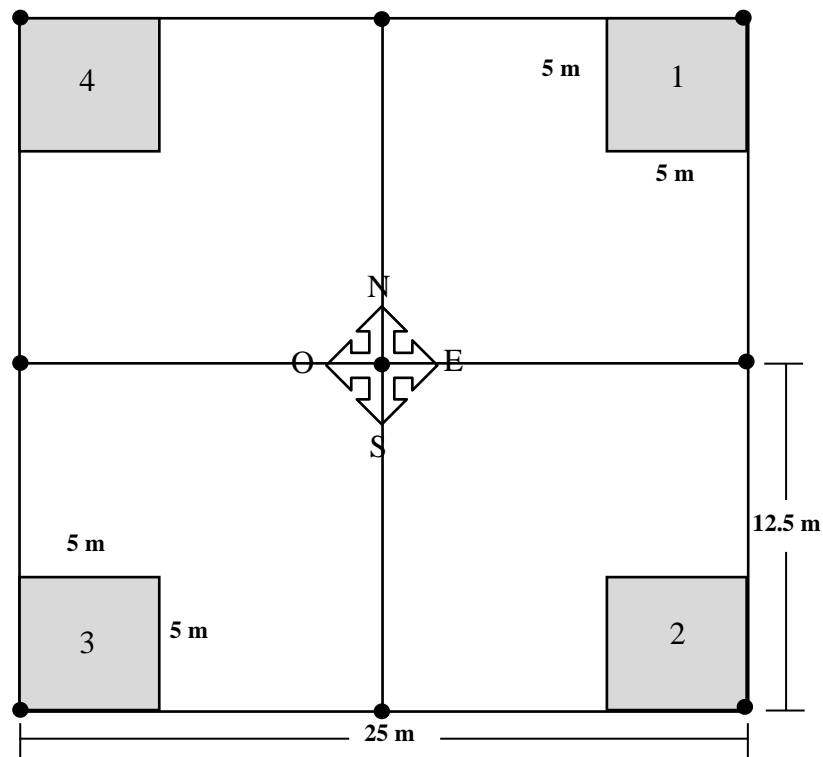


Figura 2.2. Distribución de las SUM ($12.5 \times 12.5 \text{ m}$) y cuadros de regeneración ($5 \times 5 \text{ m}$) en las unidades permanentes de muestreo (UPM), establecidas en las condiciones de manejo forestal prevalecientes dentro del predio de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

En cada esquina de las UPM, SUM y de los cuadros se colocaron estacas metálicas, las cuales fueron el apoyo para sujetar las cuerdas que delimitaron y dividieron a cada unidad. Las estacas se pintaron con la finalidad de protegerlas de la oxidación y facilitar su ubicación.

En el Cuadro 2.2 se exponen las variables de control de cada una de las UPM establecidas para evaluar las poblaciones de *Litsea glaucescens* y otras especies arbóreas encontradas en los bosques de pino-encino de San Juan Evangelista Analco.

Cuadro 2.2. Variables de control de las UPM establecidas en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

CMF	UPM	Pen. (%)	Exp.	Coor. (UTM)	Paraje
Área de producción con regeneración (APR)	1	35	SO	0764912 1925828	La Y griega
	2	35	E	0764711 1926084	El Ochenta
	3	25	SE	0764742 1926127	El Ochenta
	4	25	SO	0765064 1926118	La Plaga
Área de producción con aclareo (APA)	1	25	S	0764482 1925408	La Parcela
	2	15	SE	0764431 1925360	La Parcela
	3	25	SO	0764659 1925234	Baño Seco
	4	10	NO	0764111 1925292	El Pinto
Área de producción sin intervención forestal (APSIF)	1	10	SE	0764715 1925357	El Pinto
	2	20	N	0764500 1925601	La Capilla
	3	35	S	0764507 1925806	La Capilla
	4	35	SO	0764120 1926049	Colindancia con San Juan Atepec

Área de conservación con bosque maduro (ACBM)	1	15	NO	0765097 1925695	Llano del Sauco
	2	10	N	0765352 1925831	Llano del Sauco
	3	10	SE	0765362 1925690	Llano del Sauco
	4	30	SE	0765662 1925954	El Punto Trino

CMF: condición de manejo forestal, UPM: unidad permanente de muestreo, Pen: pendiente, Exp: exposición, Coor: coordenadas geográfica

2.3.4 Medición de variables dasométricas

Las poblaciones de *Litsea glaucescens* fueron divididas en tres estadios de desarrollo en relación a su altura total (AT); plántulas (individuos con altura ≤ 0.3 m), brinzales (individuos con altura >0.3 m ≤ 2 m) y adultos (individuos con altura > 2 m). La diferencia entre brinzales y adultos se basó en la observación de estructuras reproductivas (flores y frutos), ocurriendo en individuos con alturas mayores de 2 m. También se midieron individuos de otras especies arbóreas con diámetro normal (DN) ≥ 5 .

Todos los individuos registrados de *Litsea glaucescens* como de otras especies arbóreas, fueron marcados con placas de aluminio de 3×4 cm, donde se registró el número de UPM, SUM e individuo de manera consecutiva en sentido a las manecillas del reloj, iniciando con el árbol ubicado al norte. Esto fue con el propósito de facilitar su identificación durante la medición y posteriores remediciones.

En las SUM se registraron las variables dasométricas de todos los individuos de Laurel y otras especies arbóreas con diámetro normal (DN) ≥ 5 cm. Se registró el DN, altura total (AT), coordenadas cartesianas (x, y) y diámetro o proyección de la copa (DC) en dos direcciones (N-S y E-O). El DN se midió con una cinta diamétrica a 1.30 m del suelo y en la parte superior de la pendiente, su AT con un clinómetro Suunto desde la base del árbol a la punta de la copa y las coordenadas cartesianas con una cinta métrica.

En los cuadros de 5 x 5 m, se midieron los estadios de plántulas y brinzales de Laurel y otras especies arbóreas, registrando las variables de AT y coordenadas cartesianas (x, y). Su AT se midió con el apoyo de un flexómetro, desde la base del individuo hasta su ápice.

2.3.5 Análisis de la información

Identificación de especies. Para determinar la composición de especies en todas las UPM, se realizó un listado de nombres comunes de los individuos arbóreos, esto fue con el apoyo de los integrantes del Comisariado de Bienes Comunales. Este listado facilitó la identificación de algunas especies. Posteriormente, se revisaron los listados florísticos del plan de manejo para el bosque de alto valor para la conservación (Lara y Manzano, 2008) y el Programa de manejo para el aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos forestales (UNSIJ, 2013) del predio comunal de San Juan Evangelista Analco, para concretar la identificación.

Finalmente, para la correcta escritura de los nombres científicos se consultó la base de datos del Missouri Botanical Garden (Tropicos.org); así como la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) y la lista roja de UICN para conocer el nivel de riesgo de cada especie.

Elaboración de curvas de acumulación especies-área. Se elaboraron curvas de acumulación especies-área para las cuatro condiciones de la vegetación y una curva general que contempló las 16 UPM establecidas. Estas curvas representan gráficamente la riqueza de especies o la abundancia observada en función del esfuerzo de muestreo; por lo tanto, en cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas (Halffter *et al.*, 2001; Colwell *et al.*, 2004).

Para su elaboración, se utilizó el programa EstimateS ver. 9.1.0 (Colwell, 2013), mediante 100 aleatorizaciones con reemplazo. Posteriormente, los parámetros obtenidos (Sobs, Chao2, ICE, Jacknife 1, Jacknife 2 y Bootstrap), fueron exportados a una hoja de cálculo de Excel, donde se graficaron y se compararon las curvas, eligiendo las que se ajustaron con mayor precisión al parámetro Sobs (riqueza observada).

Índices de diversidad (alfa y beta). En el Cuadro 2.3 se describen los índices de diversidad alfa y beta calculados por condición de manejo forestal. Se utilizó el programa Species Diversity & Richness IV (Seaby y Henderson, 2007) para obtener los índices de diversidad alfa; y para la diversidad beta el programa NTSYS-PC ver. 2.1 (Rohlf, 2000), donde se realizó un análisis de agrupación jerárquica mediante la media aritmética no ponderada (UPGMA) para crear dendrogramas y de esta manera presentar un mejor análisis visual de los resultados.

Las diferencias estadísticas para los índices de equidad de Pielou, Simpson, alfa de Fisher y Margalef se realizó a través de un análisis estadístico no paramétrico con la prueba de Kruskal-Wallis (1952), ó un análisis de varianza por rangos (Baddi *et al.*, 2012), bajo la hipótesis nula de igualdad de diversidad entre condiciones. Para el índice de Shannon-Wiener (H'), se emplearon pruebas pareadas mediante el procedimiento de t modificada por Hutcheson (1970) descrito por Moreno (2001), que consiste en calcular la varianza del índice de H' , grados de libertad y una comparación entre t calculada y t de tablas, en contraste con Kruskal-Wallis este índice utiliza los valores reales del índice. El nivel de significancia para las dos pruebas estadísticas fue al 95% ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2.3. Índices de diversidad alfa y beta calculados para las cuatro condiciones de manejo forestal (APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro) en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

DIVERSIDAD ALFA (α)			
ÍNDICE	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN	REFERENCIAS
ÍNDICE DE MARGALEF	$D_{MG} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$	Evalúa el número de especies de una comunidad (riqueza específica). Valores cercanos a 0 ó 1 hacen referencia a ecosistemas con poca riqueza y cercanos a 6 alta riqueza.	(Halffter <i>et al.</i> , 2001; Moreno, 2001)
ÍNDICE DE SIMPSON	$1/D = \sum \left[\frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)} \right]$	Varía entre 0 y 1, donde valores cercanos a cero representan equidad y cercanos a 1 la dominancia de una o pocas especies.	(Moreno, 2001; Sagar y Sharma, 2012; Newton, 2007).
ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	$H' = - \sum_{i=1}^{S_{obs}} P_i \ln P_i$	Mide la heterogeneidad de la comunidad, y oscila entre los valores de 1.5 a 3.5 y solo de manera extraordinaria llega a un valor de 4.5 indican que todas las especies son igualmente abundantes.	(Margalef, 1972; Melo y Vargas, 2001; Moreno <i>et al.</i> , 2011)

EQUIDAD DE PIELOU	$J' = \frac{H'}{\ln S}$	Su valor es de 0 a 1, donde cero indica la mínima equidad y uno que todas las especies tienen la misma abundancia.	(Pielou, 1966a, b)
ÍNDICE ALFA DE FISHER	$S = \alpha \ln[1 + (N/\alpha)]$	No se ve afectado por la variación en el tamaño de la muestra y es completamente independiente de ella si $N > 1000$ o si la relación $N/S > 1.44$. Valores bajos del índice alfa indican pocas especies en relación al total de individuos y valores grandes indican que el número de especies es alto en relación al total de individuos.	(Fisher <i>et al.</i> , 1943; Bravo-Núñez, 1991; Newton, 2007)
S=número de especies dentro de la UPM; N=número total de individuos dentro de la UPM; $P_i=(n_i/N)$ =abundancia proporcional; n_i =número de individuos de la especie i ; Ln=logaritmo natural; α =alfa de Fisher.			
DIVERSIDAD BETA (β)			
ÍNDICE DE SEMEJANZA DE SØRENSEN	$C_s = 2j/(a + b)$	Expresan el grado de similitud entre condiciones por el número de especies compartidas. El valor de los índices va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambas condiciones y 1 cuando tienen la misma composición de especies.	(Moreno, 2001)
ÍNDICE DE SEMEJANZA DE JACCARD	$C_j = j/a + b - j$		
a=número de especies en la condición A evaluada; b=número de especies en la condición B evaluada; j=número de especies compartidas por las condiciones.			

2.4 Resultados y discusión

2.4.1 Composición florística

En las 16 UPM establecidas, se identificaron 20 especies arbóreas, distribuidas en 13 géneros y 12 familias botánicas (Cuadro 2.4). Esta riqueza fue mayor a la reportada en bosques templados de la Sierra Norte de Oaxaca por Luna-Bautista *et al.* (2015) en 2.76 ha mediante sitios circulares de 400 m², donde encontraron 11 especies; fue semejante a lo reportado por

Ruiz-Aquino *et al.* (2015) con 19 especies para 0.75 ha en sitios cuadrados de 50 x 50 m; y fue menor a lo reportado por Ramírez (2006) en sitios de 400 m² para 1.6 ha y Hernández (2007) en sitios de 1000 m² para 5.78 ha, con 27 y 33 especies, respectivamente.

Cuadro 2.4. Listado de las especies arbóreas identificadas en las unidades permanentes de muestreo establecidas, en el predio de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

Familia	Especie	Nombre común	Categoría UICN
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	Macuilillo	NT
Adoxaceae	<i>Sambucus mexicana</i> C. Presl ex DC.	Sauco	LC
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aile	LC
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	Aguacatillo	LC
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Madroño	NT
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	Encino delgado	LC
	<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino roble	LC
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Encino cucharilla	LC
	<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	Encino blanco	LC
	<i>Quercus salicifolia</i> Née	Encino amarillo	LC
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth*	Laurel	VU
	<i>Beilschmiedia ovalioides</i> Sach. Nishida	Hoja ancha	LC
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Fresno	LC
Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.	Pino colorado	LC
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pino liso	LC
	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.	Pino ayacahuite	LC
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> subsp. <i>lineata</i>	Flor de tila	NT
Primulaceae	<i>Rapanea juergensenii</i> Mez	Palo de pajarito	NT
Rosaceae	<i>Prunus prionophylla</i> Standl.	Cerezo amargo	LC
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Capulí	LC

*= Especie catalogada en la NOM-059 en peligro de extinción, NT= Casi amenazada, LC= Preocupación menor, VU= Vulnerable, P= Peligro de extinción.

La riqueza de especies por condición de manejo evaluada se muestra en el Cuadro 2.5. Se observó que tanto en el APR y el APA se identificaron 12 especies; mientras que en el APSIF presentó la mayor riqueza con 17 especies. El ACBM estuvo representada por 15 especies, dos de ellas (*Beilschmiedia ovalioides* y *Fraxinus uhdei*) con distribución preferente en el bosque mesófilo de montaña (Lorea-Hernández, 2002; Del Castillo *et al.*, 2004). De las 20 especies identificadas, 7 de ellas se presentaron de forma típica en las 4 condiciones de manejo; y de manera exclusiva, una en APSIF (*Ternstroemia lineata* subsp. *Lineata*) y tres especies en ACBM (*Rapanea juergensii*, *Sambucus mexicana* y *Fraxinus uhdei*).

Las familias más representativas y con mayor número de especies fueron Fagaceae (8), Pinaceae (3), Rosaceae (2) y Lauraceae (2). Normalmente estas familias se encuentran asociadas a otras aun cuando son dominantes fisonómicas de bosques de pino-encino en elevaciones por arriba de los 2 000 m (Gómez-Mendoza *et al.*, 2008). Luna-Bautista *et al.* (2015) reportaron dichas familias asociadas a Asteraceae y Ericaceae como las más típicas de la zona, pero en diferentes pisos altitudinales en áreas de corta por selección y árboles padres; así como en bosques sin manejo de la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji. Zacarías-Eslava y Del Castillo (2010), encontraron que la Fagaceae y Asteraceae fueron las familias más diversas y frecuentes, pero tienden a disminuir con la altitud a favor de la familia Pinaceae (pinos).

En bosques bajo manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Castellanos *et al.* (2008, 2010) y Vásquez (2013), coincidieron en que las familias Fagaceae y Pinaceae se pueden encontrar en diferentes condiciones y estadios de desarrollo de la vegetación, lo cual significa que presentan mayor dominancia y competitividad dentro de una comunidad. Es importante señalar que la región Sierra Norte de Oaxaca se caracteriza por su gran diversidad de especies del género *Pinus* spp. y *Quercus* spp. En esta región y la Sierra Sur se distribuyen 23 de las 49 especies de pinos de México (Del Castillo *et al.*, 2004; Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014); y 23 de las 161 especies de encinos descritas (Valencia y Nixon, 2004).

En relación al nivel de riesgo de las especies identificadas, solo *Litsea glaucescens* se encuentra desde 2001 en la NOM-059 como especie en Peligro de extinción (P). Esta categoría incluye especies cuya área de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional ha disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat,

aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros (SEMARNAT, 2010).

Cuadro 2.5. Listado de las especies arbóreas identificadas por condición de manejo forestal en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

FAMILIA	ESPECIE	CMF			
		APR	APA	APSIF	ACBM
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	✓		✓	✓
Adoxaceae	<i>Sambucus mexicana</i> C. Presl ex DC.				✓
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	✓	✓	✓	✓
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	✓	✓	✓	✓
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	✓	✓	✓	
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	✓	✓	✓	✓
	<i>Quercus rugosa</i> Née	✓		✓	✓
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	✓	✓	✓	
	<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.		✓	✓	
	<i>Quercus salicifolia</i> Née		✓	✓	
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	✓	✓	✓	✓
	<i>Beilschmiedia ovalioides</i> Sach. Nishida			✓	✓
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.				✓
Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.	✓	✓	✓	✓
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	✓	✓	✓	✓
	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.	✓			✓
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> subsp. <i>lineata</i>			✓	
Primulaceae	<i>Rapanea juergensenii</i> Mez			✓	✓
Rosaceae	<i>Prunus prionophylla</i> Standl.	✓	✓	✓	✓
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.		✓	✓	✓

CMF: condición de manejo forestal, APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

Para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (en inglés, IUCN), 15 especies se encuentran en la categoría de Preocupación Menor (LC); estas especies presentan alta abundancia y amplia distribución de manera natural. En la categoría Casi Amenazado (NT), se encuentran cuatro especies; éstas no se pueden clasificar en Peligro Crítico o Vulnerables, pero en un futuro cercano estarán en la categoría de amenazadas. Para la categoría de Vulnerable (VU), se encuentra solo a *Litsea glaucescens*, especie que está enfrentando un alto riesgo de extinción en espacio silvestre (Cuadro 2.4) (González-Espinoza *et al.*, 2011; IUCN, 2015).

De acuerdo a la página de Naturalista (<http://naturalista.conabio.gob.mx>), *Alnus acuminata*, *Clethra mexicana*, *Beilschmiedia ovalioides* y *Pinus patula* son endémicas del país y las 16 especies restantes son nativas.

2.4.2 Curvas de acumulación especies-área

Las curvas de acumulación de especies-área basadas en la incidencia de cada especie por condición se presentan en la Figura 2.3. El comportamiento de las curvas en cada condición, expresó el registro de una gran proporción de la riqueza arbórea en los bosques del área de estudio, observando al inicio de cada curva un incremento rápido, derivado de las especies comunes registradas en las UPM, pero a medida que aumentó el esfuerzo de muestreo se colectaron las especies raras, así como, los individuos de especies provenientes de otros lugares, esto hizo que la pendiente de la curva se incrementara paulatinamente hasta aproximarse o llegar a la asíntota (Halffter *et al.*, 2001; Jiménez y Hortal, 2003).

Para las cuatro condiciones de manejo evaluadas (APR, APA, APSIF y ACBM) las curvas de acumulación de especies registradas (Sobs), no alcanzaron una asíntota, lo que sugiere que a las 0.25 ha aún no se alcanzó a registrar el número total de especies. En relación con lo anterior, mediante el programa EstimateS, se extrapolaron las UPM para determinar teóricamente cuantas unidades de muestreo se necesitarían para alcanzar una asíntota, obteniendo que para las condiciones APR, APA y APSIF se tendrían que evaluar dos UPM más, mientras que para ACBM se requieren cuatro más.

Sin embargo, la riqueza observada a partir de los muestreos es una subestimación de la riqueza verdadera, pues siempre hay especies que no se registran en un inventario (López y Williams, 2006). Por lo tanto, fue necesario estimar la riqueza verdadera mediante un método

estadístico no paramétrico con los estimadores Chao2 y Bootstrap, teniendo como ventaja un menor sesgo, mayor exactitud y precisión (valor de estimación cercano al valor de la riqueza verdadera) (López y Williams, 2006; Colwell, 2013).

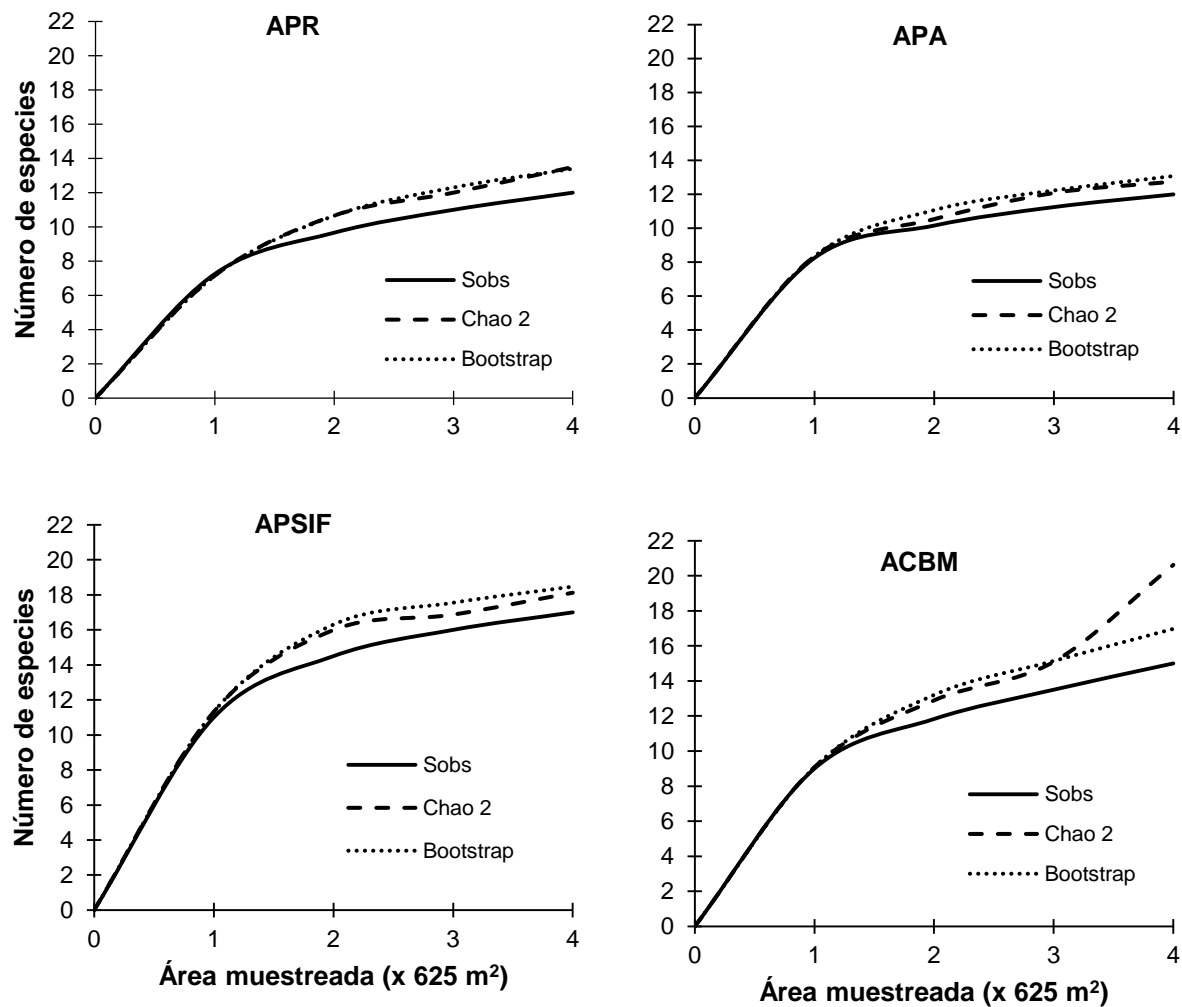


Figura 2.3. Curvas de acumulación de especies observadas (Sobs) y estimada (Chao2 y Bootstrap), para las cuatro condiciones evaluadas (APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro).

Para la condición de APR, estos estimadores revelaron que es posible incrementar la riqueza de 17 a 18 especies; mientras que para las condiciones APA y APSIF, el incremento de la riqueza es a una especie (12 a 13 especies). Para ACBM, Bootstrap incrementa de 15 a 17

especies mientras que Chao2 de 15 a 20, en esta condición la proporción de especies raras (con uno o dos individuos) y con menor frecuencia de ocurrencia influyeron en la forma de la curva, llevándola a un incremento lineal a partir de la tercera unidad permanente de muestreo.

En la curva de acumulación de especies-área general (Figura 2.4), se observó que la línea de especies observadas llega a la asíntota a partir de 15 unidades permanentes de muestreo, reflejando que, aunque se aumente el esfuerzo de muestreo, no se incrementará en forma significativa el número de especies. Por el contrario, el estimador de Chao2 como el de Bootstrap indicaron el incremento de la riqueza de 20 a 21 especies.

Estudios como el de Salas *et al.* (2009), Vásquez (2013) y Luna-Bautista *et al.* (2015) realizados en áreas bajo intervenciones forestales, también reportaron haber obtenido un número significativo y representativo de especies en el área, dado que la curva de acumulación especies-área se acercó o llegó a la asíntota. Por lo cual se infiere que, en los bosques templados, es posible registrar la mayor riqueza arbórea posible debido a la homogeneidad de especies en esta forma de crecimiento y más aún en áreas bajo intervenciones silvícolas donde el interés se basa en pocas especies a diferencia de otros ecosistemas.

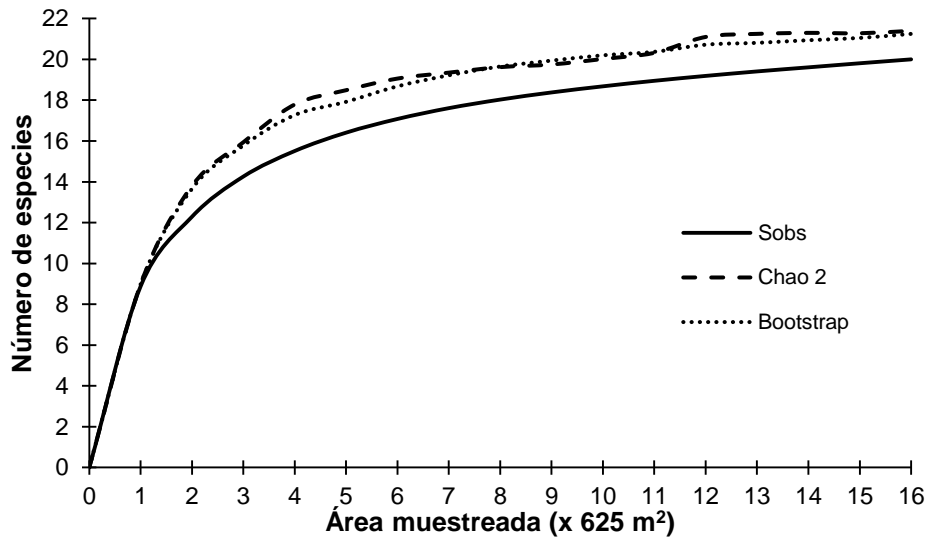


Figura 2.4. Curva de acumulación de especies observadas (Sobs) y estimada (Chao2 y Bootstrap), para el área total de muestreo en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

2.4.3 Índices de diversidad

Diversidad alfa (α)

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, bajo la hipótesis nula de igualdad de medias entre índices por condición, determinó la ausencia de diferencias estadísticas para los índices de equidad de Pielou, Simpson, Alfa de Fisher y Margalef, por lo tanto, la diversidad arbórea dentro de las diferentes condiciones evaluadas pareciera no verse afectada por las intervenciones silvícolas (Figura 2.5). Sin embargo, la prueba t de Hutcheson para el índice de Shannon-Wiener demostró diferencias estadísticas para la ACBM en relación al resto de las condiciones.

Para las áreas bajo aprovechamiento forestal el índice de equidad de Pielou (J') y el inverso del índice de Simpson ($1/D$), indicaron dominancia de pocas especies (0.49 y 2.59), mientras que la heterogeneidad se presentó para la condición de conservación (0.39 y 1.72) (Figura 2.5). En bosques templados bajo intervenciones silvícolas Luna-Bautista *et al.* (2015) reportaron resultados similares para el índice de Simpson en el estrato arbóreo, siendo ligeramente mayor para el tratamiento de árboles padre de 1998 (4.56) y menor para el bosque sin manejo (4.34), pero este decrece para árboles padre de 2011 (2.86).

Pemán *et al.* (2006) menciona que la uniformidad o heterogeneidad de especies posterior al aprovechamiento forestal en un rodal está relacionado con los objetivos definidos, sean éstos económicos, culturales, de conservación, faunísticos, paisajísticos o sociales. El objetivo de las áreas de regeneración en el área de estudio es económico, por lo que el aumento de la dominancia del género *Pinus* seguido por *Quercus* fue superior a las demás especies, sin embargo, aun cuando se dejan solamente especies de pino como árboles padres, no asegura que la regeneración va a estar compuesta únicamente por especies de este género, pues existen otras especies con diferentes mecanismos de regeneración que pueden superarla (Leyva-López *et al.*, 2010).

Para el índice de Shannon-Wiener, la mayor diversidad de especies se presentó en APSIF y APR (1.26 y 1.22) y la menor en ACBM (1.06), mientras que alfa de Fisher y Margalef coincidieron en que la mayor diversidad se encontró en la condición APSIF (2.54 y 2.10) y la menor en APA (1.74 y 1.48). Los valores del índice de Shannon (1.06 a 1.22) del presente estudio son menores a los reportados por Castellanos-Bolaños *et al.* (2008) para bosques por condición silvícola de Ixtlán, Oaxaca (1.3 a 2.16), obtenidos en 11 sitios circulares de muestreo

de 500 m², donde registraron especies arbóreas mayores de 7.5 cm de diámetro. Santiago *et al.*, (2010) señala que este índice incrementa conforme el dosel del bosque se cierra y disminuye cuando se encuentra alta dominancia de una sola especie (Ruiz-Aquino *et al.*, 2015). Así pues, los aprovechamientos forestales practicados en el área de estudio modificaron la diversidad de las especies arbóreas presentes como también lo reporta Corral *et al.*, (2005) para bosques intervenidos. Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009) reportaron que, en bosques de Durango los índices de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef disminuyen conforme la remoción del área basal es más intensa y aumenta en áreas sin remoción, resultados opuestos al presente estudio.

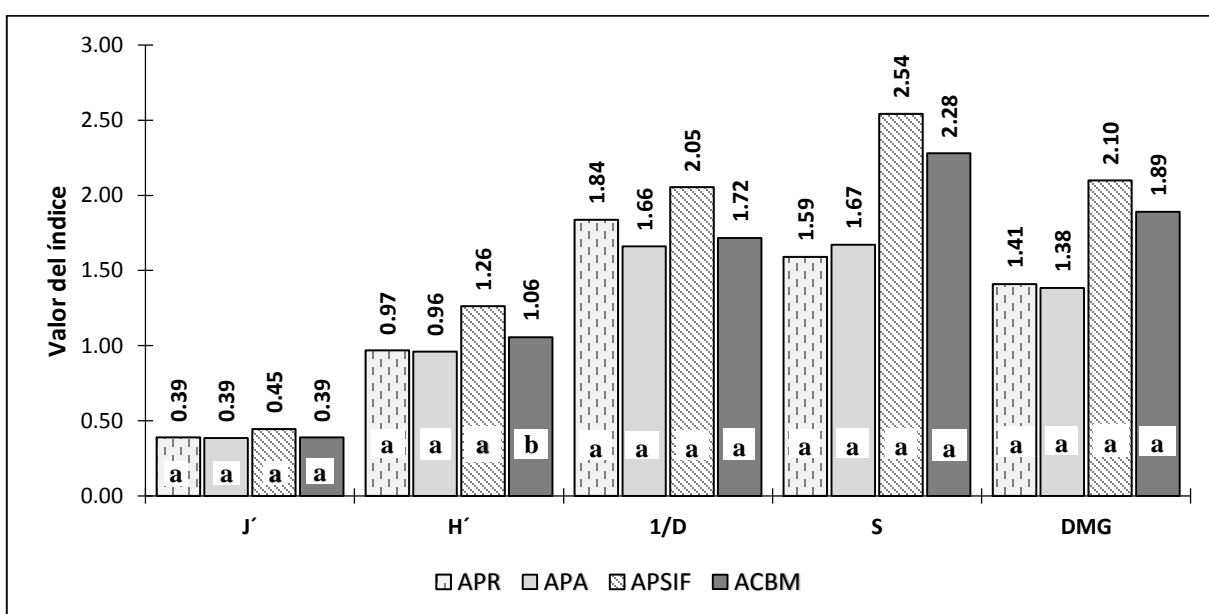


Figura 2.5. Valores de equidad y diversidad de especies por condición de manejo forestal (APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro). J': equidad de Pielou, H': Shannon-Wiener, 1/D: inverso de Simpson, S: Alfa de Fisher, D_{MG}: Margalef.

Para la diversidad de especies medida con Shannon-Wiener, la prueba t de Hutcheson (Moreno, 2001) mediante comparaciones pareadas determinó diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$), entre APR-ACBM ($t= 3.47$, $t_{(\alpha=0.05, 7706.22)}=1.96$), APA-APSIF ($t= 2.01$, $t_{(\alpha=0.05, 6538.80)}=1.96$), APA-ACBM ($t= 2.30$, $t_{(\alpha=0.05, 8488.31)}=1.96$) y APSIF-ACBM ($t= 4.21$,

$t_{(\alpha=0.05, 10657.62)}=1.96$); para APR-APA y APR-APSIF no difieren significativamente entre sí (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Valores de t de Hutcheson, t de tablas, grados de libertad (gl) y significancia entre condiciones de manejo evaluadas.

Condiciones comparadas		t calculada	$g. l.$	t tablas	Significancia
APR	APA	1.15	6042.21	1.96	$P>0.05$
APR	APSIF	0.93	5804.21	1.96	$P>0.05$
APR	ACBM	3.47	7706.22	1.96	$P\leq 0.05$
APA	APSIF	2.01	6538.80	1.96	$P\leq 0.05$
APA	ACBM	2.30	8488.31	1.96	$P\leq 0.05$
APSIF	ACBM	4.21	10657.62	1.96	$P\leq 0.05$

APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

Diversidad beta (β)

Los índices de semejanza basados en datos de presencia/ausencia Sørensen (C_s) y Jaccard (C_j), revelaron la presencia de condiciones muy parecidas entre sí y otras que son diferentes. El coeficiente de semejanza de Sørensen presentó valores de 59 a 83% y Jaccard de 42 a 71% (Cuadro 2.7). Ambos coeficientes demostraron que las condiciones con mayor semejanza fueron APR-APSIF y APA-APSIF ($C_s=83\%$, $C_j=71\%$), debido a que comparten un mayor número de especies y considerando que todas las especies registradas en APR y APA se encontraron en la condición de APSIF. Por lo tanto, esta alta semejanza se deriva de las cortas intermedias (aclareos), dirigidas a reducir especies de menor valor comercial y a favorecer a las de interés maderable (Solís *et al.*, 2006). Valores similares fueron reportados por Vásquez (2013), donde la mayor semejanza fue entre las condiciones de áreas aprovechadas y bordes (remoción parcial de la vegetación) con valores de 73 a 83%, con dominancia del género *Pinus* y *Quercus*.

Las condiciones de menor semejanza fueron APA-ACBM con valores de Sørensen (59%) y Jaccard (42%), demostrando que conforme la masa arbórea se desarrolla después de la intervención silvícola, se mantiene un número menor de especies principalmente de importancia económica, lo que conduce a una menor riqueza (Hernández-Salas *et al.*, 2013). A pesar de que

la distancia entre unidades establecidas no es tan grande, se observó mayor humedad del piso forestal para ACBM en relación al resto, beneficiando la aparición de especies arbóreas exclusivas de esta condición como *Rapanea juergensii*, *Fraxinus uhdei* y *Sambucus mexicana*, y por lo tanto disminuyendo el porcentaje de semejanza. Sin embargo, aun cuando estas condiciones presentaron menor similitud, los valores son mayores del 50% para el índice de Sørensen, derivado del doble peso dado a las especies compartidas.

Cuadro 2.7. Valores de coeficientes de semejanza florística entre las cuatro condiciones de manejo forestal.

Condiciones comparadas		Especies en CMF 1	Especies en CMF 2	Especies compartidas	Índice de Sørensen (%)	Índice de Jaccard (%)
CMF 1	CMF 2					
APR	APA	12	12	9 (0.75)	75	60
APR	APSIF	12	17	12 (0.70)	83	71
APR	ACBM	12	15	10 (0.66)	74	59
APA	APSIF	12	17	12 (0.70)	83	71
APA	ACBM	12	15	8 (0.47)	59	42
APSIF	ACBM	17	15	12 (0.80)	75	60

CMF: condición de manejo forestal, APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

El análisis de los datos por el método UPGMA, mediante el cual se construyeron dendrogramas para el coeficiente de Sørensen (C_s) y Jaccard (C_j), determinaron claramente dos grupos (Figura 2.6). Para ambos dendrogramas, el primer grupo está formado por las condiciones APR, APA y APSIF como las más semejantes entre sí, compartiendo especies comunes del bosque de pino-encino como *Alnus acuminata*, *Arbutus xalapensis*, *Clethra mexicana*, *Litsea glaucescens*, *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *Prunus serotina*, *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*. En relación a estas tres condiciones se esperaría una mayor semejanza entre APR-APA, por la homogeneidad de especies posterior a las intervenciones silvícolas y APSIF-ACBM por la ausencia de aprovechamientos por más de 50 años. Sin embargo, la semejanza florística es mayor entre las áreas de producción con regeneración (APR) y áreas de producción sin intervención forestal (APSIF). Se destaca que APR, a pesar de estar sometida a intervención silvícola, muestra alta semejanza florística con el bosque sin aprovechamiento,

incluso mayor a la que se presenta con ACBM, misma que contiene una mayor riqueza. Estos resultados evidenciaron un rápido desarrollo de la sucesión secundaria, donde después de abrir un claro grande y toda la vegetación haya sido removida, la colonización empieza con el desarrollo de una vegetación dominada por hierbas, para dar paso a una vegetación arbustiva y arbórea que, con el tiempo, va a asumir una estructura y composición florística similar al bosque original (Romero-Romero *et al.*, 2000; Louman *et al.*, 2001).

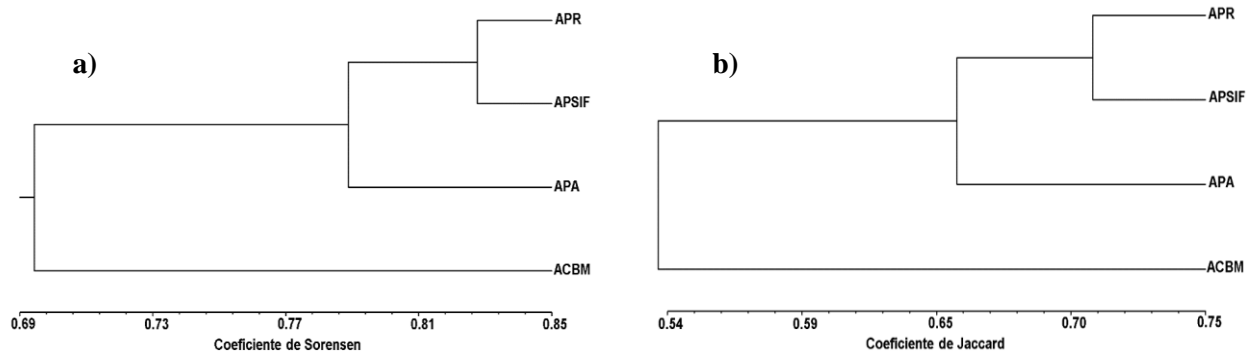


Figura 2.6. Dendrogramas para los índices de similitud de Sørensen (a) y Jaccard (b) que muestran las relaciones de las condiciones de manejo, basados en el recambio de especies. APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

En el área de estudio este proceso fue más rápido debido a la existencia de fuentes cercanas de semillas principalmente en los bordes del área intervenida, donde las tres formas de crecimiento (herbácea, arbustiva y arbórea) ya están presentes desde el inicio de la sucesión, pero su dominio no ocurre simultáneamente por diferencias en crecimiento y tamaño (Louman *et al.*, 2001). Durante el aprovechamiento forestal, aunque mucha vegetación original es removida, permanecen especies que pueden desarrollarse a través de rebrotes (ej. *Litsea glaucescens* y *Quercus*) y de esta forma acelerar la colonización del área.

El segundo grupo está integrado únicamente por la condición ACBM con menor similitud en relación al resto. Esta condición difiere por estar compuesta de especies del bosque de pino-cino y bosque mesófilo de montaña (exclusivas en esta condición).

2.5 Conclusiones

La composición de especies con las que cohabita *Litsea glaucescens*, se relaciona con la intensidad y tipo de práctica silvícola aplicada en el área. En las condiciones de APR y APA se agrupa principalmente con especies del género *Pinus* y *Quercus*, mientras que en áreas sin intervención forestal y conservadas (APSIF y ACBM) el Laurel coexiste con un mayor número de géneros y especies entre ellas *Pinus*, *Prunus*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Oreopanax* y *Sambucus*.

La diversidad de especies en las áreas de producción y el área de conservación, no presentaron diferencias estadísticamente significativas, aun cuando ésta se modifica inicialmente por las cortas de regeneración y cortas intermedias. La tendencia sucesional indicó que es altamente probable que en el futuro las áreas intervenidas recuperarán parte de su composición original. A pesar de que los estratos arbustivo y herbáceo no se evaluaron, fue evidente que éstos presentaron una colonización rápida relacionada, entre otras cosas, con la apertura de claros.

Los índices de diversidad beta (Sørensen y Jaccard), refuerzan lo anterior, destacando alta similitud entre las condiciones de APR y APSIF; mientras que la condición ACBM presentó baja similitud con el resto.

CAPÍTULO III. ESTRUCTURA DE *Litsea glaucescens* Y ESPECIES ASOCIADAS EN CUATRO CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL

3.1 Resumen

Para caracterizar la estructura de *Litsea glaucescens* y especies asociadas en cuatro condiciones de manejo forestal (CMF): área de producción con regeneración (APR), área de producción con aclareo (APA), área de producción sin manejo (APSIF) y área de conservación con bosque maduro (ACBM) en la comunidad de San Juan Evangelista Analco; se midieron las variables dasométricas de todos los individuos con diámetro normal (DN) ≥ 5 cm, registrando su diámetro normal (DN), altura total (AT) y diámetro de copa (DC). La estructura en sentido vertical se caracterizó mediante histogramas de altura total e índice de valor forestal (IVF) y en sentido horizontal con histogramas de diámetro normal e índice de valor de importancia (IVI). Los resultados indicaron que las especies con mayor importancia estructural y fisonómica para las cuatro condiciones de manejo fueron *Pinus patula*, *Pinus pseudostrubus*, *Quercus laurina* y *Litsea glaucescens*. La distribución de diámetros normales y alturas totales en APR, APA, APSIF, presentaron tendencias de “J” invertida o patrón III, caracterizada por una mayor concentración de individuos en las primeras clases diamétricas y disminución constante conforme estas incrementan. En contraste, en el ACBM se presentó tendencia a la normalidad o patrón II con escasa transición de individuos jóvenes a clases diamétricas mayores, manteniendo una población madura.

Palabras clave: *Litsea glaucescens*, estructura, histogramas de diámetro y altura, índice de valor de importancia.

3.2 Introducción

Para conciliar los objetivos de aprovechamiento y conservación de los recursos naturales forestales, es necesario analizar la estructura de las especies, caracterizada mediante procedimientos cuantitativos (índices de diversidad, mezcla de especies, perfil de especies, distribución espacial, diferenciación dimensional, coeficientes de homogeneidad, etc.), que permitan su evaluación y monitoreo en diferentes etapas de desarrollo de los rodales, reconociendo los efectos del aprovechamiento, en términos de la modificación de la vegetación y su capacidad de regeneración (Fregoso *et al.*, 2003; Aguirre *et al.*, 2003).

Cuando se habla de la estructura del bosque, se refiere al arreglo espacial de los diferentes atributos de los árboles (diámetro, altura, cobertura de copas, etc.), dentro de un ecosistema (Melo y Vargas, 2001; Gadow *et al.*, 2012). Para una mejor evaluación e interpretación de estos atributos, se consideran dos dimensiones de ordenamiento (vertical y horizontal), cada una influenciada por diferentes elementos bióticos o abióticos (Ruiz *et al.*, 2015). La estratificación vertical se ve influenciada en mayor medida por la edad del árbol, seguida por diferentes tasas de crecimiento en altura de árboles particulares tomando posiciones permanentes o temporales en los diferentes estratos; y la distribución horizontal por la forma de reducir el número de árboles de manera natural mediante la competencia y auto-aclareos (Zahradník *et al.*, 2010; Franklin *et al.*, 2002).

Por lo tanto, la caracterización estructural (espacial y dimensional) de los bosques naturales es una herramienta esencial en el manejo forestal sustentable, además de ser un buen indicador de la diversidad del sistema, siendo a la vez fácilmente modificable por cualquier impacto, como las prácticas silvícolas. Esto se refleja en cambios en los patrones de distribución espacial de los árboles, así como en la subsecuente dinámica de desarrollo de los ecosistemas (Corral *et al.*, 2005; Ávila-Flores *et al.*, 2012; Juárez-Sánchez *et al.*, 2014). Actualmente las tendencias en el manejo forestal sustentable de los ecosistemas forestales, exigen un mayor conocimiento cuantitativo sobre las comunidades vegetales, especialmente de las especies arbóreas en áreas bajo intervenciones forestales (Jiménez *et al.*, 2001).

Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados en bosques templados no evalúan el efecto que causan los aprovechamientos sobre la diversidad estructural de las diferentes especies en un rodal (Corral *et al.*, 2005). Los estudios centran la atención en las especies maderables

deseables, evaluando los mecanismos que pueden afectar el crecimiento o la calidad de la especie de interés, como sombra y competencia interespecífica e intraespecífica (Li *et al.*, 2014), descartando tanto a las especies del sotobosque como las no maderables. Particularmente, en el sotobosque de las diferentes áreas de producción maderable de los bosques de pino-encino de la Sierra Norte del estado de Oaxaca, se desarrolla la especie forestal no maderable de *Litsea glaucescens*, para la cual se carece de información sobre el efecto que causa el manejo forestal sobre su estructura poblacional.

El objetivo de este capítulo fue caracterizar la estructura poblacional de *Litsea glaucescens* y de las especies asociadas en cuatro condiciones de manejo forestal (área de producción con regeneración, área de producción con aclareo, área de producción sin intervención forestal y área de conservación con bosque maduro) de la comunidad de San Juan Evangelista Analco.

3.3 Materiales y métodos

La estructura poblacional de *Litsea glaucescens* y de otras especies arbóreas, se analizó en sentido vertical utilizando el índice de valor forestal (IVF) (Corella-Justavino *et al.*, 2001) e histogramas de altura total. En sentido horizontal mediante el índice de valor de importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951) e histogramas de diámetro normal. El valor de los índices reflejó la importancia estructural y ecológica de cada especie en las comunidades evaluadas.

Los histogramas de diámetros normales y alturas totales fueron comparados con los patrones propuestos por Bongers *et al.* (1988), donde destaca que en el patrón I, los individuos se agrupan en la primera o segunda clase diamétrica, mostrando una disminución gradual hacia las clases más grandes. En el patrón II, la primera categoría presenta el valor más alto de individuos, pero las clases adyacentes (segunda y/o tercera) tienden a disminuir, posterior a estas categorías la densidad se incrementa en las clases intermedias y declina en el límite superior del rango de clases. Una curva de patrón III, se caracteriza por la concentración de la mayor parte de los individuos (en general 50% o más) en la primera clase de tamaño, mientras que las clases restantes son bajas y constantes (tendencia de "J" invertida) (Figura 3.1).

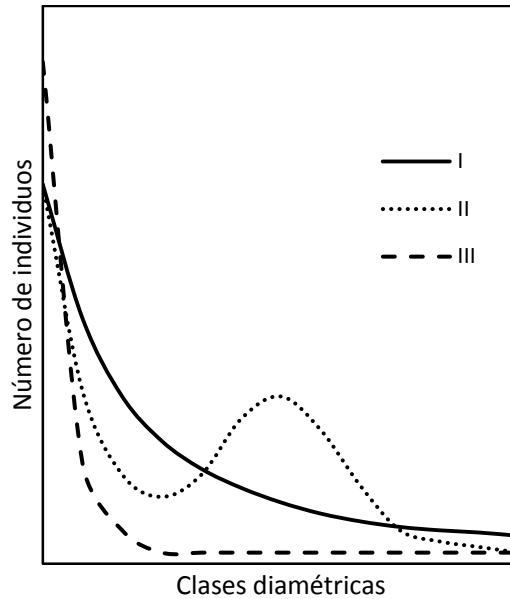


Figura 3.1. Curvas o patrones de estructura poblacional propuestos por Bongers *et al.* (1988).

3.3.1 Determinación de índices estructurales

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Para jerarquizar la importancia estructural de cada una de las especies en rodales mezclados, se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI) desarrollado por Curtis y McIntosh (1951), bajo la premisa de que la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en estudios ecológicos (Lozada, 2010). El IVI es uno de los índices más utilizados para analizar los ecosistemas forestales, basado en la sumatoria de la abundancia relativa (número de árboles), la dominancia relativa (área basal) y la frecuencia relativa (presencia de especies en la condición) de cada una de las especies que componen una comunidad. La fórmula es la siguiente:

$$IVI = Domr + Dr + Fr$$

Donde:

IVI= Índice de Valor de Importancia; Domr= área basal relativa o dominancia relativa; Dr= Densidad relativa y Fr= Frecuencia relativa.

La dominancia relativa se calculó de la siguiente forma:

$$Domr = \frac{\text{dominancia absoluta de una especie}}{\text{dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

La dominancia absoluta (Doma) mediante la siguiente expresión:

$$Doma = \frac{\text{área basal ó cobertura de una especie}}{\text{área muestreada}}$$

La densidad relativa se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{\text{densidad absoluta de una especie}}{\text{densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde, la densidad absoluta (Da) se obtuvo así:

$$Da = \frac{\text{número de individuos de una especie}}{\text{área muestreada}}$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente manera:

$$Fr = \frac{\text{frecuencia absoluta de una especie}}{\text{frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde, la frecuencia absoluta (Fa) se obtuvo como:

$$Fa = \frac{\text{número de parcelas donde aparece la especie}}{\text{número de parcelas muestreadas}}$$

El área basal (AB) de los árboles se calculó con la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} (DN)^2$$

Dónde:

$$\pi=3.1416$$

DN=diámetro normal

Índice de Valor Forestal (IVF)

Este índice fue propuesto por Corella-Justavino *et al.* (2001) para un bosque de mangle, con el objetivo de considerar la altura total de todos los individuos medidos, así como el diámetro normal y cobertura de copa. Por lo tanto, evalúa la estructura de manera bidimensional, proporcionando mayor peso a las especies con diámetro, altura y cobertura dominante.

Posteriormente fue aplicado en una selva mediana perennifolia de Tabasco por Zarco-Espinosa *et al.* (2010); en un bosque tropical estacionalmente seco en Chiapas (López-Toledo *et al.*, 2012); en vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo (Carreón-Santos y Valdez-Hernández, 2014) y en el bosque de pino-encino en Oaxaca (Vásquez, 2013; Ruiz-Aquino *et al.*, 2015). La fórmula es:

$$\mathbf{IVF = DNr + Ar + Cr}$$

Donde:

IVF= Índice de Valor Forestal; DNr= Diámetro normal relativo; Ar= Altura relativa y Cr= Cobertura relativa.

El diámetro normal relativo se calculó de la siguiente manera:

$$DNr = \frac{\textit{diámetro absoluto de una especie}}{\textit{diámetro absoluto de todas las especies}} \times 100$$

El diámetro absoluto se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\textit{diámetro absoluto} = \frac{\textit{diámetro de una especie}}{\textit{área muestreada}}$$

Para calcular la altura relativa, se aplicó la siguiente expresión:

$$Ar = \frac{\textit{altura absoluta de cada especie}}{\textit{altura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\textit{altura absoluta} = \frac{\textit{altura de una especie}}{\textit{área muestreada}}$$

La cobertura relativa se obtuvo mediante la fórmula:

$$Ar = \frac{\textit{cobertura absoluta de cada especie}}{\textit{cobertura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Y la cobertura absoluta como sigue:

$$\textit{cobertura absoluta} = \frac{\textit{cobertura de una especie}}{\textit{área muestreada}}$$

La cobertura se calculó mediante la fórmula del área de una elipse (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010) utilizando el diámetro mayor y menor de la copa. Se expresa como sigue:

$$C = \pi ab$$

Donde:

$$\pi=3.1416$$

a=diámetro mayor de la copa

b=diámetro menor de la copa

3.4 Resultados y discusión

3.4.1 Estructura diamétrica

El análisis de estructura horizontal mediante histogramas de diámetro normal, permitieron inferir en la dinámica de las poblaciones de *Litsea glaucescens* (regeneración, muerte, ausencias, etc.) en cada una de las condiciones evaluadas, así también determinaron el efecto de las actividades silvícolas y de conservación sobre esta variable.

El diámetro normal de los individuos de *L. glaucescens* varió desde menores a 5 cm y como máximo 20 cm en áreas intervenidas y 70 cm en áreas de conservación con bosque maduro. En general se observaron histogramas con comportamientos de “J” invertida y unimodal (Figura 3.2). De manera específica en las condiciones APR, APA y APSIF, la distribución del diámetro normal presentó una curva que se asemeja a una “J” invertida o patrón III de acuerdo a Bongers *et al.* (1988), mostrando la concentración de más del 50% de individuos en las clases menores y disminución constante de la densidad conforme las clases diamétricas se van incrementando, indicando que *L. glaucescens* en estas condiciones presenta poblaciones estables y capaces de regenerarse continuamente y con éxito (Chang-Ming *et al.*, 2004).

La tendencia de “J” invertida se observa frecuentemente en especies de bosques intervenidos, que están en proceso de recuperación derivado de la extracción de madera (Corral-Rivas *et al.*, 2005; Del Río *et al.*, 2003), donde los diferentes tratamientos silvícolas aplicados en bosques templados como los del área de estudio, tienen como objetivo el desarrollar masas regulares del género *Pinus*, representando individuos en todas las categorías diamétricas y concentrándose esencialmente en las clase menores, siendo éstas las que proporcionarán en el futuro la

productividad de los bosques posterior a la corta de regeneración (Návar-Cháidez y González-Elizondo, 2009). Sin embargo, los tratamientos silvícolas son unos de los tantos factores que afectaron las poblaciones de Laurel, ya que solamente se aprecian individuos jóvenes provenientes de rebrotes y la ausencia de individuos adultos, reduciendo la reproducción sexual.

Para el área de conservación con bosque maduro (ACBM), la tendencia de la curva presentó un comportamiento unimodal o patrón II (Bongers *et al.*, 1988), donde la mayor densidad se concentró en la primera clase diamétrica, posteriormente disminuyó y volvió a incrementarse en las clases diamétricas de 15 a 40 cm. Este comportamiento se debe a que los individuos que están en el sotobosque esperan encontrar oportunidad para crecer, es por esto que siempre las clases diamétricas menores serán más abundantes que las que le proceden, señalando una regeneración en ciclos y no en forma continua, con la mayoría de árboles en crecimiento intermedio y con un envejecimiento a mediano plazo (Melo y Vargas, 2001; Ajbilou *et al.*, 2003).

Con respecto a la baja densidad observada en las clases diamétricas de 5 a 10 cm y 10 a 15 cm, puede atribuirse al efecto de la alta competencia de recursos por los individuos del estrato inferior e intermedio, además del cierre de copas de los individuos adultos de Laurel y otras especies con las que cohabita. Éstos interfirieron principalmente en el paso de la radiación solar (cantidad y calidad) hacia los estratos inferiores, siendo este un recurso clave en la regulación de la germinación, establecimiento, persistencia y crecimiento de los individuos de clases diamétricas menores, además de representar la mayor relación con el incremento del diámetro normal (Valladares, 2004; Islas *et al.*, 2013; Maza-Villalobos *et al.*, 2014).

Simultáneamente, la disminución o ausencia en las clases diamétricas mayores de *Litsea glaucescens* es atribuido a la competencia intra e interespecífica, fundamentalmente por espacio, recursos minerales, luz y agua (Tilman, 1994; Zhang *et al.*, 2010), así como por la madurez y muerte de los individuos de manera natural (Montañez-Armenta *et al.*, 2011; Dávila-Figueroa *et al.*, 2011; Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000). Es importante señalar que la muerte de árboles maduros presenta gran importancia en la dinámica de Laurel, pues estos liberan espacio y recursos potencialmente disponibles para el establecimiento e integración de nuevos individuos reproductivos a la población.

Resultados similares han sido documentados en investigaciones como la de Flores (2014), en las regiones Sierra Fría y Sierra Laurel en el estado de Aguascalientes, donde reportó la distribución de diámetros con tendencia de “J” invertida y ausencia de individuos en clases diamétricas mayores. En un estudio previo en Analco, Oaxaca, en áreas conservadas Santiago (2013), señaló la presencia de individuos de Laurel desde la categoría de 5 cm y altas densidades en las categorías mayores para algunas de las unidades de muestreo evaluadas, indicando la presencia una masa arbolada en etapas de desarrollo avanzadas.

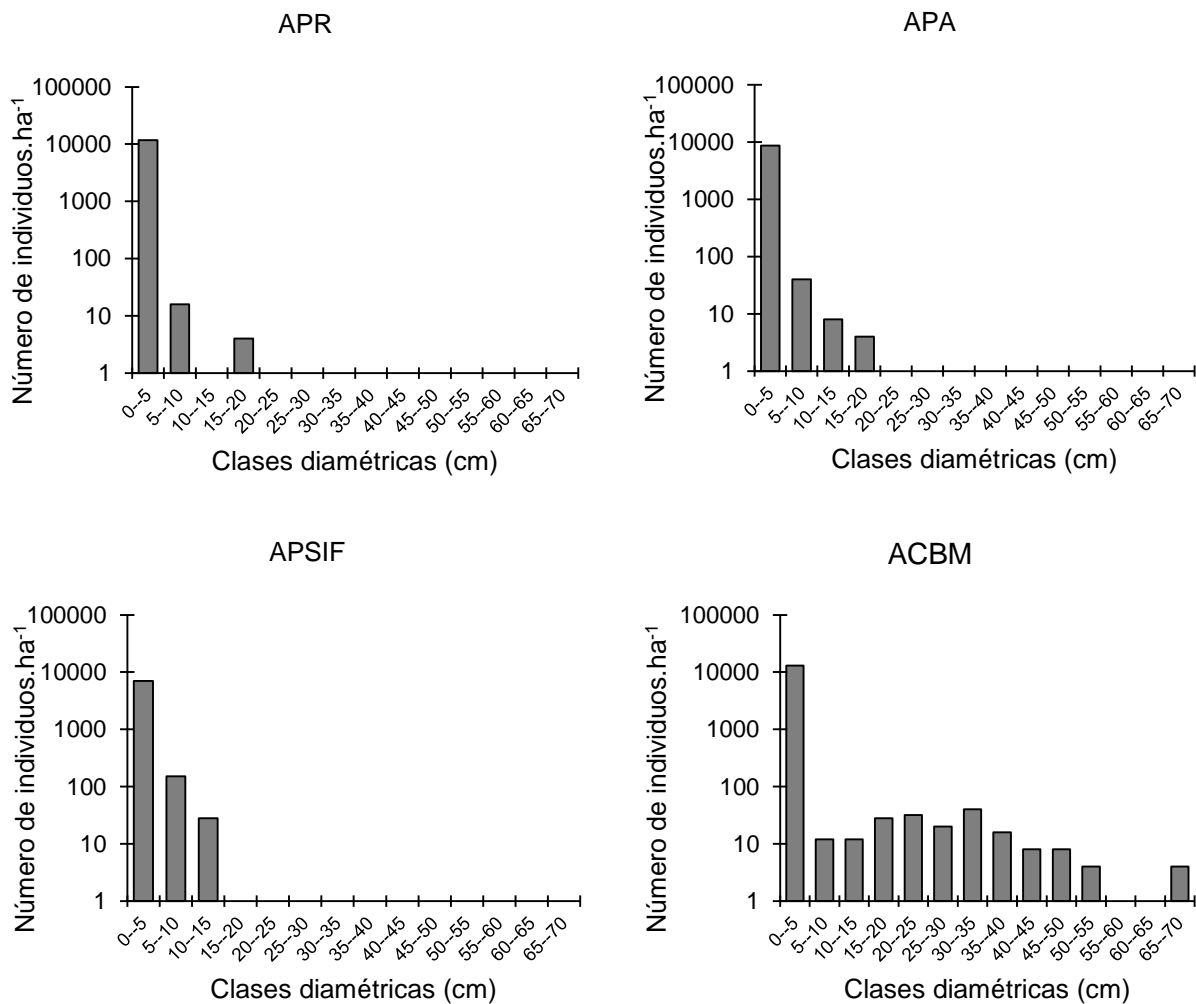


Figura 3.2. Estructura diamétrica de *Litsea glaucescens*, en el predio de San Juan Evangelista Analco. APR: área de producción con regeneración; APA: área de producción con aclareo; APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

3.4.2 Distribución de altura

La estructura vertical de *Litsea glaucescens* en los bosques evaluados, se manifestó en relación a las condiciones microambientales presentes en las diferentes alturas del perfil, situándose en los niveles que mejor satisficieron sus necesidades de desarrollo. En las condiciones APA, APSIF y ACBM se observó la presencia de individuos en el estrato bajo, medio y alto, aunque en este último el Laurel fue superado por especies de género *Quercus* y *Pinus* registrando mayores alturas, regularmente por encima de los 25 m.

Para un mejor entendimiento de la estructura vertical de *Litsea glaucescens*, se analizó mediante la tendencia de la variable altura total extrapolada por hectárea en cada condición de manejo forestal (Figura 3.3). En APR, APA y APSIF, la altura total de los individuos presentó tendencia de “J” invertida o patrón III (Bongers *et al.*, 1988), mismo comportamiento expresado con el diámetro normal. En estas condiciones se observaron marcadas diferencias por la presencia de un mayor porcentaje de individuos en las clases menores (85.01%, 97.89% y 96.69%, respectivamente), y conforme la altura total aumentó la densidad disminuyó constantemente.

En APR y APA la altura total de Laurel fue afectada directamente por el derribo y extracción de madera, así como por los tratamientos complementarios posteriores a la corta. Sin embargo, a pesar de los daños ocasionados, esta especie posee una gran capacidad para regenerarse vegetativamente, aunado a los beneficios que se generan por la corta y extracción de árboles adultos, donde inevitablemente se libera espacio que permite el establecimiento de nuevos individuos, al menos temporalmente. Es importante mencionar que el Laurel pertenece al grupo de las hemisciófitas que habitualmente presentan crecimiento rápido en buenas condiciones de luz (Louman *et al.*, 2001; Corral *et al.*, 2005).

A diferencia de las condiciones anteriores, la distribución de altura total en el ACBM mostró tendencia a la normalidad o un patrón II (Bongers *et al.*, 1988), posterior a la primera clase de altura donde se presentó el 98.35% de la densidad total. La disminución de la primera a segunda categoría, significa que más del 50% de los individuos no superan esa altura, quedando suprimidos en el sotobosque, donde muchos de estos no sobreviven. Sin embargo, a la fecha no se cuentan con estudios demográficos continuos de la especie, por lo que no es posible afirmar con datos concretos la tasa de mortalidad, sobrevivencia, permanencia y trascendencia entre

clases de altura. Por lo cual es necesario realizar estudios de demografía, que permitan comprender más claramente cómo está ocurriendo la dinámica de desarrollo de la especie en las diferentes condiciones de estos bosques.

La altura mínima en que se observaron estructuras reproductivas para la especie fue a los 2 m, esto indicó que en la condición de conservación no se presentó la incorporación de individuos jóvenes reproductivos que a futuro remplazarán al arbolado maduro. Por lo tanto, se puede señalar que esta incorporación podrá ocurrir al momento de la apertura de claros en el dosel, tanto de manera natural por la muerte de uno o varios árboles dominantes, así como antropogénicos mediante la corta de individuos maderables, generando un incremento sustancial de luz para el crecimiento en altura y si estos espacios persisten, influirían también en el incremento en diámetro (Collet *et al.*, 2001; Pineda-López *et al.*, 2013).

Simultáneamente en esta condición de conservación, *Litsea glaucescens* presentó individuos con alturas superiores a las reportadas por otros autores. Valle-Rodríguez *et al.* (2013) para la Sierra Fría y Sierra de Laurel del estado de Aguascalientes, reportaron que el 90% de los individuos registrados eran arbustos de 1 a 1.5 m y 1 a 2 m, respectivamente. Sólo en condiciones específicas, por lo regular en sitios inaccesibles y muy distantes se pueden encontrar individuos con alturas de 12 m (Flores, 2014); altura máxima también reportada por Rzedowski (2005) en el Valle de México. Godínez-Ibarra y López-Mata (2002) en una selva mediana subperennifolia del estado de Veracruz, reportaron a la especie en el sotobosque con alturas menores o iguales a 10 m. En la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, *Litsea glaucescens* se distribuye frecuentemente en las partes bajas de las laderas, donde generalmente es un arbusto bajo (± 40 cm de alto) y la mayoría de las veces se distribuye hasta las partes altas de los cerros o lugares protegidos, donde puede alcanzar ± 2 m de alto (García *et al.*, 1999; Valle-Rodríguez *et al.*, 2013)

Con base en lo anterior, *Litsea glaucescens* se desarrolla en ambientes favorables en los bosques de la región Sierra Norte de Oaxaca, principalmente en las áreas de bosque mesófilo de montaña, donde se promueve que la especie adquiera un mayor desarrollo tanto en diámetro como en altura en comparación a otras condiciones del bosque y regiones del país.

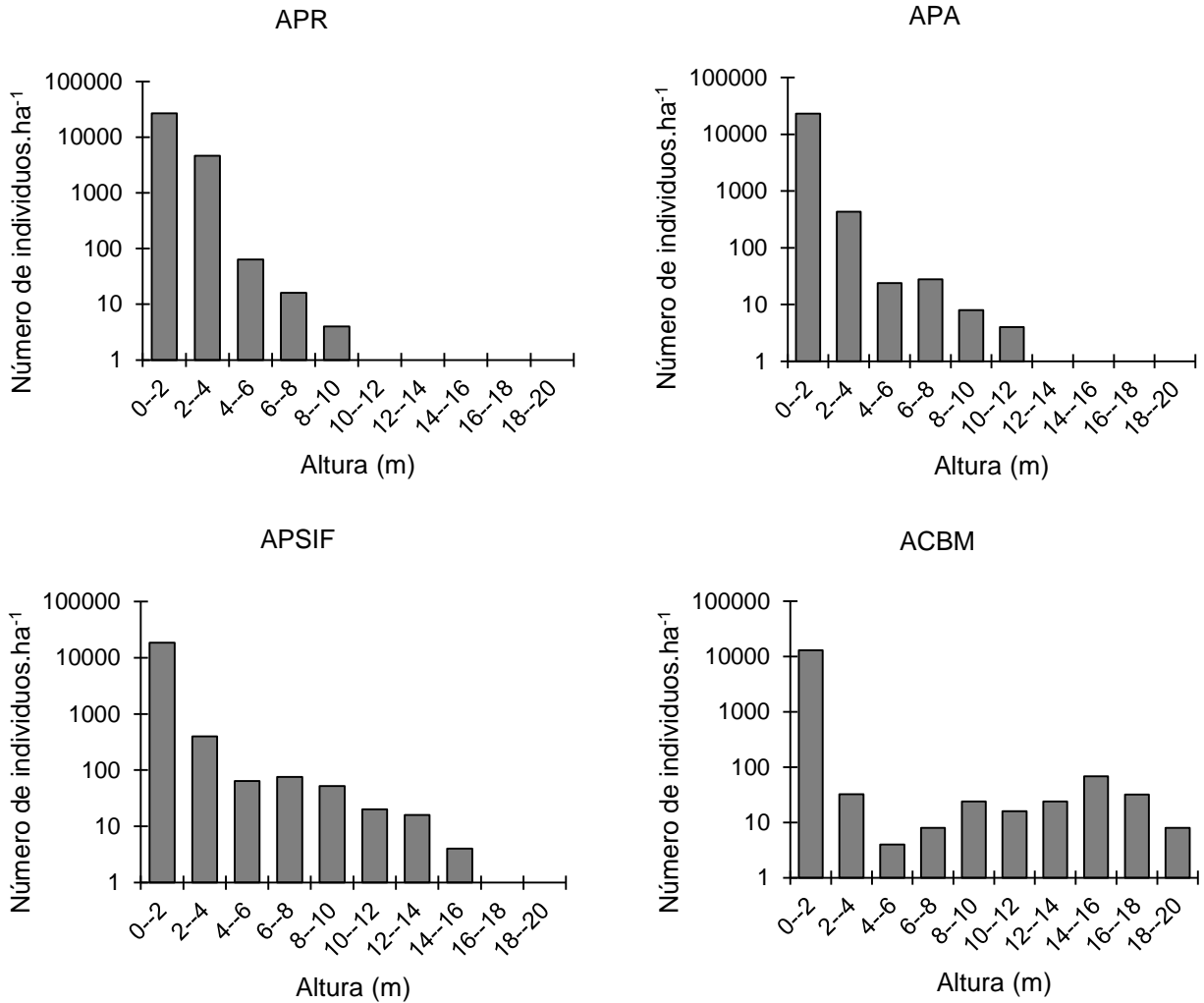


Figura 3.3. Distribución de alturas de *Litsea glaucescens*, en el predio de San Juan Evangelista Analco. APR: área de producción con regeneración; APA: área de producción con aclareo; APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro.

3.4.3 Índices estructurales

Para determinar los índices estructurales, se tomaron en cuenta todos los individuos adultos, con diámetro normal mayor o igual a 5 cm, obteniendo los siguientes resultados.

Índice de valor de importancia (IVI)

En el área de producción con regeneración (APR) las especies de *Pinus patula* (47.87%), *Pinus pseudostrobus* (17.94%) y *Quercus crassifolia* (11.71%) presentaron los más altos valores de IVI; en el área de producción con aclareo (APA) fueron, *Pinus patula* (34.27%), *Pinus pseudostrobus* (31.19%) y *Litsea glaucescens* (7.36%); para el área de producción sin intervención forestal (APSIF), *Pinus patula* (21.09%), *Quercus laurina* (21.07%) y *Litsea glaucescens* (12.45%), mientras que para el área de conservación con bosque maduro (ACBM) las especies de *Litsea glaucescens* (23.01%), *Quercus laurina* (19.38%) y *Beilschmiedia ovalioides* (11.77%) presentaron los más altos valores (Cuadro 3.1).

Los géneros *Pinus* y *Quercus* fueron dominantes en el área de estudio, siendo el primero, con alto valor económico por sus fustes rectos, madera blanca y relativamente blanda para su aserrío y conversión en tablas, postes, extracción de resinas y pulpa, etc. (Challenger, 2003; Sánchez-González, 2008). En contraste, la madera de encinos no ha resultado muy atractiva para su aserrío, sin embargo, aún es una fuente principal de leña y carbón para el uso doméstico y comercial en la comunidad, también representa uno de los componentes florísticos notables en ecosistemas templados y tropicales de las zonas montañosas de la región, encontrándose como arbustos y árboles (Challenger, 2003; Luna-José *et al.*, 2003).

Asimismo, estudios de estructura en bosques templados de Oaxaca, reportan estos géneros como los más dominantes. Castellanos *et al.* (2008) obtuvieron valores de 32% a 51% para pinos y de 10% a 16% para encinos en diferentes estadios de desarrollo del bosque. Luna-Bautista *et al.* (2015) mencionan valores superiores del 50% para pinos y del 10% a 16% para encinos en diferentes condiciones de intervención silvícola. Vásquez (2013) reportó datos del 26% al 34% de IVI para pinos y de 20% a 29% para encinos, en áreas aprovechadas, bordes y áreas conservadas; mientras que Ruiz-Aquino *et al.* (2015) reportaron porcentajes del 2% al 11% y 10% al 52% para pinos y encinos respectivamente. En el noroeste de México Hernández-Salas *et al.* (2013) reportaron valores superiores al 80% para el género *Pinus* y menores al 50% para encinos, después de la aplicación de tratamientos silvícolas. El alto valor de importancia

para el género *Pinus*, en estos diferentes estudios bajo manejo forestal se debe a que después de la extracción, la repoblación se lleva a cabo con la misma especie, eliminando aquellas de menor importancia económica y de mayor competencia durante su desarrollo (Valenzuela-Nuñez y Granados-Sánchez, 2009).

La especie bajo estudio (*Litsea glaucescens*), presentó el 5.28% de valor estructural en las áreas de producción con regeneración, debido al daño ocasionado a individuos de la especie durante el aprovechamiento forestal. Sin embargo, en las áreas de aclareo y sin intervención forestal su valor de importancia aumentó a 7.36% y 12.45% respectivamente y llegó a ser dominante en las áreas de conservación con 23.01%. Luna-Bautista *et al.* (2015) reportaron a esta especie con 9.25% en valor de importancia para bosques sin manejo de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, disminuyendo o ausentándose en áreas con manejo silvícola. Ruiz-Aquino *et al.* (2015), señalaron valores muy bajos en bosques de Ixtlán, Oaxaca con 0.59% a 3.08% debido a la alta competencia del estrato superior dominado por *Quercus*. En una selva mediana subperennifolia, Godínez-Ibarra y López-Mata (2002) obtienen valores de 1.1%, 1.6% y 5.2% para tres parcelas evaluadas. En este último estudio la especie solo fue encontrada en el sotobosque con alturas menores a 10 m, siendo afectada por las especies con las que cohabita.

Cuadro 3.1. Índice de valor de importancia (IVI), para las especies arbóreas, por condición de manejo forestal, en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

ÁREA DE PRODUCCIÓN CON REGENERACIÓN								
No.	Especie	Densidad		Dominancia		Frecuencia		IVI
		Ind.ha ⁻¹	%	m ² .ha ⁻¹	%	ABS	%	%
1	<i>Pinus patula</i>	936	74.29	5.35	47.11	4	22.22	47.87
2	<i>Pinus pseudostrobus</i>	104	8.25	3.91	34.45	2	11.11	17.94
3	<i>Quercus crassifolia</i>	132	10.48	0.91	7.98	3	16.67	11.71
4	<i>Litsea glaucescens</i>	32	2.54	0.25	2.20	2	11.11	5.28
5	<i>Quercus laurina</i>	20	1.59	0.17	1.50	2	11.11	4.73
6	<i>Clethra mexicana</i>	20	1.59	0.60	5.32	1	5.56	4.15
7	<i>Prunus serotina</i>	8	0.63	0.02	0.18	2	11.11	3.98
8	<i>Pinus ayacahuite</i>	4	0.32	0.13	1.14	1	5.56	2.34
9	<i>Oreopanax xalapensis</i>	4	0.32	0.01	0.11	1	5.56	2.00
TOTAL		1260	100	11.35	100	18	100	100

ÁREA DE PRODUCCIÓN CON ACLAREO								
1	<i>Pinus patula</i>	188	27.49	24.87	57.14	4	18.18	34.27
2	<i>Pinus pseudostrobus</i>	288	42.11	14.49	33.28	4	18.18	31.19
3	<i>Litsea glaucescens</i>	52	7.60	0.37	0.84	3	13.64	7.36
4	<i>Quercus laurina</i>	48	7.02	1.98	4.54	2	9.09	6.88
5	<i>Alnus acuminata</i>	20	2.92	0.06	0.13	3	13.64	5.56
6	<i>Quercus crassifolia</i>	28	4.09	0.31	0.71	2	9.09	4.63
7	<i>Prunus serotina</i>	28	4.09	0.10	0.24	2	9.09	4.47
8	<i>Quercus obtusata</i>	28	4.09	1.33	3.06	1	4.55	3.90
9	<i>Clethra mexicana</i>	4	0.58	0.03	0.06	1	4.55	1.73
TOTAL		684	100	43.53	100	22	100	100
ÁREA DE PRODUCCIÓN SIN INTERVENCIÓN FORESTAL								
1	<i>Pinus patula</i>	196	14.08	27.40	40.11	3	9.09	21.09
2	<i>Quercus laurina</i>	360	25.86	17.23	25.21	4	12.12	21.07
3	<i>Litsea glaucescens</i>	180	12.93	8.41	12.31	4	12.12	12.45
4	<i>Prunus serotina</i>	208	14.94	2.09	3.06	3	9.09	9.03
5	<i>Quercus obtusata</i>	108	7.76	3.82	5.60	3	9.09	7.48
6	<i>Pinus pseudostrobus</i>	56	4.02	6.14	8.98	3	9.09	7.37
7	<i>Clethra mexicana</i>	156	11.21	1.20	1.75	2	6.06	6.34
8	<i>Arbutus xalapensis</i>	52	3.74	0.35	0.52	3	9.09	4.45
9	<i>Quercus salicifolia</i>	28	2.01	0.20	0.30	3	9.09	3.80
10	<i>Pinus ayacahuite</i>	16	1.15	0.74	1.09	2	6.06	2.77
11	<i>Quercus crassifolia</i>	20	1.44	0.29	0.43	1	3.03	1.63
12	<i>Alnus acuminata</i>	8	0.57	0.25	0.37	1	3.03	1.32
13	<i>Quercus rugosa</i>	4	0.29	0.19	0.28	1	3.03	1.20
TOTAL		1392	100	68.32	100	33	100	100
ÁREA DE CONSERVACIÓN CON BOSQUE MADURO								
1	<i>Litsea glaucescens</i>	184	33.33	13.28	20.88	4	14.81	23.01
2	<i>Quercus laurina</i>	108	19.57	15.13	23.79	4	14.81	19.39
3	<i>Beilschmiedia ovalioides</i>	84	15.22	5.70	8.97	3	11.11	11.77
4	<i>Pinus ayacahuite</i>	68	12.32	4.42	6.95	3	11.11	10.13
5	<i>Pinus patula</i>	20	3.62	9.73	15.30	1	3.70	7.54
6	<i>Pinus pseudostrobus</i>	16	2.90	8.63	13.58	1	3.70	6.73
7	<i>Oreopanax xalapensis</i>	12	2.17	0.28	0.44	3	11.11	4.57
8	<i>Clethra mexicana</i>	24	4.35	0.92	1.45	2	7.41	4.40
9	<i>Prunus serotina</i>	8	1.45	1.57	2.47	2	7.41	3.78
10	<i>Rapanea juergensii</i>	16	2.90	2.24	3.53	1	3.70	3.38
11	<i>Sambucus mexicana</i>	4	0.72	1.19	1.86	1	3.70	2.10
12	<i>Quercus rugosa</i>	4	0.72	0.38	0.61	1	3.70	1.68
13	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	0.72	0.12	0.19	1	3.70	1.54
TOTAL		552	100	63.59	100	27	100	100

ABS: absoluta

Índice de valor forestal (IVF)

El índice de valor forestal (IVF) se caracteriza y diferencia del IVI por permite evaluar la estructura en dos dimensiones, ya que además del diámetro emplea la altura y la cobertura. En el área de producción con regeneración (APR), la especie *Pinus patula* presentó el mayor valor de IVF con 69.32%, el resto de las especies mostraron valores por debajo del 20%; en el área de producción con aclareo (APA) también *Pinus patula* fue dominante estructural con 42.73%, pero con poca ventaja sobre *Pinus pseudostrabus* (38.57%), las dimensiones de los diámetros normales, alturas totales y coberturas de copas que posee este género, permitieron que dichas especies dominaran el dosel superior. Además de pertenecer al grupo de especies heliófitas (intolerantes), determinadas a ser las primeras en colonizar espacios abiertos y germinar en claros más pequeños en el bosque, aunque requieren altos niveles de luz para establecerse y sobrevivir (Louman *et al.*, 2001).

A diferencia de las condiciones anteriores, donde el género *Pinus* spp, es dominante, en el área de producción sin intervención forestal (APSIF), *Quercus laurina* (29.68%) obtuvo el mayor porcentaje del IVF, siendo esta especie tolerante y de rápida regeneración después de ocasionar disturbios y dejar que las áreas inicien su repoblación de manera natural, seguida de *Pinus patula* con 24.68%. En el área de conservación con bosque maduro (ACBM) *Litsea glaucescens* presentó un IVF de 33.37%, las demás especies evaluadas se mantuvieron por debajo del 20%, dichos individuos al encontrarse en fases de desarrollo resultan dominados en el sentido vertical y son afectados por el cierre de copas de los individuos adultos, modificando la disponibilidad de luz y humedad en el suelo.

En las condiciones de APR, APA y APSIF, la especie de *Litsea glaucescens* se presentó en la quinta posición con valores de 2.72%, 2.64% y 8.21%, respectivamente, dado que su crecimiento en estas condiciones se controla constantemente por las cortas de regeneración, intermedias y tratamientos complementarios; en contraste para la condición de ACBM esta especie presentó individuos maduros con dimensiones superiores, a pesar de estar cohabitando con especies del género *Pinus* y *Quercus* que regularmente son dominantes, lo cual fue evidente en el resto de las condiciones evaluadas.

Son pocos los estudios que reportan el índice de valor forestal en bosques templados, entre ellos el de Santiago (2013), donde encontró que *Litsea glaucescens* es dominante para algunos

sitios evaluados con valores de 45.92% a 72.91% y en otros es superada por especies como *Quercus laurina*, *Pinus ayacahuite* y *Clethra mexicana*, esta última con características semejantes en tamaño. Vásquez (2013) reportó que *Q. laurina*, *P. pseudostrobus* y *Q. crassifolia* fueron dominantes en fajas aprovechadas, bordes y fajas no aprovechadas en bosques mixtos de pino-encino de Ixtlán, Oaxaca. Para estos mismos bosques, Ruiz-Aquino *et al.* (2015) presentaron valores muy bajos para *Litsea glaucescens* (0.37% a 2.02%) y valores superiores para *Quercus laurina* (26.56% a 62.54%) y *Quercus crassifolia* (56.56% a 61.89%), debido a que en su estudio las unidades de muestreo fueron establecidas en rodales dominados por encinos.

Cuadro 3.2. Índice de valor forestal (IVF), para las especies arbóreas en las cuatro condiciones de manejo forestal bajo estudio, en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

ÁREA DE PRODUCCIÓN CON REGENERACIÓN								
No.	ESPECIE	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF
		m.ha ⁻¹	%	m.ha ⁻¹	%	m ² .ha ⁻¹	%	%
1	<i>Pinus patula</i>	76.25	68.49	5791.04	70.79	4741.08	68.67	69.32
2	<i>Pinus pseudostrobus</i>	15.57	13.98	955.00	11.67	923.68	13.38	13.01
3	<i>Quercus crassifolia</i>	10.68	9.59	773.00	9.45	513.78	7.44	8.83
4	<i>Clethra mexicana</i>	3.79	3.41	225.60	2.76	173.98	2.52	2.89
5	<i>Litsea glaucescens</i>	1.80	1.62	138.00	1.69	334.93	4.85	2.72
6	<i>Quercus laurina</i>	1.70	1.53	182.00	2.22	98.96	1.43	1.73
7	<i>Pinus ayacahuite</i>	0.81	0.73	46.00	0.56	66.48	0.96	0.75
8	<i>Prunus serotina</i>	0.46	0.41	43.20	0.53	42.66	0.62	0.52
9	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.26	0.23	27.20	0.33	8.55	0.12	0.23
TOTAL		111.32	100	8181.04	100	6904.09	100	100
ÁREA DE PRODUCCIÓN CON ACLAREO								
1	<i>Pinus patula</i>	69.52	44.52	4738.40	40.92	6542.90	42.77	42.73
2	<i>Pinus pseudostrobus</i>	59.29	37.97	4565.60	39.42	5861.61	38.31	38.57
3	<i>Quercus laurina</i>	9.82	6.29	701.60	6.06	821.95	5.37	5.91
4	<i>Quercus obtusata</i>	6.42	4.11	583.20	5.04	1038.17	6.79	5.31
5	<i>Litsea glaucescens</i>	4.60	2.95	362.32	3.13	279.66	1.83	2.64
6	<i>Prunus serotina.</i>	1.89	1.21	214.80	1.85	377.21	2.47	1.84
7	<i>Quercus crassifolia</i>	3.06	1.96	233.60	2.02	220.82	1.44	1.81
8	<i>Alnus acuminata</i>	1.17	0.75	147.80	1.28	135.37	0.88	0.97
9	<i>Clethra mexicana.</i>	0.37	0.24	33.20	0.29	21.43	0.14	0.22
TOTAL		156.15	100	11580.52	100	15299.14	100	100

ÁREA DE PRODUCCIÓN SIN INTERVENCIÓN FORESTAL								
1	<i>Quercus laurina.</i>	70.78	28.38	5569.20	28.29	9224.28	32.38	29.68
2	<i>Pinus patula</i>	66.87	26.81	4687.60	23.81	6669.60	23.41	24.68
3	<i>Prunus serotina</i>	21.08	8.45	2276.40	11.56	3555.28	12.48	10.83
4	<i>Quercus obtusata</i>	21.00	8.42	1579.60	8.02	2432.54	8.54	8.33
5	<i>Litsea glaucescens</i>	23.11	9.27	1532.80	7.79	2161.04	7.58	8.21
6	<i>Pinus pseudostrobus</i>	16.26	6.52	932.80	4.74	2216.64	7.78	6.35
7	<i>Clethra mexicana</i>	14.62	5.86	1774.00	9.01	869.94	3.05	5.98
8	<i>Arbutus xalapensis</i>	4.56	1.83	422.80	2.15	253.24	0.89	1.62
9	<i>Pinus ayacahuite</i>	3.32	1.33	256.00	1.30	426.85	1.50	1.38
10	<i>Quercus salicifolia</i>	2.63	1.06	340.00	1.73	261.10	0.92	1.23
11	<i>Quercus crassifolia</i>	2.56	1.02	158.80	0.81	133.93	0.47	0.77
12	<i>Alnus acuminata</i>	1.60	0.64	144.00	0.73	73.70	0.26	0.54
13	<i>Quercus rugosa</i>	0.99	0.40	9.60	0.05	213.19	0.75	0.40
TOTAL		249.39	100	19683.60	100	28491.33	100	100
ÁREA DE CONSERVACIÓN CON BOSQUE MADURO								
1	<i>Litsea glaucescens</i>	51.01	30.46	2515.60	28.85	10426.75	40.81	33.37
2	<i>Quercus laurina</i>	31.00	18.51	1731.96	19.87	5003.97	19.58	19.32
3	<i>Beilschmiedia ovalioides</i>	22.49	13.43	868.80	9.96	2113.41	8.27	10.55
4	<i>Pinus ayacahuite</i>	14.10	8.42	1343.00	15.40	1831.52	7.17	10.33
5	<i>Pinus patula</i>	15.34	9.16	803.00	9.21	1456.30	5.70	8.02
6	<i>Pinus pseudostrobus</i>	12.87	7.69	634.40	7.28	1639.17	6.41	7.13
7	<i>Rapanea juergensii</i>	6.56	3.92	194.00	2.23	1100.25	4.31	3.48
8	<i>Clethra mexicana</i>	4.29	2.56	220.00	2.52	413.32	1.62	2.24
9	<i>Prunus serótina</i>	3.38	2.02	120.00	1.38	687.50	2.69	2.03
10	<i>Oreopanax xalapensis.</i>	1.75	1.05	103.80	1.19	290.82	1.14	1.13
11	<i>Sambucus mexicana</i>	2.46	1.47	68.00	0.78	207.35	0.81	1.02
12	<i>Quercus rugosa</i>	1.40	0.84	60.00	0.69	224.31	0.88	0.80
13	<i>Fraxinus uhdei</i>	0.79	0.47	56.00	0.64	157.77	0.62	0.58
TOTAL		167.44	100	8718.56	100	25552.43	100	100

3.4.4 Comparación de IVI e IVF por condición de manejo forestal

Los valores del índice de valor de importancia (IVI) e índice de valor forestal (IVF), para las condiciones de APR, APA y ACBM no variaron al definir la posición estructural de las especies. Sin embargo, en APSIF, *Pinus patula* ocupó la primera posición en IVI mientras que *Quercus laurina* en el IVF (Figura 3.4). Resultados semejantes fueron reportadas por Ruiz-Aquino *et al.* (2015) para un bosque de pino-encino, donde la especie de *Alnus acuminata* ocupó el segundo lugar en el IVI, mientras que en el IVF *Pinus pseudostrobus* se encontró en esa posición. Estos cambios son atribuidos a la notable diferencia en altura del género *Pinus* en relación a las especies con las que cohabita.

Para estudios estructurales en bosques tropicales, López-Toledo *et al.* (2012) reportaron que, en la condición de arroyo de un bosque tropical estacionalmente seco en Chiapas, *Lonchocarpus minimiflorus* ocupó el primer lugar en IVI y *Brosimum alicastrum* en IVF, diferencia que la atribuyeron a la existencia de tres individuos de gran tamaño (altura) de *Brosimum alicastrum*.

En una selva mediana perennifolia de Tabasco, Zarco-Espinosa *et al.* (2010) mencionaron que *Rinorea guatemalensis* domina la importancia estructural tanto del IVI como del IVF, pero las especies en posiciones subsecuentes no presentaron la misma importancia entre índices; semejante a lo anterior, Carreón-Santos y Valdez-Hernández (2014) para vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo, reportaron que las 10 especies con los valores más altos en IVI e IVF por condición de desarrollo no coincidieron, esto es a que el IVF incluye las variables en ambas dimensiones (horizontal y vertical), en contraste, el IVI solamente incluye variables en el plano horizontal.

Por lo tanto, el IVI está basado en la variable dominancia o área basal, donde a mayor diámetro las especies presentan un mayor porcentaje estructural y fisonómico, a diferencia del IVF basado en la altura de los individuos y la cobertura de la copa. Sin embargo, la variable cobertura presenta graves problemas de “apreciación”, debido a la intensa mezcla de los follajes y la altura del dosel, en ocasiones ésta es sobre o subestimada (Lozada, 2010).

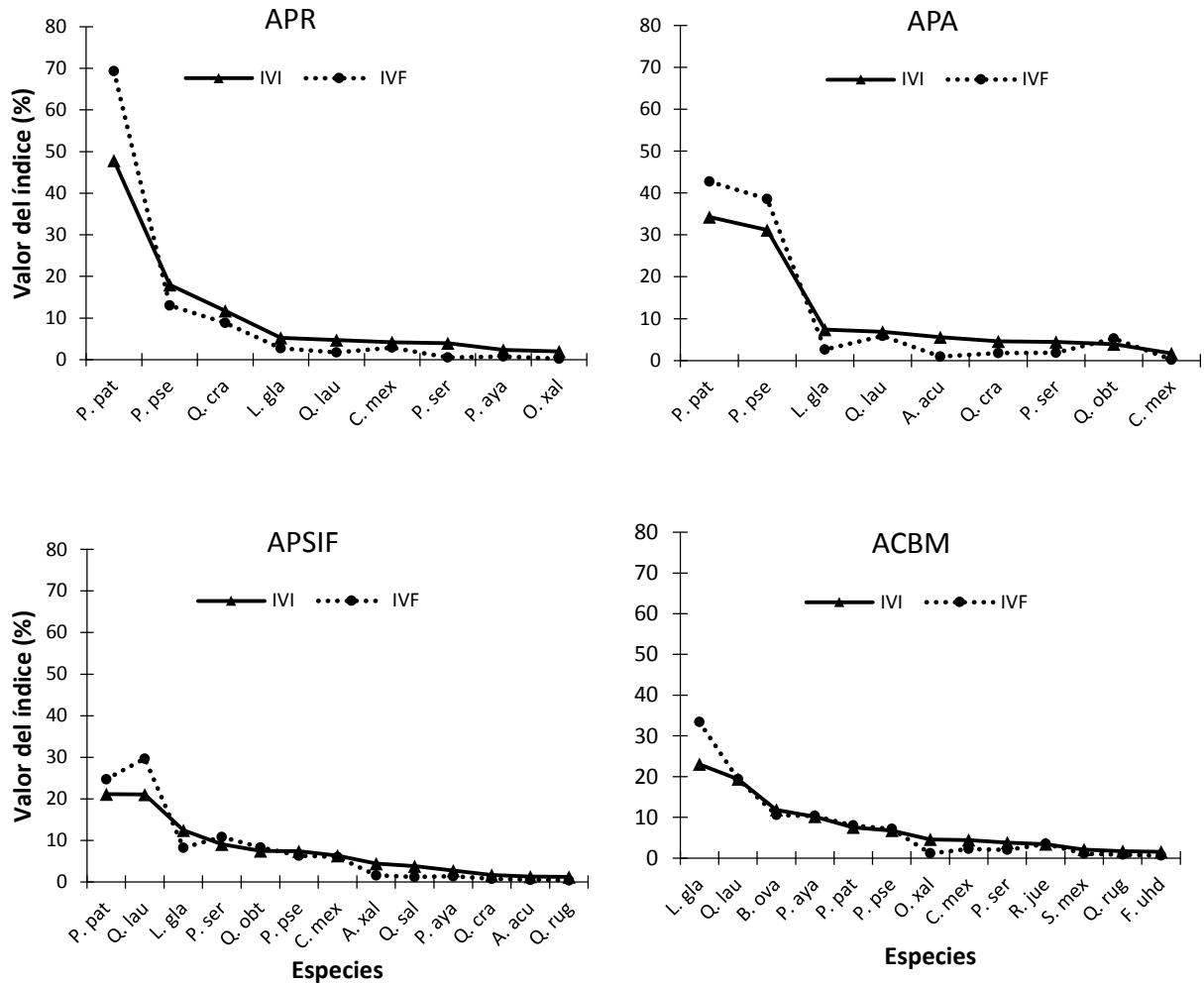


Figura 3.4. Índice de valor de importancia (IVI) e índice de valor forestal (IVF) para fustales en las cuatro condiciones evaluadas. *O. xal*: *Oreopanax xalapensis*, *S. mex*: *Sambucus mexicana*, *A. acu*: *Alnus acuminata*, *C. mex*: *Clethra mexicana*, *A. xal*: *Arbutus xalapensis*, *Q. lau*: *Quercus laurina*, *Q. rug*: *Quercus rugosa*, *Q. cra*: *Quercus crassifolia*, *Q. obt*: *Quercus obtusata*, *Q. sal*: *Quercus salicifolia*, *L. gla*: *Litsea glaucescens*, *B. ova*: *Beilschmiedia ovalioides*, *F. uhd*: *Fraxinus uhdei*, *P. pat*: *Pinus patula*, *P. pse*: *Pinus pseudostrobus*, *P. aya*: *Pinus ayacahuite*, *T. lin*: *Ternstroemia lineata*, *R. jue*: *Rapanea juergensenii*, *P. pri*: *Prunus prionophylla*, *P. ser*: *Prunus serótina*. APR: área de producción con regeneración, APA: área de producción con aclareo, APSIF: área de producción sin intervención forestal y ACBM: área de conservación con bosque maduro en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

3.5 Conclusiones

Litsea glaucescens (Laurel) presentó mayor importancia estructural y fisonómica en la condición de conservación con bosque maduro (ACBM). En esta condición donde al mantener individuos superiores en diámetro y casualmente en altura, en relación a otras especies como *Pinus*, determinó altos índices estructurales, obteniendo valores superiores al 20%, seguido de *Quercus laurina* y *Beilschmiedia ovalioides*. Este hallazgo demuestra la importancia de segregar áreas de conservación para mantener poblaciones de especies catalogadas en la NOM-059, como es el caso de la especie bajo estudio. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que su distribución diamétrica en forma de campana (distribución normal), demostró escasa transición de individuos jóvenes a categorías mayores debido a la ausencia de claros en el dosel.

En APR, APA y APSIF la dominancia estructural fue de especies de interés maderable para la comunidad como *Pinus patula*, *Pinus pseudostrobus* y *Quercus laurina*, sin embargo, la especie de Laurel a pesar de presentar menor valor estructural, se posiciona dentro de los cuatro primeros lugares. Por lo tanto, aun cuando el Laurel es removido en estas áreas bajo intervenciones silvícolas, tiene la capacidad de recuperar la densidad de sus poblaciones en un tiempo relativamente corto, entre otras cosas, por su capacidad de reproducción vegetativa que le confiere ventajas competitivas.

CAPÍTULO IV. PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ESPACIAL ENTRE ESTADIOS DE DESARROLLO DE *Litsea glaucescens* Kunth EN CUATRO CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL

4.1 Resumen

En bosques bajo manejo de la Sierra Norte, la distribución espacial de los árboles es el resultado de la historia de disturbios y de la silvicultura aplicada actualmente, afectando la densidad de árboles, la repoblación, la supervivencia, el crecimiento y la mortalidad dentro de las áreas intervenidas. En este capítulo, se analizó el patrón de distribución y correlación espacial de los estadios de desarrollo de *Litsea glaucescens* (plántulas, brinzales y adultos) en cuatro condiciones de manejo forestal: área de producción con regeneración (APR), área de producción con aclareo (APA), área de producción sin manejo (APSIF) y área de conservación con bosque maduro (ACBM). Para el análisis de los datos se empleó el índice de $K(t)$ y $K_{12}(t)$ de Ripley, para ello se midieron las coordenadas cartesianas de todos los individuos de Laurel en cuatro unidades permanentes de muestreo de 25 x 25 m (625 m²), una en cada condición. Se encontró que esta especie alcanza altas densidades en estado de plántula y brinzal en APR y APA debido a que tiene la capacidad de regenerarse por rebrotes; ésta disminuye en APSIF y ACBM donde la regeneración es por semillas. El patrón de distribución espacial para los tres estadios de desarrollo, varió entre agregado y aleatorio, mientras que el patrón uniforme fue espontáneo en las cuatro condiciones. El patrón de correlación espacial, en general fue espacialmente independiente, indicando que la especie no presentan síndrome de nodricismo entre sus diferentes estadios de desarrollo.

Palabras clave: análisis univariado y bivariado, patrón espacial, competencia, mortalidad, facilitación.

4.2 Introducción

El patrón espacial expresa la distribución de árboles individuales en un rodal, reflejando las relaciones entre ellos y el espacio horizontal, resultado de la acción de múltiples factores a lo largo de su desarrollo, incluyendo las relaciones intra e interespecíficas, herbivoría, perturbaciones, heterogeneidad ambiental y las estrategias de regeneración de las diferentes especies (North *et al.*, 2004; Del Rio *et al.*, 2003; Gangying *et al.*, 2007). Por lo tanto, la definición del patrón espacial inicia desde la dispersión de semillas por los árboles madres y los diferentes agentes que intervienen (viento, agua, gravedad, fauna, etc.) (Marañón *et al.*, 2004; Wiegand y Moloney, 2004), así como por los micro sitios específicos donde pueden tener la disponibilidad de recursos para su germinación y crecimiento (Nathan y Muller-Landau, 2000; Martínez y González-Taboada, 2009). Actualmente existe una gran diversidad de métodos para determinar el patrón espacial de las especies (Rozas y Camarero, 2005).

Perry *et al.* (2006), Gangying *et al.* (2007), Ledo *et al.* (2012) y Szmyt (2014) mencionan que este patrón puede determinarse mediante la distribución del número de árboles individuales dentro de parcelas de cierto tamaño, utilizando la función acumulativa de las distancias como herramienta de análisis univariado $K(t)$ y bivariado $K_{12}(t)$ de Ripley. Cuando se utiliza la distancia de árbol a árbol se denominan métodos del vecino más cercano (índice de Clark y Evans, Pielou, Fisher, Eberhardt, Hopkins y Skellamy, Diggle, índice de SADIE) y si se emplean los ángulos de cada árbol, con respecto a sus vecinos se pueden utilizar los índices de Gadow o W_i . Estos métodos pueden expresar tres patrones de distribución espacial: aleatorio, regular y agregado (Rozas y Camarero, 2005; Li y Zhang, 2007).

La distribución aleatoria, ocurre donde el ambiente se encuentra en equilibrio y las especies no tienen una tendencia a agruparse, por lo cual la posición en el espacio de cada individuo es independiente del otro, esta distribución es de esperarse cuando el efecto de varios factores de baja magnitud actúan sobre la población. Una distribución regular indica una intensa competencia entre los individuos que tienden a mantener igual distancia entre ellos o cuando hay un antagonismo positivo que promueve el espaciamiento, esta distribución es rara en ambientes naturales. La distribución agregada, en sus distintos grados (al azar, uniforme y por grupos), representa el patrón más ordinario, generalmente los individuos se encuentran en un área específica dejando espacios vacíos entre los diferentes grupos (Odum, 1985; Dajoz, 2002).

A la fecha se desconoce el comportamiento del patrón espacial de *Litsea glaucescens* en áreas bajo manejo forestal, donde la meta principal es beneficiar a especies maderables eliminando a las competidoras y de bajo valor económico como el caso de la especie en estudio. Por lo que el objetivo del presente capítulo fue evaluar el patrón de distribución espacial y correlación entre estadios de desarrollo de *Litsea glaucescens* en cuatro condiciones de manejo forestal de San Juan Evagelista Analco, Oaxaca. Mediante los resultados obtenidos se pretende contribuir a la identificación de herramientas y oportunidades de manejo de la especie, así como su conservación, siendo esta aprovechada para diferentes usos, destacando su uso durante la festividad de Semana Santa.

4.3 Materiales y métodos

Para determinar el patrón de distribución y correlación espacial de *Litsea glaucescens* en las cuatro condiciones de manejo forestal, a todos los individuos situados dentro de las unidades permanentes de muestreo de 25 x 25 m (625 m²) una por condición, se les midieron sus coordenadas cartesianas (x, y) en relación a la orientación de la UPM.

Los individuos se dividieron en tres estadios de desarrollo en relación a su altura total (AT); plántulas (individuos con altura ≤ 0.3 m), brinzales (individuos con altura >0.3 m ≤ 2 m) y adultos (individuos con altura > 2 m). La diferencia entre brinzales y adultos se basó en la observación de estructuras reproductivas (flores y frutos), lo cual ocurre en individuos con alturas mayores o iguales a 2 m.

4.3.1 Distribución espacial

Para describir el patrón espacial univariado (aleatorio, regular y agregado) de todos los estadios de desarrollo de *Litsea glaucescens* en cada condición evaluada, se empleó la función $K(t)$ de Ripley (Ripley, 1977), procesando la información en el programa Toolbox (Fisher, 2000).

La función $K(t)$ de Ripley, es un método muy común en ecología que se utiliza para examinar los patrones de puntos espaciales, tomando todas las distancias de los individuos registrados, no sólo de los vecinos más cercanos (Szmyt, 2014). Mediante esta función se obtiene información detallada, debido a la medición exacta de las coordenadas de todos los individuos presentes en el área de estudio, reflejando el tipo, escala e intensidad del patrón espacial que se

presenta dentro de un círculo de radio t (Rozas y Camarero, 2005), sin embargo, su desventaja se presenta en áreas extensas donde resulta muy laborioso y costoso (Szmyt, 2014). La función $K(t)$ se define como:

$$K(t) = n^{-2}|A| \sum_{i \neq j} W_{ij}^{-1} I_t(u_{ij})$$

Donde: n es el número de individuos en la UPM A; $|A|$ área de la UPM A; u_{ij} es la distancia entre i -ésimo y j -ésimo individuo en la UPM A; $I_t(u) = 1$ si $u \leq t$ y 0 si no lo es; W_{ij} es la proporción de la circunferencia de un círculo con centro en la i -ésimo individuo y radio u_{ij} que está dentro de A y la sumatoria es de todos los pares de individuos no mayor que t .

Besag (1977), propone la transformación de la raíz cuadrada de la función $K(t)$, teniendo como objetivo linealizarla y estabilizar su varianza (Rozas y Camarero, 2005). Esta transformación ha sido la más utilizada hasta la fecha, por la sencillez de la fórmula y la buena interpretación de los resultados:

$$L(t) = \sqrt{\frac{K(t)}{\pi}} - t$$

Donde: $K(t)$ =función de Ripley, t =distancia entre dos individuos (m).

Si el valor de $L(t)=0$ indica que el patrón espacial con radio t es aleatorio, valores de $L(t)>0$ indican agrupación y aquellos de $L(t)<0$ indican distribución uniforme. La hipótesis nula del análisis es la aleatoriedad espacial, de este modo si los valores obtenidos en $L(t)$ se encuentran fuera del límite de confianza se rechaza la hipótesis nula.

4.3.2 Correlación espacial

La correlación espacial o grado de asociación intraespecífica de los diferentes estadios de desarrollo (plántulas, brinzales y adultos) de *Litsea glaucescens*, fue analizada mediante la relación $L_{12}(t)$, también derivada de la función bivariada $K_{12}(t)$ de Ripley (Lotwick y Silverman, 1982).

Esta función se basa en el método de distancia al vecino más próximo, y puede ser utilizada para estudiar la interacción espacial entre diferentes tamaños, sexos, etc., de la misma o diferente especie (Rozas y Camarero, 2005). La hipótesis nula del análisis bivariado, es la

independencia espacial, indicando que un lugar dado es ambientalmente igual que otro para el establecimiento de diferentes estadios de desarrollo (Greig-Smith, 1979; Lotwick y Silverman, 1982). La función $K_{12}(t)$ se define como:

$$K_{12}(t) = (n_1 n_2)^{-1} |A| \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} W_{ij}^{-1} I_t(u_{ij})$$

LeMay *et al.* (2009), menciona que esta función indica atracción entre dos tipos de objetos, si la distribución de puntos del tipo 1 ocurren cerca de los puntos o viceversa ($K_{12}(t) > \pi t^2$). Si ocurre lo contrario ($K_{12}(t) < \pi t^2$), entonces se puede afirmar repulsión entre los dos tipos. En caso de $K_{12}(t) = \pi t^2$ ambos tipos de objetos son espacialmente independientes. Al igual que $K(t)$, la interpretación de esta función es más fácil cuando se utiliza su modificación o forma lineal ($L_{12}(t)$) (Szmyt, 2014; Velázquez *et al.*, 2015). La función matemática es la siguiente:

$$L_{12}(t) = \sqrt{\frac{K_{12}(t)}{\pi}} - t$$

Donde: $K_{12}(t)$ es la función de Ripley, t es la distancia. Un valor de $L_{12}(t) = 0$ indica que los dos grupos son espacialmente independientes; $L_{12}(t) > 0$ asociación positiva (atracción), y valores de $L_{12}(t) < 0$ asociación negativa (repulsión) (Besag y Diggle, 1977).

La significancia tanto de $L(t)$ como de $L_{12}(t)$ se determinó mediante 19 simulaciones de Monte Carlo, a intervalos de confianza del 95% ($p < 0.05$).

4.4 Resultados y discusión

4.4.1 Densidad

Las densidades utilizadas para determinar la distribución y correlación espacial de *Litsea glaucescens* por cada condición se muestran en la Figura 4.1. Se observó que las condiciones de dosel abierto por el aprovechamiento forestal (APR y APA) representaron mayor densidad en relación a las condiciones de dosel cerrado (APSIF y ACBM). Esto concuerda con Luna (2003) quien reportó que esta especie se ve favorecida por la apertura de claros en el dosel.

A pesar de que *L. glaucescens* fue removida durante las cortas de regeneración y cortas intermedias, intentando favorecer la dispersión de semillas del género *Pinus* y así presentar buena repoblación de la misma, se observó el incremento de la densidad del Laurel en sus

primeros estadios de desarrollo, debido a su capacidad de regenerarse por rebrotes. Miller y Kauffman (1998) encuentran que las especies que rebrotan alcanzan crecimiento vigoroso en un plazo relativamente corto, en relación a las que se regeneran mediante semillas y, por consiguiente, éstas presentaron mayores probabilidades de establecerse y alcanzar la madurez reproductiva. En la especie de Laurel este comportamiento inició posterior a la remoción de la parte aérea por las practicas silvícolas, estimulando el desarrollo de las yemas latentes que se encuentran en la base del tallo ocupando principalmente los nutrientes de reserva (Peña-Ramírez y Bonfil, 2003; Leverkus *et al.*, 2014).

En contraste para las condiciones de APSIF y ACBM, la regeneración fue principalmente sexual, donde la baja sobrevivencia de las plántulas emergentes afectó la densidad de sus próximos estadios. Esta fase temprana es crítica para estas condiciones, donde el ambiente lumínico al que se enfrentan las plántulas bajo el dosel de los árboles adultos es limitado y, con esto su desempeño está condicionado por la capacidad de sobrevivir y crecer en condiciones de poca luz o sombra, aunque al mismo tiempo en la temporada de sequias puede tener un efecto beneficioso, reduciendo las pérdidas de agua del suelo y limitando el calentamiento excesivo del suelo (Vázquez-Yanes *et al.*, 1990; Daws *et al.*, 2002; Marañón *et al.*, 2004), sin embargo, en ACBM se observó que el agua no fue el factor limitante para la emergencia de las plántulas, más bien con frecuencia se convierte en un factor en exceso, propiciando el ataque de diversas especies de hongos en la raíz de *L. glaucescens* ocasionando su muerte.

Los diferentes estudios relacionados a la especie de Laurel, no han reportado plagas que afecten sus poblaciones. En el área de estudio, particularmente en las áreas de producción con aclareo (APA), se encontró una larva barrenadora de la familia Cerambycidae, género *Methia* Newman. Al comparar la colecta con especímenes del resto de las especies de este género, indicó que posiblemente pertenece a una especie no descrita y que será necesario realizar su descripción en un futuro. Para ello, será necesario un mayor número de especímenes para poder describir tanto la hembra como el macho, así como la variación morfológica que esta especie pueda presentar (A. Equihua y F. Noguera, comunicación personal, 2016). Se observó que esta larva penetra el ápice del Laurel afectando fundamentalmente a la medula de brinzales y desarrolla todo su ciclo de vida dentro de esta, por lo que produce galerías internas en el tallo, provocándoles muerte regresiva (Figura 4.2).

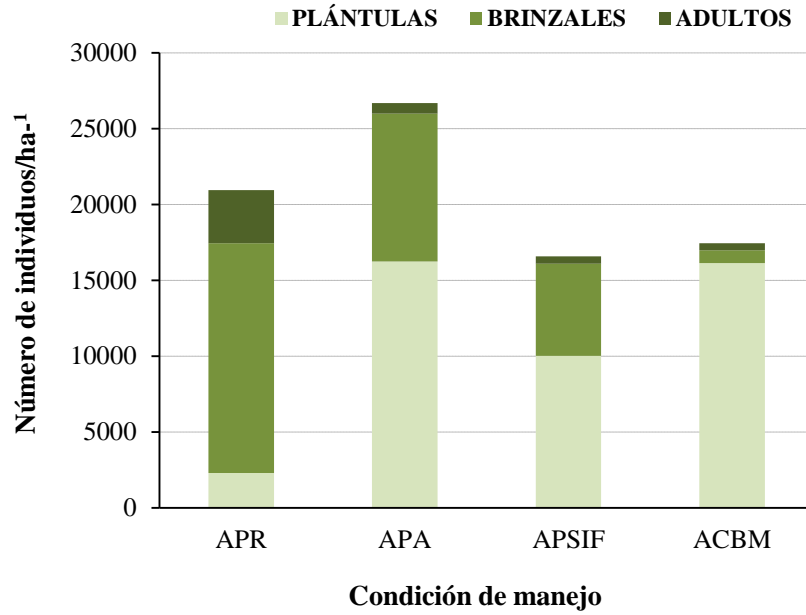


Figura 4.1. Densidad de *Litsea glaucescens* por condición de manejo forestal en San Juan Evangelista Analco, Oaxaca.

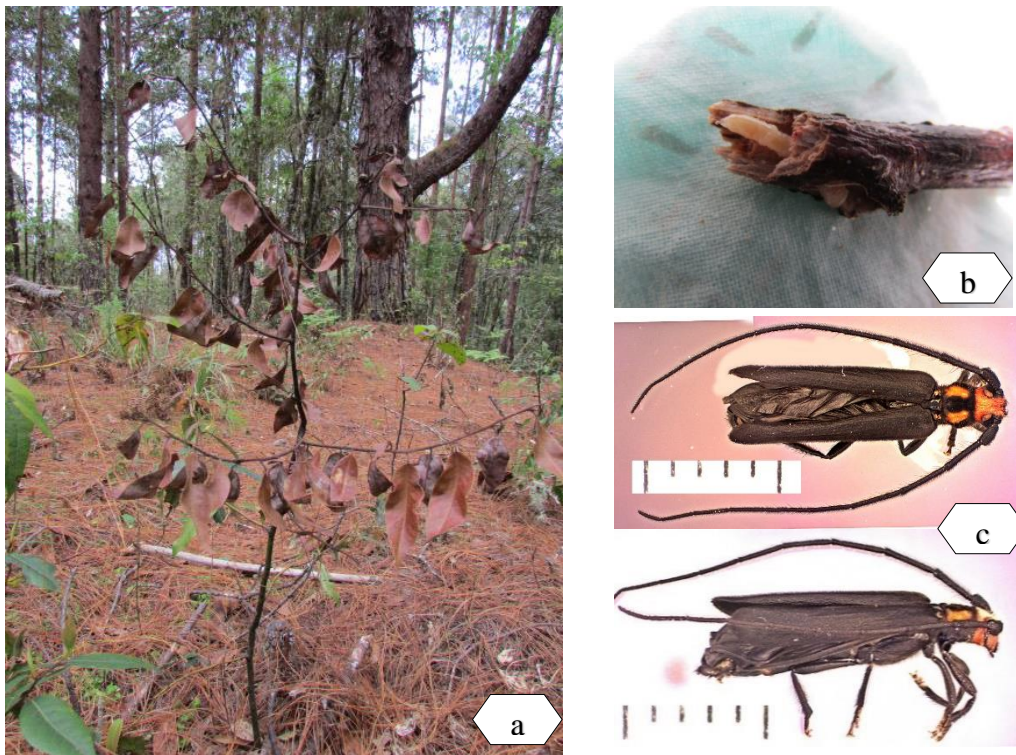


Figura 4.2. Insecto barrenador en brinzales de *Litsea glaucescens*. a) individuo plagado, b) larva barrenadora y c) adulto barrenador (dorsal y lateral).

4.4.2 Distribución espacial

El índice y patrón de distribución espacial de *Litsea glaucescens* para todos sus estadios de desarrollo en cada una de las condiciones evaluadas se muestran de la Figura 4.3 a la Figura 4.6. En general, la especie mostró un patrón de distribución espacial más frecuente entre agregado y aleatorio, mientras que el regular se presentó únicamente en adultos, para breves intervalos de distancia dentro de las cuatro condiciones evaluadas.

En APR los tres estadios de *Litsea glaucescens* presentaron un patrón agregado dejando espacios vacíos entre ellos, sin embargo, este patrón fue con mayor intensidad en plántulas y adultos para todas las distancias de las UPM establecidas (Figura 4.3). En ésta condición el 75% de los registros fueron rebrotes provenientes del mismo individuo, hasta 20 tallos por cada tocón de Laurel cortado durante la intervención silvícola, provocando agregación entre ellos. Carrillo-Ángeles y Mandujano (2011) denominan a este proceso como crecimiento clonal ligado y, su reducción se observó conforme los brotes de menor crecimiento son dominados por los de mayor vigor.

Este tipo de crecimiento y patrón se ha reportado con frecuencia en especies del género *Quercus* spp. (Peña-Ramírez y Bonfil, 2003; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010; Trigueros *et al.*, 2014), *Larrea* spp. (Martínez-Carretero y Dalmasso, 2002), *Populus tremula* (Suvanto y Latva-Karjantvaa, 2005), *Cryptomeria japonica* (Hirayama y Sakimoto, 2008), *Prosopis alba* (Roser *et al.*, 2014), entre otros. Sin embargo, si este proceso de reproducción por monte bajo se repite en intervalos cortos, provocan el debilitamiento y en última instancia la muerte del individuo (Peña-Ramírez y Bonfil, 2003; Catry *et al.*, 2009).

También es importante señalar que cuando los rebrotes llegan a la edad reproductiva se puede presentar autogamia (autofecundación) por la cercanía entre cada uno (Rubio de Casas, 2014), decreciendo la producción de semillas, el aborto temprano de las mismas y por ende la falla en el éxito reproductivo, también se disminuye el crecimiento de los nuevos individuos y su sobrevivencia (Charpentier, 2002).

En relación a lo anterior, es de gran importancia la permanencia de árboles reproductivos de *Litsea glaucescens* de manera aislada en el área, durante y después del aprovechamiento forestal, con la finalidad de mantener poblaciones sexuales y promover su variabilidad genética.

Estos individuos no representarían competencia hacia el género *Pinus* spp., en la dispersión de semillas, germinación, emergencia y establecimiento, debido a su baja densidad de copa y menor crecimiento en altura.

Por otra parte, en la condición APA los estadios de Laurel presentaron agregación en distancia menores a 7.5 m y posteriormente cambiaron el patrón hacia aleatorio (Figura 4.4). Esta agregación en distancias menores, se relacionó al 46% de los individuos registrados con regeneración asexual, los cuales fueron dañados durante la remoción del 35% de la masa forestal, con el objetivo de mejorar el crecimiento residual del género *Pinus* spp., cabe señalar que aun cuando se emplearon métodos como el derribo direccional y la extracción de madera en carriles definidos se afectaron las poblaciones de Laurel. Así mismo, este patrón podría atribuirse a otros mecanismos y procesos principales que influyen en las pequeñas aperturas del dosel (ej. desprendimiento de ramas o muerte de árboles individuales) donde se desarrolló la especie antes de la remoción parcial de la vegetación, al igual que la limitada dispersión de semillas y características propias de las mismas, agrupándose solo en algunas porciones del terreno.

A diferencia de APR y APA, donde la regeneración de *Litsea glaucescens* se presentó por rebrotes, en APSIF y ACBM es por semillas. Los individuos en estas condiciones suelen tener patrones agregados en etapas tempranas debido a la distribución heterogénea de los recursos ambientales como luz, agua, nutrimentos, temperatura, y otros (Linzaga-Román *et al.*, 2011; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011; Pérez, 2014), además de la dispersión de la semilla a cortas distancias de los árboles progenitores afectando la heterogeneidad espacial de los estadios pequeños, sin embargo, el grado de agregación disminuye de manera progresiva conforme aumenta la distancia. Resultados semejantes fueron reportados por Wehenkel *et al.* (2015) para *Picea chihuahuana* donde encontraron que los estadios jóvenes de la especie, presentaron agregación derivado de la caída de árboles, sin embargo, en distancias y estadios mayores el patrón cambió a aleatorio.

Asimismo, en una comunidad de bosque templado de edad madura en el norte de China Wang *et al.* (2010) reportaron que las especies evaluadas presentaron un patrón agregado en distancias de 10 a 20 m y conforme esta aumentó el patrón cambió a regular. En bosques tropicales, casi todas las especies de árboles muestran agregación a escalas de 0-10 m, incluso

estas pueden mantener el mismo patrón a todas distancias (Condit *et al.*, 2000). Así como estos estudios existen otros donde se ha demostrado que la mayoría de las especies de árboles y principalmente los de tamaños pequeños demuestran agregación en diferentes ecosistemas (Guo *et al.*, 2013).

En el área de estudio el ambiente lumínico, fue el elemento limitante al que se enfrentan las plántulas y brinzales bajo el dosel de los arboles adultos de Laurel y otras especies, disminuyendo su sobrevivencia en condiciones de poca luz o sombra, reduciendo drásticamente su densidad en estos estadios y consecuentemente modificando su distribución espacial. Santiago (2013) realizó un estudio previo en áreas conservadas de Analco y señaló que la distribución de la especie varió de un punto a otro debido a gradientes ambientales, como la humedad, drenaje, tipo de suelo e intensidad de luz. El grado de la pendiente también fue un factor de agregación, debido a que se observó que esta especie presenta dispersión por gravedad (barocora), con mayores densidades de plántulas y brinzales, justamente donde el ángulo de inclinación del terreno es menor y con escasa o nula incorporación donde se incrementa.

Las poblaciones maduras de *Litsea glaucescens* se presentaron en áreas de mayor humedad, correspondiendo al bosque mesófilo de montaña que en promedio se localiza a los 2700 msnm, por lo tanto, se considera a la altitud y humedad como los factores que más influyen en su distribución. En la Sierra Fría de Aguascalientes Flores (2013) también reportó a estos factores como los principales, ya que se encontraron individuos de mayor porte y más abundantes, bajo estas condiciones, además menciona que la especie también presentó ventajas competitivas en áreas con mayor pendiente. Dávila-Figueroa *et al.* (2011) para el mismo estado señalaron que la distribución de *Litsea glaucescens* es un reflejo de la diversidad geológica y de la distribución irregular de los elementos edafológicos en el suelo.

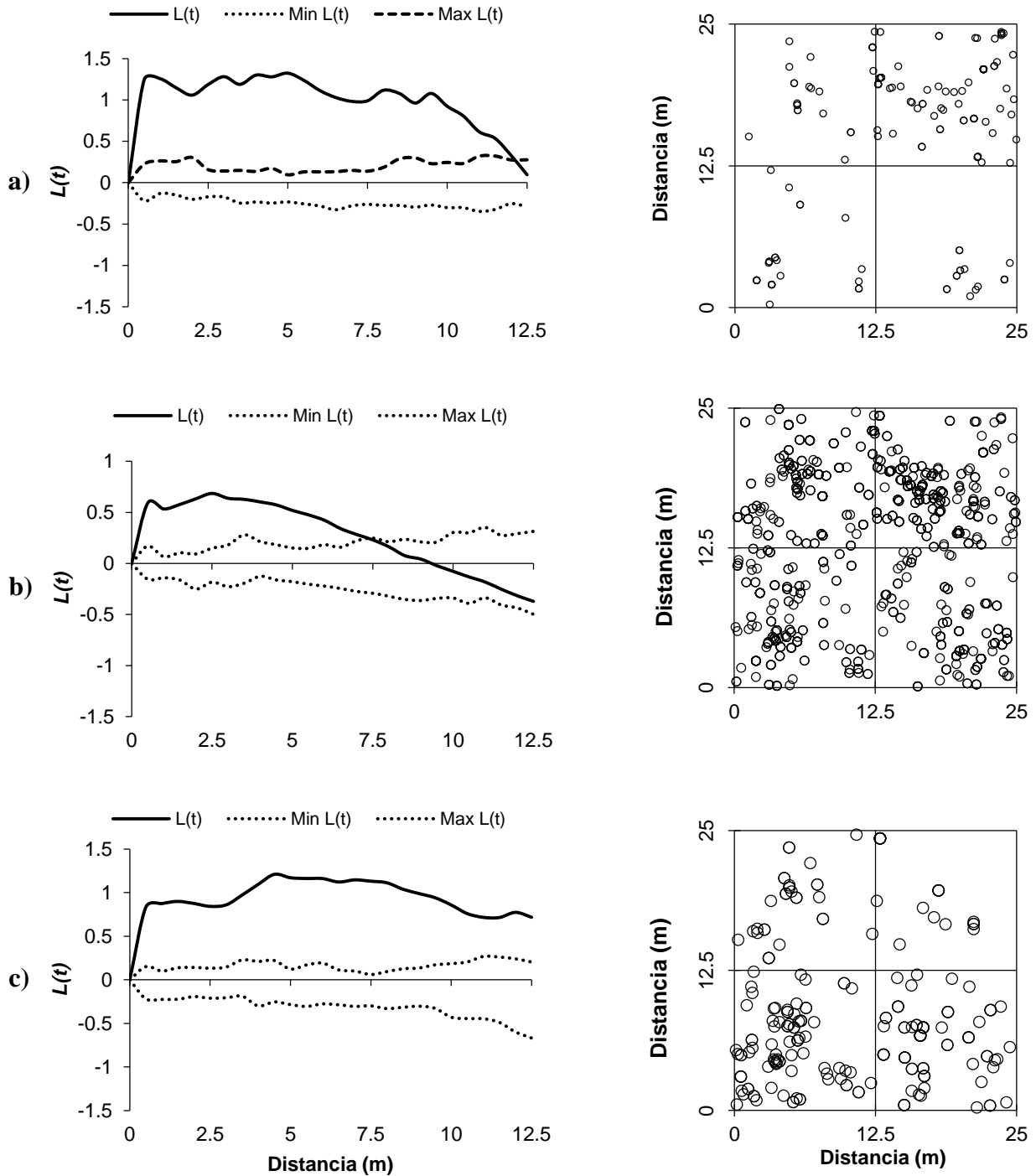


Figura 4.3. Índice y patrón de distribución espacial de *Litsea glaucescens*. a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de producción con regeneración (APR). La línea sólida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

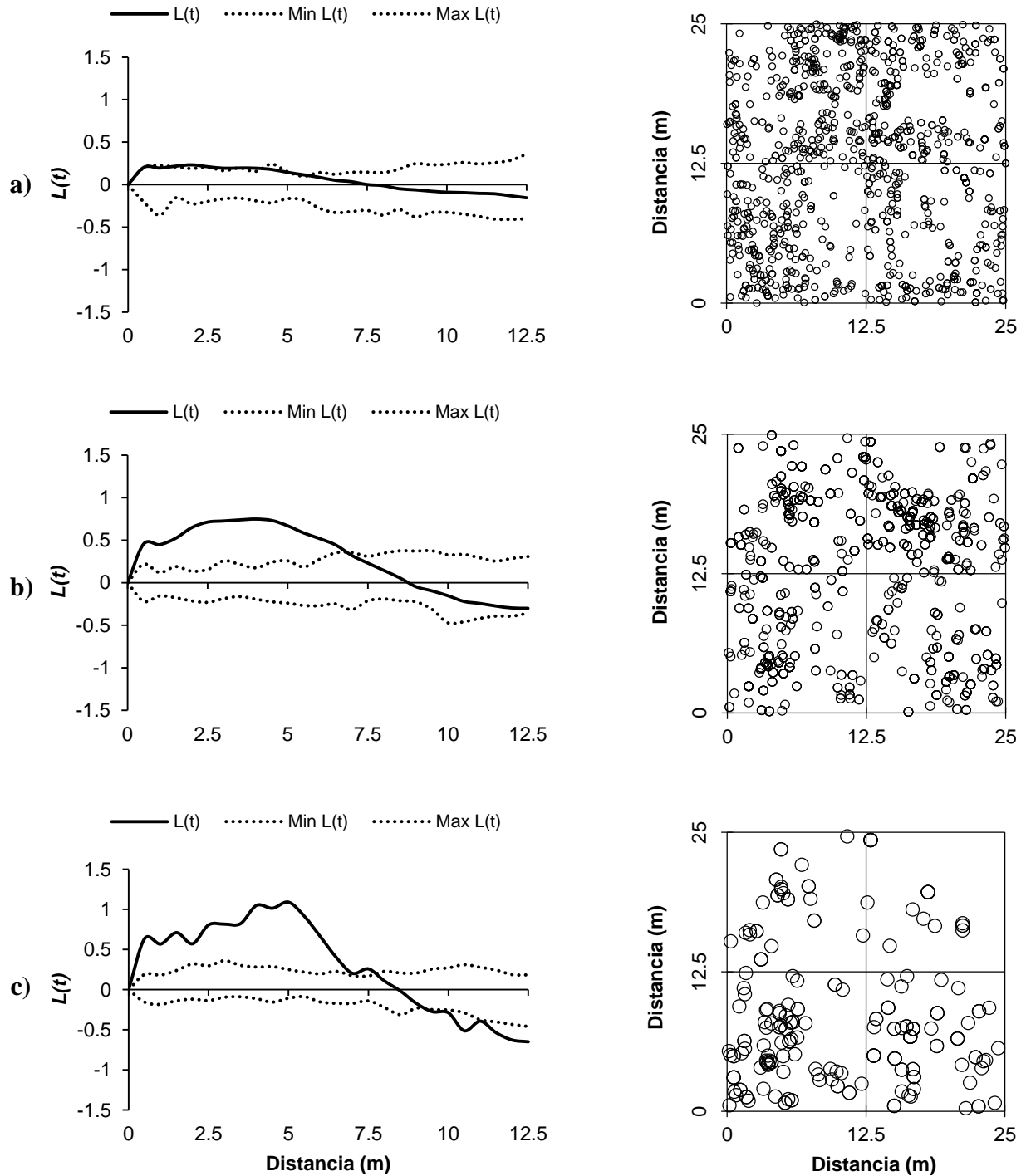


Figura 4.4. Índice y patrón de distribución espacial de *Litsea glaucescens*. a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de producción con aclareo (APA). La línea sólida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

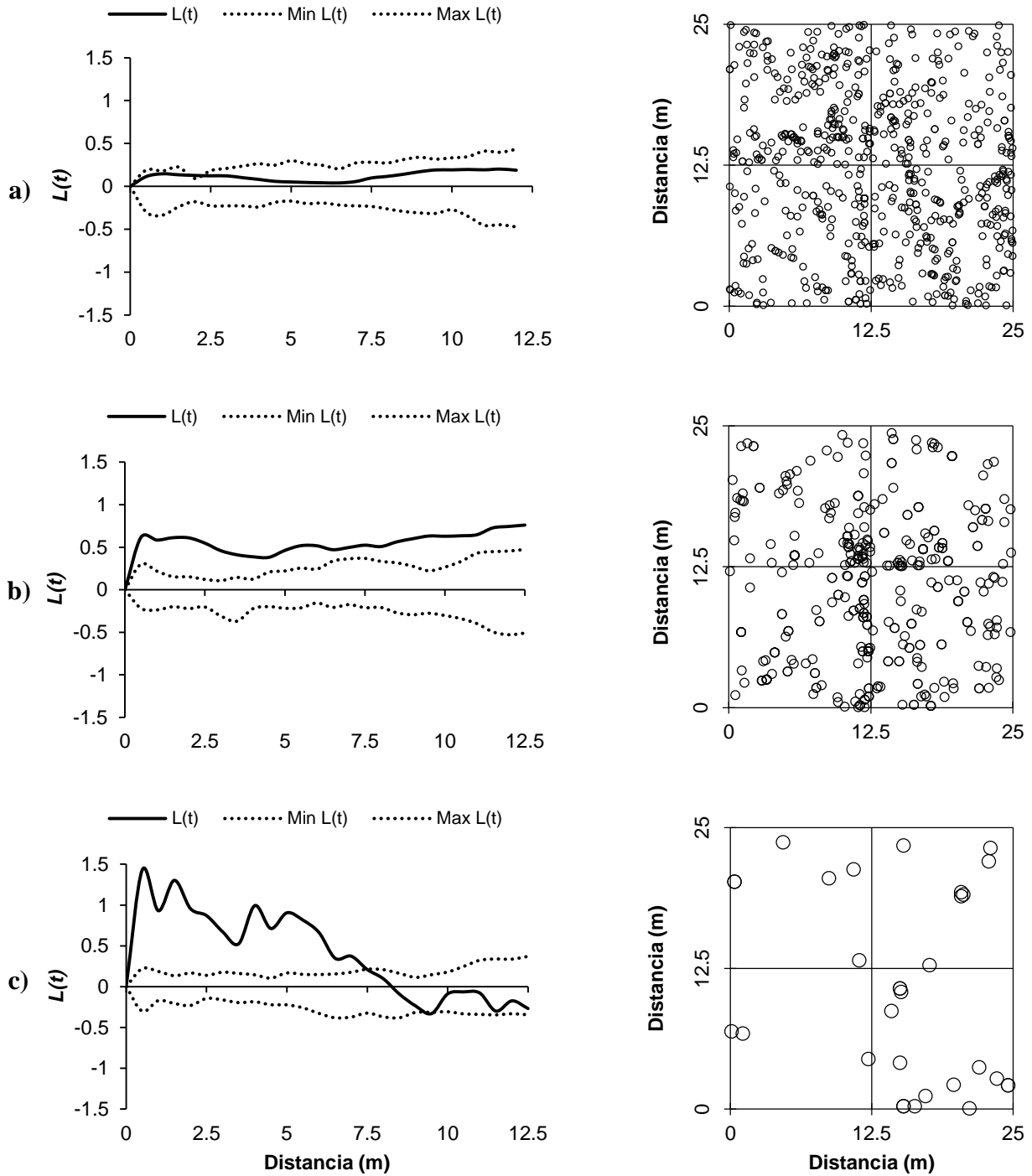


Figura 4.5. Índice y patrón de distribución espacial de *Litsea glaucescens*. a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de producción sin intervención forestal (APSIF). La línea sólida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

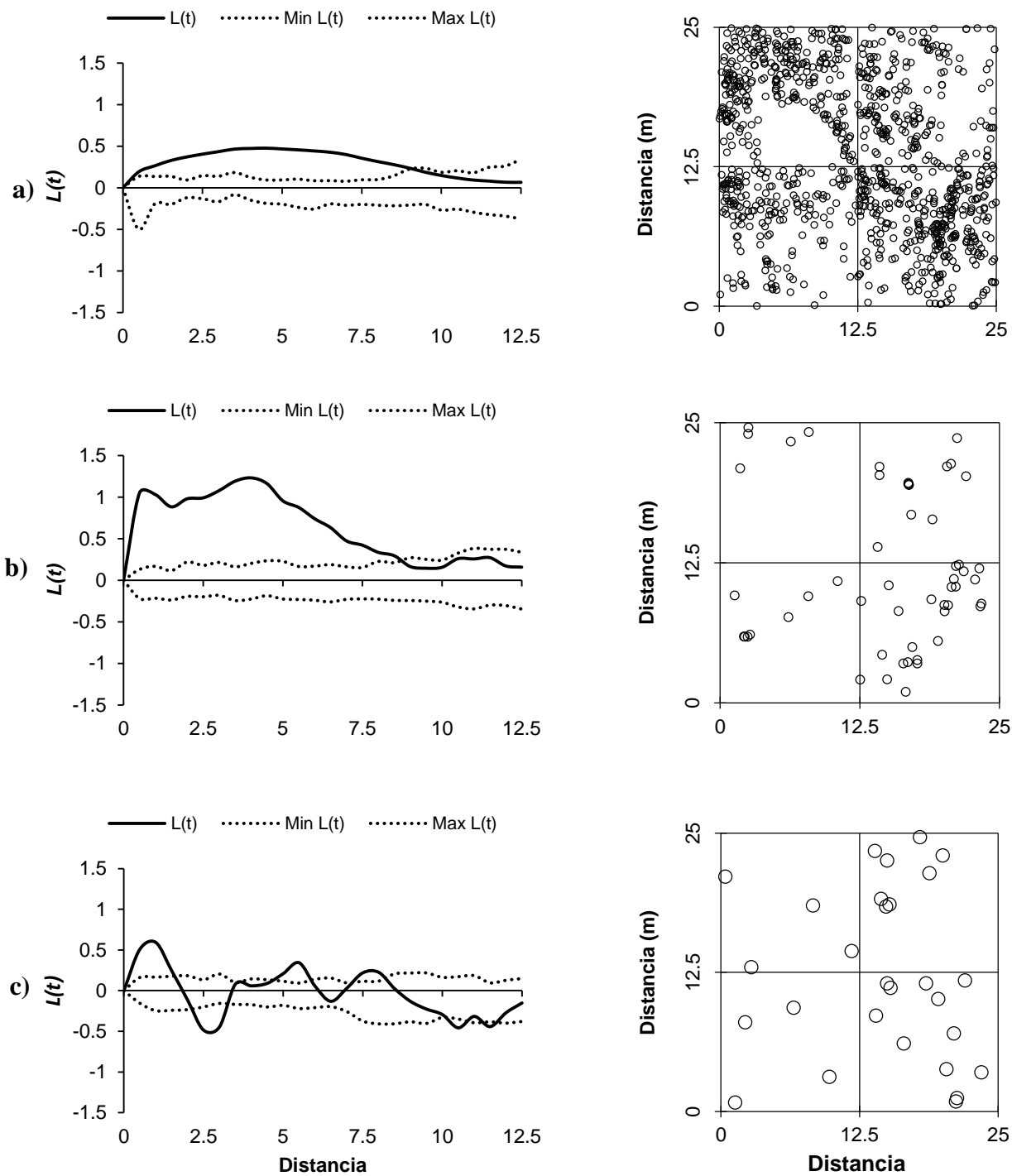


Figura 4.6. Índice y patrón de distribución espacial de *Litsea glaucescens*. a) plántulas, b) brinzales y c) adultos en la condición área de conservación con bosque maduro (ACBM). La línea sólida indica el valor del índice $L(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

4.4.3 Correlación espacial

La función bivariada $L_{12}(t)$, caracteriza la relación espacial entre dos pares de puntos en una superficie específica (Goreaud y Pélissier, 2003; Ledo *et al.*, 2011). De manera que la información obtenida es muy importante al definir la relación espacial y la comprensión de los mecanismos que mantienen su coexistencia (Jia *et al.*, 2016). Sin embargo, en los diferentes estudios donde se examina el patrón espacial, el análisis bivariado no se reporta (Velázquez *et al.*, 2015) aun cuando es el primer paso en el entendimiento de las causas que generan los patrones espaciales. Este análisis se interpreta de manera semejante a la distribución espacial (Ripley, 1977), observando tres patrones generales, atracción, independencia y repulsión (Besag y Diggle, 1977).

En esta investigación los pares de puntos, fueron los diferentes estadios de desarrollo de *Litsea glaucescens* (plántulas-brinzales, plántulas-adultos y brinzales-adultos) demostrando atracción en distancias menores a 5 m, pero conforme ésta aumentó el patrón cambió a espacialmente independiente y, en ocasiones se observó repulsión (Figuras 4.7 a la Figura 4.10).

La atracción o asociación positiva en distancias menores a 5 m implica que la cercanía entre ambos estadios de *Litsea glaucescens* no afectó la supervivencia de ninguno de los dos, sino que entre estos existe facilitación (Ledo, 2013). Este patrón se observa con mayor frecuencia en poblaciones con condiciones desfavorables semiáridas o áridas (Bertness y Callaway, 1994; Martínez *et al.*, 2010), generalmente entre estadios de desarrollo de cactáceas (Nova, 2010; Linzaga-Román *et al.*, 2011), donde sin la relación positiva entre ambos simplemente disminuyen la tasa de crecimiento de todos los individuos, promueve la desigualdad de tamaños y aumenta la muerte (Chu *et al.*, 2009). Por lo tanto, mediante esta facilitación se presentan mecanismos positivos directos, tales como alteración favorable de la cantidad y calidad de luz, la temperatura, la humedad, los nutrientes y la oxigenación del suelo o sustrato; y los mecanismos indirectos como la protección de los herbívoros, la atracción de polinizadores, además de los beneficios de micorrizas y comunidades microbianas del suelo (Callaway, 1997). Otro factor que puede estar contribuyendo a la atracción a pequeña escala en estadios de Laurel, es la distancia de dispersión de semillas por los adultos, ya que al germinar y emerger tienen requerimientos similares para su establecimiento, pero como se observó la especie no adopta

este patrón en distancia mayores, resultado del efecto de las altas densidades en las que se puede llegar a encontrar y, por tanto, prefiriendo la independencia espacial.

En condiciones donde la regeneración es por monte alto (APSIF y ACBM), el patrón de correlación más frecuente fue la independencia espacial, confirmando la hipótesis del modelo bivariado (Greig-Smith, 1979; Lotwick y Silverman, 1982). Por lo tanto, los diferentes estadios de *Litsea glaucescens* no interactúan entre sí y tienen la misma probabilidad de ser encontrados en cualquier ubicación, normalmente donde las condiciones ambientales sean las más favorables para establecerse, desarrollarse y sobrevivir (Grubb, 1977; Guo *et al.*, 2013). Sin embargo, en sus estadios menores (plántulas y brinzales) presentan preferencia hacia los sitios donde la intensidad lumínica es mayor y la competencia es menor, evitando principalmente la cercanía a los adultos que incrementa la posibilidad de morir, aunque algunos individuos pueden prosperar bajo la copa de estos, esperando que se abra el espacio para remplazarlos y en el futuro formar parte de los adultos reproductivos de la población.

La repulsión o asociación negativa se presentó con mayor intensidad entre plántulas-adultos en el área de producción con regeneración (Figura 4.7b) y menor en plántulas-brinzales de las áreas con aclareo (Figura 4.8b), ambos después de los 7.5 m. Este comportamiento fue efecto del método reproductivo predominante en la población, generalmente por monte bajo, indicando la presencia de interacciones negativas entre los individuos por su cercanía y, demostrando que el efecto de inhibición sobre los menores aumentó a medida que los rebrotes se desarrollan. Esta competencia impulsó el auto-aclareo en cada individuo (mortalidad dependiente de la densidad) de las poblaciones, relacionado a la limitación de recursos debido a que estos son finitos y más cuando provienen de un solo tocón. Por lo tanto, en estas distancias, la competencia fue el principal factor de la dinámica intraespecífica de la especie (Jian *et al.*, 2016).

En relación a este último punto, sería conveniente implementar métodos de aprovechamiento por monte mixto, seleccionando los rebrotes de menor crecimiento y dejando los más vigorosos. Mediante este tipo de manejo se evitaría la competencia de los individuos y mejoraría su desarrollo en etapas tempranas, además de conservar las poblaciones de la especie y evitar los problemas genéticos como autogamia. El material vegetal removido puede ser utilizado en celebraciones de semana santa, evitando la corta total o parcial de individuos adultos en áreas adyacentes.

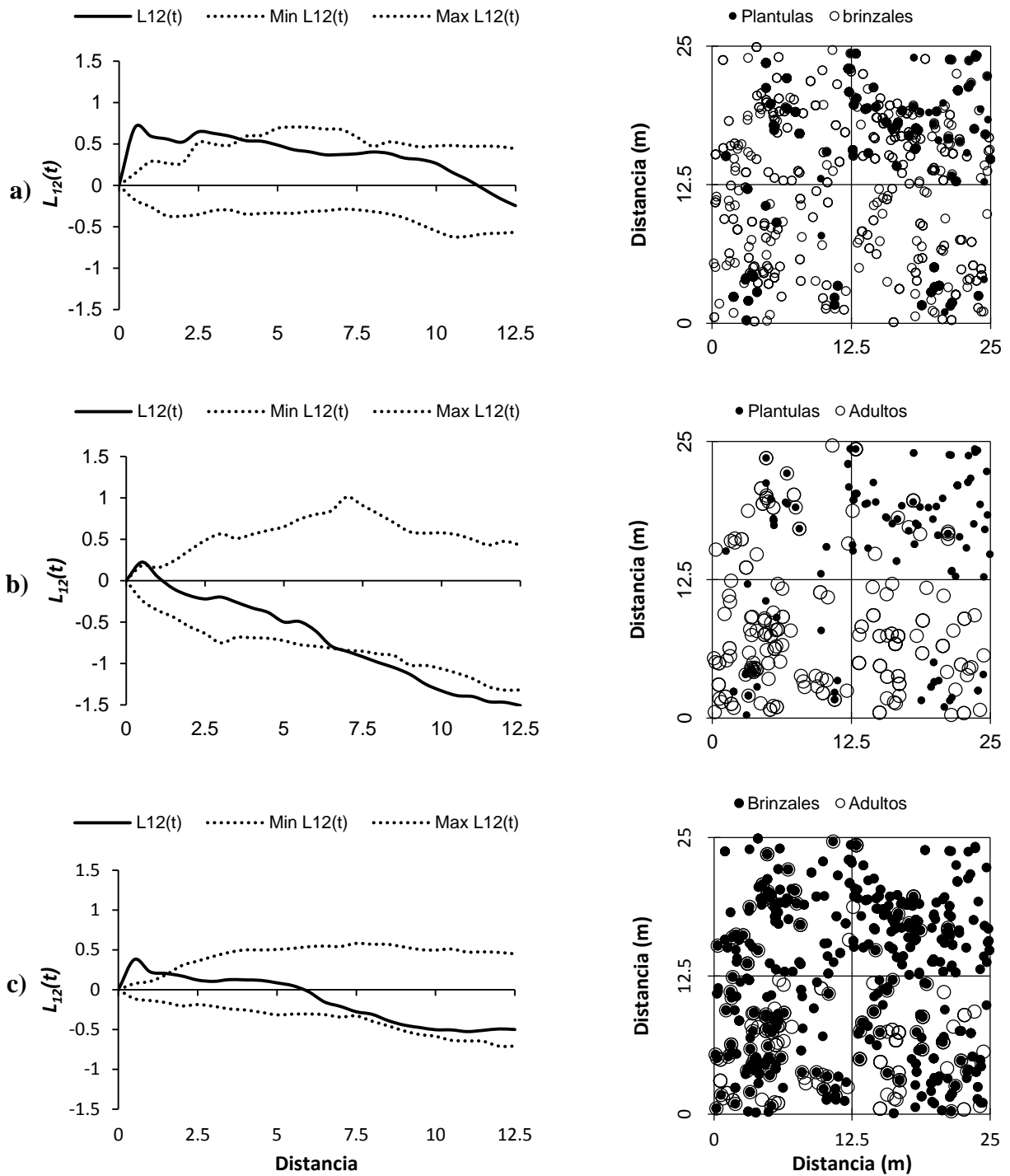


Figura 4.7. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de producción con regeneración (APR). La línea sólida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

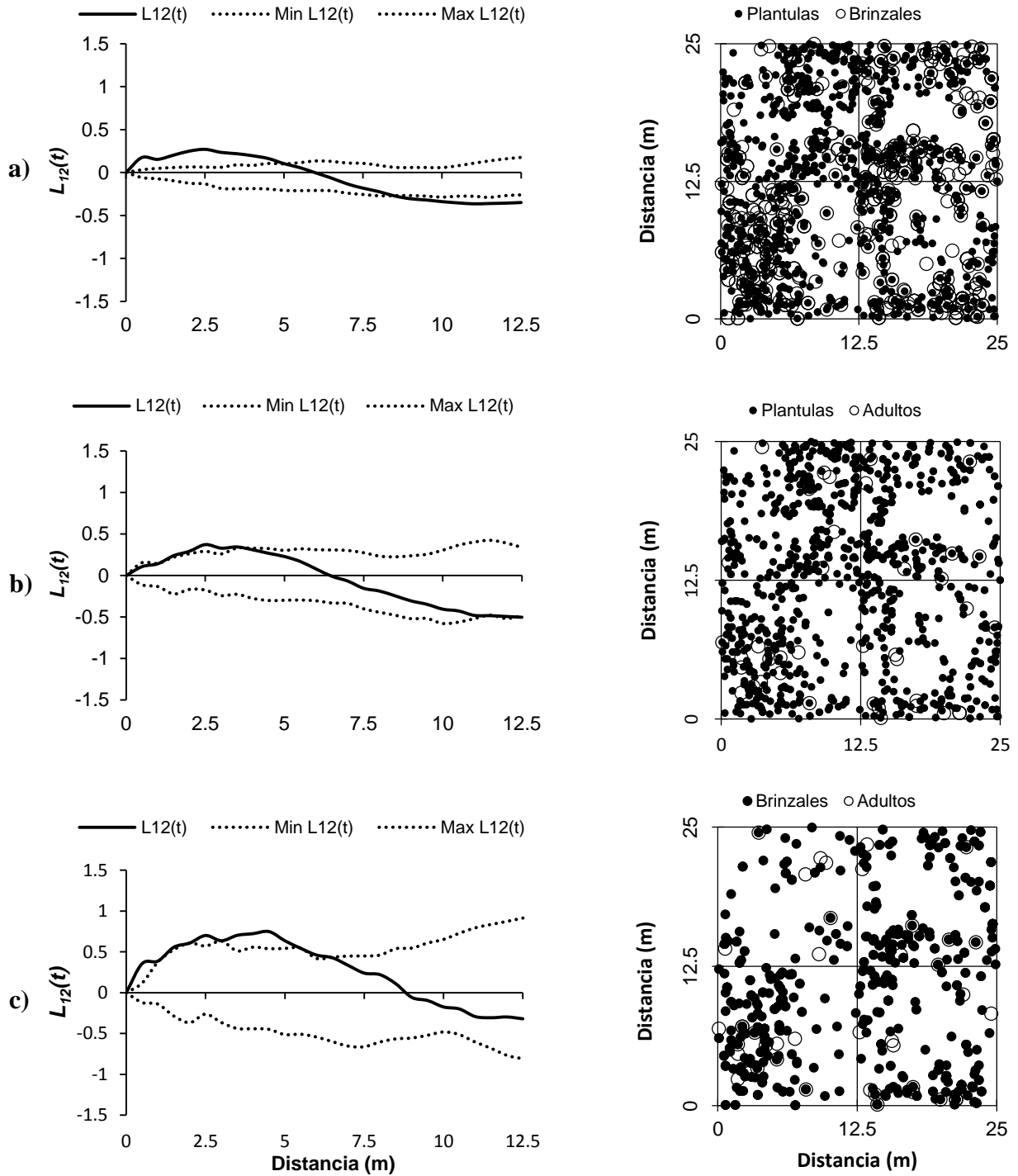


Figura 4.8. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de producción con aclareo (APA). La línea sólida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

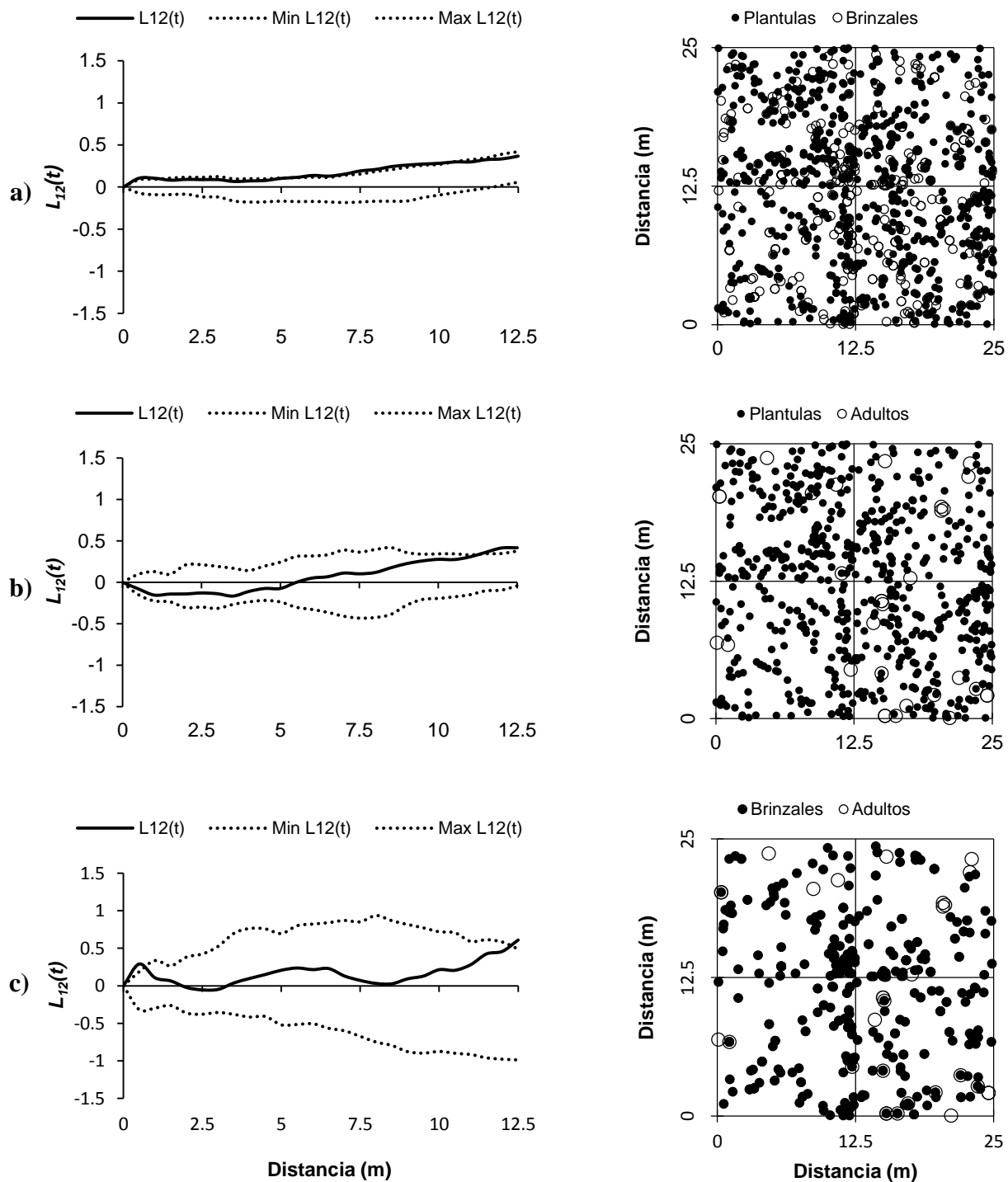


Figura 4.9. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de producción sin intervención forestal (APSIF). La línea solida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

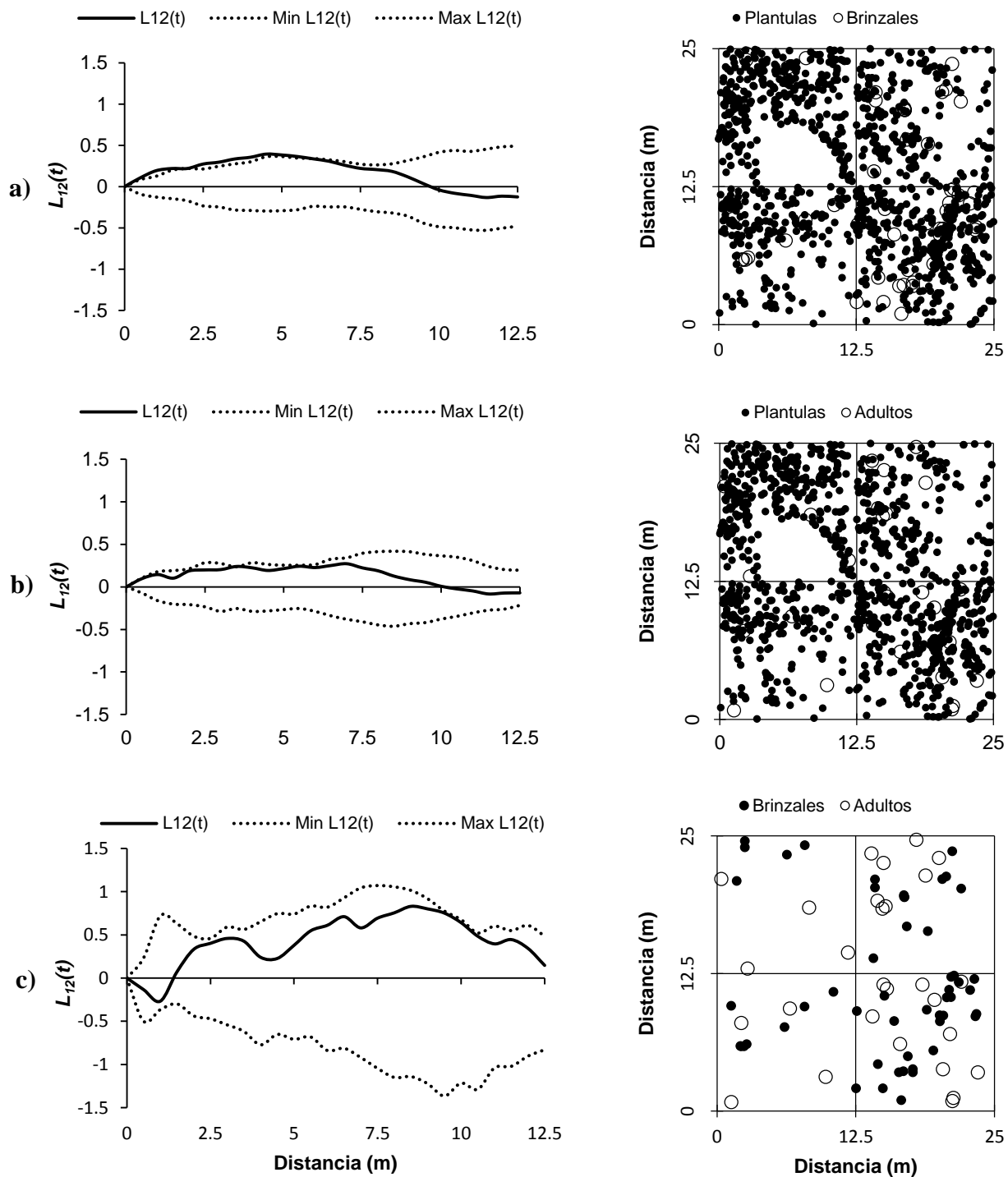


Figura 4.10. Índice y patrón de correlación espacial de a) plántulas-brinzales, b) plántulas-adultos y c) brinzales-adultos en la condición área de conservación con bosque maduro (ACBM). La línea sólida indica el valor del índice $L_{12}(t)$ y las líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

4.5 Conclusiones

El patrón de distribución espacial de *L. glaucescens* está fuertemente relacionado a la estrategia de regeneración del Laurel y las diferentes prácticas silvícolas aplicadas en estos bosques. La especie presentó un patrón de agregación en etapas juveniles y en adultos, principalmente en las áreas donde la repoblación fue por monte bajo (rebrotos), mientras que en áreas conservadas este comportamiento se le atribuye al mecanismo de dispersión de semillas y disponibilidad de claros en el dosel. Sin embargo, la magnitud del patrón disminuye conforme aumenta la distancia, llegando a presentar un patrón aleatorio y ocasionalmente uniforme.

El análisis de correlación espacial entre los estadios de desarrollo plántulas vs brinzales, plántulas vs adultos y brinzales vs adultos, presentó atracción en distancias menores a 3 m para todos los estadios de desarrollo en la mayoría de las condiciones evaluadas, y posterior a esta distancia el patrón predominante es el espacialmente independiente. A diferencia de plántulas vs adultos en APR donde se presenta repulsión después de los 8 m.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Litsea glaucescens (Laurel) es una especie forestal no maderable que forma parte importante del subdosel en áreas bajo manejo forestal y manifiesta dominancia en áreas conservadas de la región Sierra Norte de Oaxaca, específicamente en la comunidad de San Juan Evangelista Analco. Los habitantes de esta comunidad, utilizan las hojas de Laurel para condimentar diferentes platillos, pero su uso es mayor en la festividad religiosa de Semana Santa (Domingo de Ramos), donde generalmente cada año varios de estos individuos son cortados completamente disminuyendo sus tasas de reproducción sexual, debido a que en estos meses se presenta la época de floración.

En áreas bajo manejo forestal por el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), la especie de Laurel manifestó altas densidades en categorías menores tanto de diámetro como de altura. Ambos histogramas, demostraron tendencia de “J” invertida con alta incorporación de individuos juveniles a la población, principalmente rebrotes de los tallos podados durante las cortas de regeneración y cortas intermedias. Por lo tanto, en estas condiciones se recomienda mantener los tallos de mayor vigor y aprovechar los brotes suprimidos o con deficiencias en su desarrollo. Éstos, pueden usarse en la festividad religiosa de Domingo de Ramos y/o inclusive ser comercializados en la región, disminuyendo la corta de individuos adultos reproductivos. Sería recomendable ubicar áreas exclusivas para el manejo y producción de la especie mediante métodos de propagación por monte mixto, obteniendo repoblación por rebrotes y semillas, para evitar la endogamia.

En las áreas de conservación, se registraron individuos de *Litsea glaucescens* con mayor diámetro y altura, favoreciendo el proceso de regeneración natural por monte alto y aumentando la variabilidad genética de la especie. Sin embargo, la transición de individuos juveniles hacia adultos es baja requiriendo de la apertura de claros para su desarrollo. Estas áreas segregadas de la producción maderable mantienen las poblaciones maduras de la especie de interés y son las indicadas para la conservación de la misma, aunado a esto, cuenta con diferentes factores (climáticos y edáficos) disponibles y requeridos para su crecimiento.

Los diferentes estadios de desarrollo de Laurel en las cuatro condiciones de manejo evaluadas demostraron agregación en distancias cortas, relacionado a su estrategia de regeneración por monte bajo como resultado de las diferentes prácticas silvícolas aplicadas. Sin

embargo, este cambia hacia aleatorio en distancias mayores, lo que concuerda con el análisis de correlación espacial donde sus estadios de desarrollo mostraron independencia espacial.

Los resultados de composición florística, estructura y distribución espacial de *Litsea glaucescens* obtenidos en el estudio, demostraron un buen estado de conservación de la especie, a pesar de que ésta se encuentre en áreas bajo producción maderable. Por lo tanto, se sugiere que, debido a la densidad de sus poblaciones y distribución amplia, se debe analizar el ajuste de su categoría de riesgo en la NOM-059 en la región y en todo caso considerarla Bajo Protección Especial.

CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA

- Avendaño, R. S. y I. Acosta R. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 6(1): 55-71.
- Aguirre, C. O. A., J. Jiménez P., H. Krammer y A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL* 6(2): 219-225.
- Ajbilou, R., T. Marañón y J. Arroyo. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigaciones Agrarias Sistema de Recursos Forestales* 12(2): 111-123.
- Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M. Pando-Moreno, O. Aguirre-Calderon y E. J. Treviño-Garza. 2011. Caracterización de la regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del parque ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17: 31-39.
- Badii, M. H., A. Guillen, L. A. Araiza, E. Cerna, J. Valenzuela y J. Landeros. 2012. Métodos No-Paramétricos de Uso Común. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)* 7(1): 132-155
- Benítez, D. H. y M. Bellot R. 2003. Biodiversidad: uso, amenazas y conservación. En: Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.) *Conservación de sistemas templados de montaña en México*, Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT), pp. 93-106.
- Bertness, M. D. and R. Callaway. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9(5): 191-193.
- Besag, J. 1977. Contribution to the discussion on Dr. Ripley's paper. *Journal of the Royal Statistical Society B* (39): 193-195.
- Besag, J. and P. J. Diggle. 1977. Simple Monte Carlo tests for spatial pattern. *Applied Statistics* 26: 327-333.
- Bongers, E., J. Pompa, J. Meave del Castillo and J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetatio* 74: 55-80.

- Bravo-Nuñez, E. 1991. Sobre la cuantificación de la diversidad ecológica. *Hidrobiológica* 1(1): 87-93.
- Bye, R. A. 1986. Medicinal plants of the Sierra Madre: Comparative study of Tarahumara and Mexican Market Plants. *Economic Botany* 40(1):103-124.
- Caballero, J., L. Cortés, M. A. Martínez-Alfaro y R. Lira-Saade. 2004. Uso y manejo tradicional de la diversidad vegetal. En: García-Mendoza A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 541-564.
- Callaway, R. M. 1997. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. *Oecologia* 112: 143-149.
- Carreón-Santos, R. J. y J. I. Valdez-Hernández. 2014. Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20: 119-130.
- Carrillo-Ángeles, I. G. y M. C. Mandujano. 2011. Patrones de distribución espacial en plantas clonales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89: 1-18.
- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez y A. Velázquez-Martínez. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 39-52.
- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Musalem-Santiago y R. López-Aguillón. 2008. Estructura de bosques de pino patula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 14: 51-63.
- Catry, F. X., F. Moreira, I. Duarte and V. Acácio. 2009. Factors affecting post-fire crown regeneration in cork oak (*Quercus suber* L.) trees. *European Journal of Forest Research* 128: 231-240.
- Challenger A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En: Sánchez, O., E. Vega, E. P. Monroy-Vilchis (eds). *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*, Instituto Nacional de Ecología. México, Vol. 1, pp.17-42

- Challenger, A. y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: Capital Natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 37-73.
- Chang-Ming, Z., C. Qing-Heng, Q. Yong-Kang and P. Kai-Wen. 2004. Structure and spatial pattern of a natural *Abies faxoniana* population on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Phytocologica Sinica* 28(3): 341-350.
- Charpentier, A. 2002. Consequences of clonal growth for plant mating. *Evolutionary Ecology* 15: 521-530.
- Chu, C. J., J. Weiner, F. T. Maestre, S. Xiao, Y. S. Wang, Q. Li, J. L. Yuan, L. Q. Zhao, Z. W. Ren and G. Wang. 2009. Positive interactions can increase size inequality in plant populations. *Journal of Ecology* 97: 1401-1407.
- Collet, C., O. Lanter and M. Pardos. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science* 58(2): 127-134.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9.1.0. User's Guide and application published at <http://purl.oclc.org/estimates> (Consultado: Septiembre, 2015).
- Colwell, R. K., C. Xuan-Mao y J. Chang. 2004. Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. *Ecology* 85(10): 2717-2727.
- Condit, R., P. S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, P. Stephen, S. P. Hubbell, R. B. Foster, A. Itoh, J. V. LaFrankie, H. S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar and T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288: 1414-1418.
- Corella-Justavino, F., J. I. Valdez-Hernández, V. M. Cetina-Alcalá, F. V. González-Cossio, A. Trinidad-Santos y J. R. Aguirre-Rivera. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México* 26(90): 73-102.
- Corral, R. J. J., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y S. Corral R. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales* 14: 217-228.

- Corral-Rivas, J. J., B. Vargas-Larreta, C. Wehenkel, O. A. Aguirre-Calderón y F. Crecente-Campo. 2012. Guía para el Establecimiento, Seguimiento y Evaluación de Sitios Permanentes de Monitoreo en Paisajes Productivos Forestales. Fondo sectorial para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica forestal. CONAFOR-CONACYT-2009-115900. 86 p.
- Curtis, T. J. and P. McIntosh R., 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 476-496.
- Dajoz, R. 2002. Tratado de ecología. Ediciones Mundi-Prensa, segunda edición, Madrid, España, pp. 151-168.
- Dávila-Figueroa C. A., F. J. Flores-Tena, F. Morales-Domínguez, R. Clark-Tapia y E. Pérez Molphe-Balch. 2011. Estatus poblacional y niveles de aprovechamiento del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(4): 47-60.
- Daws, M. I., D. F. R. P. Burslem, L. M. Crabtree, P. Kirkman, C. Mullins and J. W. Dalling. 2002. Difference in seed germination responses may promote coexistence of four sympatric Piper species. *Functional Ecology* 16: 258-267.
- Del Castillo, R. F., J. A. Pérez de la Rosa, G. Vargas Amado y R. Rivera García. 2004. Coníferas. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 141-158.
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 12(1): 159-176.
- Estrada, E., J. A. Villareal, C. Cantú, I. Cabral, L. Scott and C. Yen. 2007. Ethnobotany in the Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 3:1-8.
- Figueroa-Rangel, B. L. y M. Olvera-Vargas. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* H. et B. en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 34: 91-98.
- Fisher, M. 2000. Software available for sophisticated spatial statistics. University of the South Pacific, Suva, Fiji.

- Fisher, R. A., A. S. Corbet and C. B. Williams. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology* 12(1): 42-58.
- Flores, G. M. I. 2014. Factores de sitio y estructura de *Litsea glaucescens* (Laurel) en un entorno ripícola/rupícola de una región árida. Tesis de Maestría. Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 139 p.
- Flores-Velázquez, R., E. Serrano-Gálvez, V. H. Palacio-Muñoz y G. Chapela. 2007. Análisis de la industria de la madera aserrada en México. *Madera y Bosques* 13(1): 47-59.
- Franklin, J. F., T. A. Spies, R. Van Pelt, A. B. Carey, D. A. Thornburgh, D. Rae Berg, D. B. Lindenmayer, M. E. Harmon, W. S. Keeton, D. C. Shaw, K. Bible and J. Chen. 2002. Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management* 155: 399-423.
- Fregoso, A., A. Velázquez y G. Cortés. 2003. La vegetación, sus componentes y un análisis jerárquico del paisaje. En: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (eds.). *Las Enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*, México: INE/SUMA: 201-233 p.
- Gadow, K. v., C. Y. Zhang, C. Wehenkel, A. Pommerening, J. Corral-Rivas, M. Korol, S. Myklush, G. Y. Hui, A. Kiviste and X. H. Zhao. 2012. Forest structure and diversity. En: T. Pukkala, K.v. Gadow (Eds.), *Continuous Cover Forestry, Managing Forest Ecosystems* (second ed.), vol. 23, Springer Science+Business Media B.V. pp. 29-84.
- Gangying, H., L. Li., Z. Zhonghua and D. Puxing. 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. *Acta Ecologica Sinica* 27(11): 4717-4728.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Serie Libros No. 6, México, D.F. 90 p.
- García, S. F., J. R. Aguirre R., J. Villanueva D., y J. García P. 1999. Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Polibotánica* 10: 73-103.

- García-Mendoza, A. J. 2004. Integración del conocimiento florístico del estado. En: García-Mendoza A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 305-325.
- Gavilán, G. R. G. y A. Rubio S. 2005. ¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal? *Sociedad Española de Ciencias Forestales* 20:93-98.
- Gernandt, D. S. y J. A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 126-133.
- Godínez-Ibarra, O. y L. López-Mata. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Serie Botánica* 73(2): 283-314.
- Gómez-Mendoza, L., L. Galicia y R. Aguilar-Santelises. 2008. Sensibilidad de grupos funcionales al cambio climático en la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas Boletín* 67: 76-100.
- González-Costilla, O., J. Jiménez de Azcárate, J. García-Pérez y J. R. Aguirre-Rivera. 2007. Flora Vascular de la Sierra de Catorce y Territorios Adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana* 78: 1-38.
- González-Elizondo M. S., M. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, L. Ruacho-González e I. L. López-Enríquez. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100:351-403.
- González-Espinosa, M., J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez and A. C. Newton (eds.). 2011. *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees*. Fauna & Flora International, Cambridge, UK. 146 p.
- Goreaud, F. and R. Pélissier. 2003. Avoiding misinterpretation of biotic interactions with the intertype K_{12} -function: population independence vs. random labelling hypotheses. *Journal of Vegetation Science* 14: 681-692.
- Guo, Y., J. Lu, S. B. Franklin, Q. Wang, Y. Xu, K. Zhang, D. Bao, X. Qiao, H. Huang, Z. Lu and M. Jiang. 2013. Spatial distribution of tree species in a species-rich subtropical mountain forest in central China. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 826-835.

- Guzmán, G. S. L., R. Reyes C. and H. Bonilla J. 2014. Medicinal plants for the treatment of “nervios”, anxiety, and depression in Mexican Traditional Medicine. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 24: 591-608.
- Guzmán-Gutiérrez, S. L., R. Gómez-Casino, J. C. García-Zebadúa, N. C. Jiménez-Pérez and R. Reyes-Chilpa. 2012. Antidepressant activity of *Litsea glaucescens* essential oil: Identification of β -pinene and linalool as active principles. *Journal of Ethnopharmacology* 143: 673-679.
- Guzmán-Mendoza, R., J. A. Zavala-Hurtado, G. Castaño-Meneses y J. L. León-Cortés. 2014. Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México. *Madera y Bosques* 20(1): 71-83.
- Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos y M. A. Hernández-García. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 67-83.
- Greig-Smith, P. 1979. Pattern in Vegetation. *Journal of Ecology* 67(3): 755-779.
- Grubb, P. J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of regeneration niche. *Biological Reviews*. 52: 107-145.
- Halfpeter, G. C., E. Moreno y E. O. Pineda. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 2. Zaragoza, 80 p.
- Hernández, L. I. 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. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 103 p.
- Hernández-Salas, J., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, E. J. Treviño-Garza., M. A. González-Tagle, C. Luján-Álvarez, J. M. Olivas-García y L. A. Domínguez-Pereda. 2013. Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19: 189-199.
- Hirayama, K. and M. Sakimoto. 2008. Clonal structure and diversity of *Cryptomeria japonica* along a slope in a cool-temperate, old-growth mixed forest in the snowy region of Japan. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 2804-2813.

- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29(1):151-154.
- INEGI, 2008. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Juan Evangelista Analco, Oaxaca. Clave geoestadística 20196. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20196.pdf> (Consulta: Octubre, 2015)
- Islas, M. G. E., P. A. Martínez H. y D. A. Rodríguez T. 2013. Diversidad del sotobosque y radiación solar en un bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. con quema prescrita. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(15): 25-40.
- IUCN, 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Ver. 2015-3. Disponible en: www.iucnredlist.org (Consulta: Octubre, 2015)
- Jia, G., X. Yu, D. Fan and J. Jia. 2016. Mechanism Underlying the Spatial Pattern Formation of Dominant Tree Species in a Natural Secondary Forest. *PLoS ONE* 11(3): 1-17.
- Jiménez, J., O. Aguirre y H. Kramer. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigaciones Agrarias Sistema de Recursos Forestales* 10(2): 355-366.
- Jiménez, V. A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.
- Jiménez-Pérez N. Del C., F. G. Lorea-Hernández, C. K. Jankowski and R. Reyes-Chilpa. 2011. Essential Oils in Mexican Bays (*Litsea* spp., Lauraceae): Taxonomic Assortment and Ethnobotanical Implications. *Economic Botany* 65(2): 178-189.
- Juárez-Sánchez, M., P. A. Domínguez-Calleros y J. Návar-Chaidez. 2014. Análisis de la estructura silvícola en bosques de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Foresta Veracruzana* 16(1): 25-34.
- Kruskal, W. H. and W. A. Wallis. 1952. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583-621.

- Lara, P. Y. y F. Manzano M. 2008. Plan de manejo para el Bosque de Alto Valor para la Conservación (HCVF) de la Comunidad de San Juan Evangelista Analco, Oaxaca. Estudios Rurales y Asesoría, A.C. 59 p.
- Ledo, A. 2013. Tratado sobre la distribución espacial de las especies leñosas de un bosque de niebla tropical. *Ecosistemas* 22(1): 77-79.
- Ledo, A., S. Condés and F. Montes. 2011. Intertype mark correlation function: A new tool for the analysis of species interactions. *Ecological Modelling* 222: 580-587.
- Ledo, A., S. Condés y F. Montes. 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Revista Peruana de Biología* 19(1): 113-124.
- LeMay, V., A. Pommerening and P. Marshall. 2009. Spatio-temporal structure of multi-storied, multi-aged interior Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*) stands. *Journal of Ecology* 97: 1062-1074.
- Leverkus, A. B., J. Castro, J. M. Rey Benayas. 2014. Regeneración post-incendio de la encina en pinares de repoblación mediterráneos. *Ecosistemas* 23: 48-54.
- Leyva-López, J. C., A. Velázquez-Martínez y G. Ángeles-Pérez. 2010. Patrones de diversidad de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2): 227-239.
- Li, F. and L. Zhang. 2007. Comparison of point pattern analysis methods for classifying the spatial distributions of spruce-fir stands in the north-east USA. *Forestry* 80(3): 337-349.
- Li, Y., Y. Shaoming, H. Gangying, H. Yanbo and Z. Zhonghua. 2014. Spatial structure of timber harvested according to structure-based forest management. *Forest Ecology and Management* 322: 106-116.
- Linzaga-Román, B. E., G. Ángeles-Pérez, C. Catalán-Heverástico y P. Hernández-de la Rosa. 2011. Estructura espacial de *Pachycereus weberi* (Coul.) Backeb. en la Cañada del Zopilote, Guerrero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(2): 189-198.

- López, G. A. M. y G. Williams L. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México 78: 7-15.
- López-Toledo, J. F., J. I. Valdez-Hernández, M. A. Pérez-Farrera y V. Manuel Cetina-Alcalá. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la reserva de la biósfera La Sepultura, Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(12): 43-56.
- Lorea-Hernández F. G. 2002. La familia Lauraceae en el sur de México: diversidad, distribución y estado de conservación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 71:59-70.
- Lorea-Hernández, F. G y N. Jiménez-Pérez. 2010. Lauraceae Juss. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 82. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 14 p.
- Lotwick, H. W and B. M. Silverman. 1982. Methods for analyzing spatial processes of several types of points. Journal of the Royal Statistical Society London Series B 44: 403-413.
- Louman, B., J. Valerio y W. Jiménez. 2001. Bases ecológicas. En: Nilsson M., B. Louman y D. Quirós (eds.). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. - Turrialba, Costa Rica, CATIE. Pp. 21-75.
- Lozada, D. J. R. 2010. Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. Revista Forestal Venezolana 54(1): 77-88.
- Luna, V. M. I. 2003. *Litsea glaucescens*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W025. México. D.F. México. 6 p.
- Luna-Bautista, L., P. Hernández-de la Rosa, A. Velázquez-Martínez, A. Gómez-Guerrero and M. Acosta-Mireles. 2015. El sotobosque en la composición y diversidad de áreas bajo manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 21(1): 109-121.
- Luna-José, A. L., L. Montalvo-Espinosa y B. Rendón-Aguilar. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72: 107-117.

- Marañón, T., J. J. Camarero, J. Castro, M. Díaz, J. M. Espelta, A. Hampe, P. Jordano, F. Valladares, M. Verdú y R. Zamora. 2004. Heterogeneidad ambiental y nicho de regeneración. En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 69-99.
- Margalef, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Martínez, I. and F. González-Taboada. 2009. Seed dispersal patterns in a temperate forest during a mast event: performance of alternative dispersal kernels. *Oecologia* 159: 389-400.
- Martínez, I., T. Wiegand, F. González T. and J. R. Obeso. 2010. Spatial associations among tree species in a temperate forest community in North-Western Spain. *Forest Ecology and Management* 260: 456-465.
- Martínez-Carretero, E. and A. Dalmaso. 2002. Response to cutting of *Larrea divaricata* and *L. cuneifolia* in Argentina. *Applied Vegetation Science* 5: 127-133.
- Maza-Villalobos, S., F. Macedo-Santana, J. Rodríguez-Velázquez, K. Oyama y M. Martínez-Ramos. 2014. Variación de la estructura y composición de comunidades de árboles y arbustos entre tipos de vegetación en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. *Botanical Sciences* 92(2): 243-258.
- Melo, O. y R. Vargas. 2001. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima. Corpocaldas, Cortolima, Ibagué. 222 p.
- Miller, P. M. and J. B. Kauffman. 1998. Seedling and sprout response to slash-and-burn agriculture in a tropical deciduous forest. *Biotropica* 30(4): 538-546.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. Importancia de la diversidad biológica de México. En: J. Sarukhán y R. Dirzo (Eds.), México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México. pp. 43-55.
- Montañez-Armenta, M. de la P., E. Valtierra-Pacheco y S. M. Medina-Torres. 2011. Aprovechamiento tradicional de una especie protegida (*Litsea glaucescens* Kunth) en "Sierra del Laurel", Aguascalientes, México. *Ra Ximhai* 7(2): 155-172.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 p.

- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1249-1261.
- Muñiz-Márquez, D. B., B. Valdivia-Urdiales, M. L. Carrillo-Inungaray, V. G. Nevárez-Moorillón, J. C. Contreras-Esquivel, R. Rodríguez-Herrera y C. N. Aguilar. 2010. Uso alternativo de fitoquímicos de algunas especies para el control de enfermedades transmitidas por alimentos. *Acta Química Mexicana* 2(4).
- Nathan, R. and H. C. Muller-Landau. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 278-285.
- Návar-Cháidez, J. J. y S. González-Elizondo. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* 27: 71-87.
- Newton, A. C. 2007. *Forest Ecology and Conservation*. Oxford University Press. New York, USA. Pp. 125-135.
- North, M., J. Chen, B. Oakley, B. Song, M. Rudnicki, A. Gray and J. Innes. 2004. Forest Stand Structure and Pattern of Old-Growth Western Hemlock/Douglas-Fir and Mixed-Conifer Forests. *Forest Science* 50(3): 299-311.
- Nova, M. E. 2010. Estructura y distribución espacial de *Neobuxbaumia mezcalaensis* (Bravo) Backeb., en la Cañada del Zopilote, Guerrero. Tesis de Maestría, Postgrado Forestal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 89 p.
- Odum, E. P. 1985. *Fundamentos de ecología*. Nueva editorial Interamericana, Primera ed., México D. F. pp. 213-262.
- Pavón, N. P., C. E. Moreno y A. Ramírez-Bautista. 2012. Biomasa de raíces en un bosque templado con y sin manejo forestal en Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(3): 304-312.
- Pemán, G. J., R. M. Navarro C. y R. Serrada H. 2006. Elección de especies en las repoblaciones forestales. *Contribuciones del profesor Ruiz de la Torre. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 15: 87-102.

- Peña-Ramírez, V. M. y C. Bonfil. 2003. Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos (*Quercus liebmanii* Oerst. y *Quercus magnoliifolia* Née.) en la región de la montaña (Guerrero), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72: 5-20.
- Pérez, F. L. 2014. Spatial aggregation patterns and population structure of the Haleakalā silversword (*Argyroxiphium sandwicense* DC. subsp. *macrocephalum*), Maui, Hawaii, Physical Geography 36: 34-59.
- Pérez-García, E. A. 2011. Reseña de "Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colecciones y lista de especies)" de García- Mendoza, A. J. y J. A. Meave (eds.). Boletín de la Sociedad Botánica de México 89: 132-134.
- Perry, G. L. W., B. P. Miller and N. J. Enright. 2006. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. Plant Ecology 187: 59-82.
- Pielou, E. C. 1966a. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. Journal of Theoretical Biology 13: 131-144.
- Pielou, E. C. 1966b. Species-Diversity and Pattern-Diversity in the Study of Ecological Succession. Journal of Theoretical Biology 10: 370-383.
- Pineda-López, M. R., R. Ortega-Solís, L. R. Sánchez-Velásquez, G. Ortiz-Ceballos y G. Vázquez-Domínguez. 2013. Estructura poblacional de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham., en el ejido El Conejo del Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 19(3): 375-385.
- Plascencia, R. L., A. Castañón y A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. Ciencias 101: 36-43.
- Ramírez, S. R. 2006. Efectos de la aplicación de dos métodos de regeneración sobre la estructura, diversidad y composición de un bosque de pino-encino en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 97 p.
- Ripley, B. D. 1977. Modeling spatial patterns. Journal of the Royal Statistical Society 39: 172-212.

- Rohlf, F. J. 2000. NTSYSpc, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 2.1. Applied Biostatistics, Inc. New York.
- Romero-Romero, M. A., S. Castillo, J. Meave, H. Van der Wal. Análisis florístico de la vegetación secundaria derivada de selva húmeda de montaña de Santa Cruz Tepetotutla (Oaxaca), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 67: 89-106.
- Roser, L. G., L. I. Ferreyra, M. Ewens, J. C. Vilardi and B. O. Saidman. 2014. Genetic and morphometric characterization of clones of *Prosopis alba*, Algarobia, selected for salt tolerance. Tree Genetics & Genomes 10: 383-397.
- Rozas, V. y J. J. Camarero. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales 14(1): 79-97.
- Rubio de Casas, R. 2014. Por qué y cómo el sistema de cruzamiento está correlacionado con los mecanismos de dispersión. Ecosistemas 23(3): 31-35.
- Ruiz-Aquino, F., J. I. Valdez-Hernández, A. Romero-Manzanares, F. Manzano-Méndez y M. E. Fuentes-López. 2015. Distribución espacial de dos especies de encinos y atributos ecológicos del bosque de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 21(1): 67-80.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a Ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 p.
- Sagar, R. and G. P. Sharma. 2012. Measurement of alpha diversity using Simpson index ($1/\lambda$): the jeopardy. Environmental Skeptics and Critics 1(1): 23-24.
- Salas, R., B. Fidalgo, J. Gaspar y P. Morais. 2009. Índices de biodiversidad y de estructura vertical—utilidad de aplicación en bosques con manejo forestal. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 5 (2): 74-85.
- Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y Bosques 14(1): 107-120.

- Santiago, G. E. 2013. Evaluación de *Litsea glaucescens* Kunth en el área de conservación forestal de Analco, Ixtlán, Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 96 p.
- Santiago, P. A. L., R. Villavicencio G., J. J. Godínez H. J. M. Chávez A., y S. L. Toledo G. 2010. Tamaño de fragmentos forestales en el bosque de pino-encino, Sierra de Quila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(14): 23-38.
- Seaby, R. M. H. and P. A. Henderson. 2007. *Species Diversity and Richness IV. Measuring and understanding biodiversity*. Pisces Conservation Ltd., Lymington, Hampshire. 132 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 78 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2013. Anuario estadístico de la producción forestal 2013. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/forestal/anuarios/anuario_2013.pdf (Consultado en: Enero, 2016.)
- Solís, M. R., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y., y J. Corral R. 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques* 12: 49-64.
- Suvanto, L. I. and T. B. Latva-Karjantvaa. 2005. Clone identification and clonal structure of the European aspen (*Populus tremula*). *Molecular Ecology* 14: 2851-2860.
- Szmyt, J. 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica* 48(1): 1-31.
- Tapia-Torres, N. A., C. de la P. Pérez-Olvera, A. Román-Guerrero, A. Quintanar-Isaías, E. García-Márquez y F. Cruz-Sosa. 2014. Histoquímica, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de hoja y de madera de *Litsea glaucescens* Kunth (Lauraceae). *Madera y Bosques* 20(3): 125-137.
- The Plant List, Version 1.1. Published on the Internet. Consultado en línea en septiembre 2015. Disponible en: <http://www.theplantlist.org>

- Tilman, D. 1994. Competition and Biodiversity in Spatially Structured Habitats. *Ecology* 75(1): 2-16.
- Tropicos. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO. Consultado en línea en noviembre 2015. Disponible en: <http://www.tropicos.org/name>
- Tucker, A. O., J. M. J. Maciarello and M. Hill. 1992. *Litsea glaucescens* Humb., Bonpl. & Kunth var. *glaucescens* (Lauraceae): A mexican bay. *Economic Botany* 46(1): 21-24
- UNSIJ (Universidad de la Sierra Juárez). 2013. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos forestales de San Juan Evangelista Analco. Vol. 1, 170 p.
- Valdés-Cobos, A. 2013. Conservación y uso de plantas medicinales: el caso de la región de la Mixteca Alta Oaxaqueña, México. *Ambiente y Desarrollo* 17(33): 87-97.
- Valencia, A. S. y K. C. Nixon. 2004. Encinos. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas, eds. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, México. pp. 219-225.
- Valenzuela, N. L. M. y D. Granados S. 2009. Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 29-42.
- Valladares, F. 2004. Cambio global y ambiente lumínico en ecosistemas forestales mediterráneos: consideraciones ecológicas e implicaciones para la gestión. *Sociedad Española de Ciencias Forestales* 20: 37-46.
- Valle-Rodríguez, C. M., C. A. Dávila-Figueroa, M. L. De la Rosa-Carrillo, E. Molphe-Balch y J. F. Morales-Domínguez. 2013. Propagación in vitro del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) y análisis de la diversidad genética de poblaciones del centro de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 57: 19-26.
- Van der Werff, H. y F. Lorea. 1997. Lauraceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 56. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México. 58 p.

- Van Devender, T. R., R. S. Felger, F. Molina-Freaner, M. Fishbein, F. Molina-Freaner, J. J. Sánchez-Escalante y A. L. Reina-Guerrero. 2010. Biodiversidad de las Plantas Vasculares. En: F. Molina-Freaner y T. R. Van Devender (eds.). Diversidad Biológica de Sonora. UNAM-CONABIO, pp. 229-261.
- Vásquez, C. V. F. 2013. Estructura composición y diversidad arbórea en áreas de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 102 p.
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco-Segovia, E. Rincón, M. E. Sánchez-Coronado, P. Huante, J. R. Toledo and V. L. Barradas. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: Effect on seed germination. *Ecology* 71(5): 1952-1958.
- Velázquez, E., I. Martínez, S. Getzin, K. A. Moloney and T. Wiegand. 2015. An evaluation of the state of spatial point pattern analysis in ecology. *Ecography* 39: 001-014.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición, Bogotá, Colombia. Pp.185-226.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.
- Wang, X., J. Ye, B. Li, J. Zhang, F. Lin and Z. Hao. 2010. Spatial distributions of species in an old-growth temperate forest, northeastern China. *Canadian Journal of Forest Research* 40(6): 1011-1019.
- Wehenkel, C., J. M. Brazão-Protázio, A. Carrillo-Parra, J. H. Martínez-Guerrero and F. Crecente-Campo. 2015. Spatial Distribution Patterns in the Very Rare and Species-Rich *Picea chihuahuana* Tree Community (Mexico). *PLoS ONE* 10(10): 1-19.
- Wiegand, T. and K. A. Moloney. 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos* 104: 209-229.
- Zacarías-Eslava, Y. y R. F. Del Castillo. 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* 87: 13-28.

- Zahradník, D., S. Vacek, L. Bílek, I. Nosková and Z. Vacek. 2010. Horizontal structure of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. and its development. *Journal of Forest Science* 56(11): 531-540
- Zarco-Espinosa, V. M., J. I. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez, y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 26(1): 1-17.
- Zhang, J., B. Song, B. H. Li, J. Ye, X. G. Wang and Z. Q. Hao. 2010. Spatial patterns and associations of six congeneric species in an old-growth temperate forest. *Acta Oecologica* 36: 29-38.