



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**  
**CAMPUS MONTECILLO**  
**POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES**

**ESTRUCTURA, CRECIMIENTO Y DINÁMICA  
DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN EL  
EJIDO EL LIMÓN, MORELOS**

MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

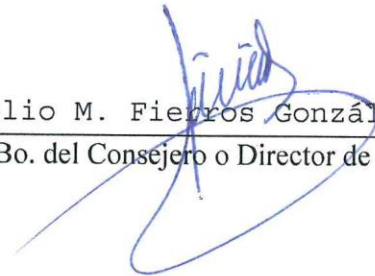
En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Miguel Ángel Sánchez Hernández, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Aurelio M. Fierros González, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Estructura, crecimiento y dinámica de la selva baja caducifolia en el ejido el limón, Morelos

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 05 de julio de 2018



Firma del  
Alumno (a)



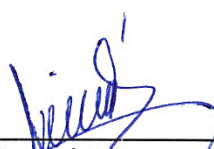
Aurelio M. Fierros González  
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **"Estructura, crecimiento y dinámica de la selva baja caducifolia en el ejido el limón, Morelos"** realizada por el alumno **Miguel Ángel Sánchez Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS  
FORESTALES**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



---

Dr. Aurelio Manuel Fierros González

ASESOR:



---

Dr. Alejandro Velázquez Martínez

ASESOR:



---

Dr. Héctor Manuel De los Santos Posadas

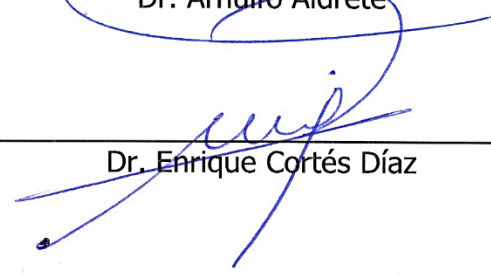
ASESOR:



---

Dr. Arnulfo Aldrete

ASESOR:



---

Dr. Enrique Cortés Díaz

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2018

# ESTRUCTURA, CRECIMIENTO Y DINÁMICA DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN EL EJIDO EL LIMÓN, MORELOS

Miguel Ángel Sánchez Hernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2018

## RESUMEN

Este trabajo se compone de cinco capítulos los cuales tienen como objetivo, determinar la estructura, crecimiento y dinámica de la Selva Baja Caducifolia (SBC) o también conocido como Bosque Tropical Caducifolio (BTC) en el Ejido el Limón de Cuauhichinola, Morelos. Para esto se realizó un inventario en 34 sitios de 500 m<sup>2</sup> en los cuales se registró el diámetro a la altura de 1.30 m (Diámetro a la Altura del Pecho-DAP de las especies arbóreas). Se consideraron solamente individuos que presentaran un diámetro  $\geq 10$  cm registrando la altura total de estos, también se verificó la identidad taxonómica de las especies y sus sinonimias. Con estos datos se determinó la estructura horizontal y vertical, la composición florística, el índice de valor de importancia (IVI) y diversidad arbórea (Shannon-Wiener y Simpson). Además se obtuvo el Incremento en diámetro y altura el cual se obtuvo tomando una segunda medición de diámetro y altura de todos los individuos inventariados un año antes (primera medición junio 2016, segunda julio 2017). Conjuntamente se determinó la dinámica, para realizar las evaluaciones de esta se delimitaron sitios en con forma rectangular de 2.5 m de ancho por 10 m de largo, subdivididos en cuadrantes de 0.5 m, siempre con una orientación de oeste a este partiendo del centro del sitio de muestreo. Los individuos considerados como regeneración debían ser  $\leq 30$  cm de altura. Finalmente se determinó la fenología de cuatro especies de importancia en el Bosque Tropical Caducifolio: Copal manso (*Bursera copallifera*); Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*); Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite "o" Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*), la metodología consistió en la observación bimestralmente del estado fenológico en que se encontraban las especies seleccionadas. Los estados fenológicos a evaluar fueron: Reposo, Vegetativo, Floración, Fructificación y Semillación.

**Palabras Clave:** Bosque Tropical Caducifolio, Shannon-Wiener y Simpson, fenología.

# STRUCTURE, GROWTH AND DYNAMICS OF THE TROPICAL DECIDUOUS FOREST IN EJIDO EL LIMÓN, MORELOS

Miguel Ángel Sánchez Hernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2018

## ABSTRACT

This work consists of five chapters which objectives to determine the structure, growth and dynamics of the Lower Caducifolia Forest (SBC) or also known as Tropical Deciduous Forest (TDF) in the Ejido el Limón de Cuauchichinola, Morelos. For this purpose, an inventory was made in 34 sites of 500 m<sup>2</sup> in which data such as the diameter at the height of 1.30 m (Diameter at Breast Height (DBH)) were taken into account only individuals with a diameter  $\geq 10$  cm, the total height of these, also verified the taxonomic identity of the species and their synonymies. With these data, the horizontal and vertical structure, floristic composition, importance value index (IVI) and tree diversity (Shannon-Wiener and Simpson) were determined. In addition, the increase in diameter and height was obtained, which was obtained by taking a second measurement of diameter and height of all the individuals inventoried one year before (first measurement June 2016, second July 2017). Jointly the dynamics were determined to perform the evaluations of this were delimited sites in rectangular shape of 2.5 m wide by 10 m long, subdivided into quadrants of 0.5 m, always with an orientation from west to east starting from the center of the site Of sampling. Individuals considered as regeneration should be  $\leq 30$  cm tall. Finally, the phenology of four important species in the Deciduous Tropical Forest: Copal manso (*Bursera copallifera*); Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*); Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite "or" Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*), the methodology consisted in the bimonthly observation of the phenological state in which the selected species were found. The phenological stages to be evaluated were: Rest, Vegetative, Flowering, Fructification and Seeding.

**keywords:** Tropical Forest Caducifolio, Shannon-Wiener and Simpson, phenology.

## **DEDICATORIA**

*Brindo esta tesis:*

*A toda mi familia y con especial afecto a mi esposa.*

*... a ti querida esposa Martha Garay Hernández de quien en todo momento recibí tus palabras de aliento y apoyo incondicional para terminar con éxito mis estudios doctorales.*

*... con amor a mi madre y hermanos muy en especial a la memoria de mi hermano Francisco.*

## AGRADECIMIENTO

*Expreso mi más alto y sincero agradecimiento:*

*Al Colegio de Postgraduados, Institución que por medio de su Campus Montecillo me recibió y formó en mis estudios de doctorado en su Postgrado en Ciencias Forestales.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme un apoyo económico mediante una beca para realizar mis estudios y formación doctoral.*

*Al Dr. Aurelio Manuel Fierros González quien como mi Consejero y Director de mi tesis doctoral se condujo en todo momento con alta responsabilidad, ética y profesionalismo, además de distinguirme con su fraternal amistad y apoyo solidario.*

*A los integrantes de mi Consejo Particular, Dr. Alejandro Velázquez Martínez, Dr. Héctor Manuel De los Santos Posadas, Dr. Arnulfo Aldrete y Dr. Enrique Cortés Díaz, quienes se ocuparon, comprometieron y apoyaron para concluir satisfactoriamente el presente trabajo de investigación de tesis doctoral.*

*A todas aquellas personas que directa e indirectamente colaboraron y contribuyeron a la culminación de mis estudios doctorales y de mi investigación de tesis doctoral.*

## CONTENIDO

RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
Generalidades.....	1
Estructura forestal.....	3
Diversidad en el BTC .....	4
Crecimiento forestal .....	7
Dinámica de la regeneración .....	9
Fenología de especies del BTC .....	10
Características de las especies a estudiar.....	11
Literatura citada .....	14
CAPÍTULO I. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ÁRBOLES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN TEPALCINGO, MORELOS.....	19
1.1. Resumen.....	19
1.2. Abstract.....	20
1.3. Introducción.....	21
1.4. Materiales y métodos .....	22
1.5. Resultados y Discusión.....	32
1.6. Conclusiones.....	39
1.7. Literatura citada .....	41
CAPÍTULO II. CRECIMIENTO DE ÁRBOLES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN TEPALCINGO, MORELOS .....	45
2.1. Resumen.....	45
2.2. Abstract.....	46
2.3. Introducción.....	47
2.4. Materiales y métodos .....	48
2.5. Resultados y Discusión.....	51
2.6. Conclusiones.....	57



2.7. Literatura Citada.....	58
CAPÍTULO III. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN DE ESPECIES	
FORESTALES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO.....	62
3.1. Resumen.....	62
3.2. Abstract.....	63
3.3. Introducción.....	64
3.4. Materiales y métodos.....	65
3.5. Resultados y Discusión.....	69
3.6. Conclusiones.....	73
3.7. Literatura Citada.....	74
CAPÍTULO IV. FENOLOGÍA DE CUATRO ESPECIES FORESTALES EN EL	
BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO.....	76
4.1. Resumen.....	76
4.2. Abstract.....	77
4.3. Introducción.....	78
4.4. Materiales y métodos.....	79
4.5. Resultados y Discusión.....	81
4.6. Conclusiones.....	88
4.7. Literatura Citada.....	89
CONCLUSIONES GENERALES.....	91

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Valores de los atributos estructurales y de diversidad en los 34 sitios de 500 m <sup>2</sup> del Bosque Tropical Caducifolio en el Ejido El Limón, Morelos. ....	34
Cuadro 1.2. Familias con los valores más altos en número de especies e individuos. El subtotal representa la contribución de estas familias, así como su porcentaje con respecto al total. ....	35
Cuadro 1.3. Valores de dominancia, densidad y frecuencia relativas e Índice de importancia (especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) en el Ejido El Limón. ....	37
Cuadro 1.4. <i>Valores de los índices de diversidad en los 34 sitios de 500 m<sup>2</sup> del Bosque Tropical Caducifolio en el Ejido El Limón, Morelos. ....</i>	39
Cuadro 2.1. <i>Promedios de altura y diámetro e incrementos anuales de las cuatro especies de interés y en general del bosque tropical caducifolio en El Ejido el Limón.....</i>	52
Cuadro 2.2. <i>Promedios de área basal y volumen, e incrementos anuales de las cuatro especies de interés y en general del bosque tropical caducifolio en El Ejido el Limón.....</i>	52
Cuadro 3.1. <i>Promedios de sobrevivencia de las especies estudiadas en el ejido El Limón.....</i>	70
Cuadro 4.1. Lista de especies y número de individuos por especie evaluadas en el monitoreo fenológico de árboles del Bosque Tropical Caducifolio, en El Ejido el Limón, Municipio de Tepalcingo Morelos.....	82
Cuadro 4.2. <i>Estados fenológico bimestral de junio 2016 a julio 2017 de <i>Bursera copallifera</i> del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón. ....</i>	83

*Cuadro 4.3. Estados fenológico bimestral de junio 2016 a julio 2017 de Eysenhardtia polystachya del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón. .... 84*

*Cuadro 4.4. Estados fenológicobimestral de junio 2016 a julio 2017 de Acacia bilimekii del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón..... 85*

*Cuadro 4.5. Estados fenológicobimestral de junio 2016 a julio 2017 de Lysiloma divaricata del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón. .... 87*

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa. Tomado de Moreno, 2001.</i> .....	5
<i>Figura 1.1. Ejido El Limón, Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos.</i> ....	22
<i>Figura 1.2. Ubicación de los 34 sitios de muestreo en el Ejido El Limón.</i> .....	26
<i>Figura 1.3. Identificación de parcelas y numeración de los árboles.</i> .....	27
<i>Figura 1.4. Medición de alturas y proyección de copa.</i> .....	28
<i>Figura 1.5. Distribución diamétrica del componente arbóreo en el Ejido El Limón.</i> .....	32
<i>Figura 1.6. Estratificación vertical del componente arbóreo en el Ejido El Limón.</i> .....	33
<i>Figura 2.1. Cuadrantes en sitio de muestreo.</i> .....	49
<i>Figura 2.2. Porcentaje de incremento volumétrico por especie en el BTC del ejido El Limón en Tepalcingo Morelos.</i> .....	54
<i>Figura 3.1. Los sitios en color rojo se utilizaron para evaluar la dinámica.</i> .....	65
<i>Figura 3.2. Cuadrante para evaluar la dinámica de la regeneración.</i> .....	66
<i>Figura 3.3. Delimitación de los sitios para toma de datos de dinámica.</i> .....	67
<i>Figura 3.4. Conteo de individuos <math>\leq 30</math> cm de altura (brinzal).</i> .....	67
<i>Figura 3.5. Distribución porcentual de las especies localizadas.</i> .....	69
<i>Figura 3.6. Distribución porcentual de las especies en relación a la altura.</i> .....	70

<i>Figura 3.7. Crecimiento por especie y categoría de altura. ....</i>	71
<i>Figura 3.8. <b>A</b> Distribución porcentual de las especies incorporadas. <b>B</b> Distribución porcentual de los nuevos individuos con relación a su altura. ....</i>	72
<i>Figura 4.1. Sitios en color rojo es donde se localizan los individuos monitoreados para la determinación de las etapas fenológicas. ....</i>	80
<i>Figura 4.2. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para <i>Bursera copallifera</i>, descrito aplicando la metodología de Fournier (1974). ....</i>	83
<i>Figura 4.3. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para <i>Eysenhardtia polystachya</i> descrito aplicando la metodología de Fournier (1974). ....</i>	84
<i>Figura 4.4. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para <i>Acacia bilimekii</i> descrito aplicando la metodología de Fournier (1974). ....</i>	85
<i>Figura 4.5. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para <i>Lysiloma divaricata</i> descrito aplicando la metodología de Fournier (1974). ....</i>	87

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### Generalidades

El Bosque Tropical Caducifolio (BTC) “o” Selva Baja Caducifolia (SBC), se incluye bajo esta denominación, un conjunto de bosques propios de regiones de clima cálido y dominados por especies arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año durante un lapso variable, pero que por lo general oscila alrededor de seis meses (Gaston, 2000; Bawa *et al.*, 2004).

Estos ecosistemas concentran una gran diversidad de especies vegetales y aportan numerosos servicios y beneficios al hombre. Este hecho explica el surgimiento de importantes civilizaciones en dichas regiones. Los bosques tropicales secos representan una reserva de recursos genéticos arbóreos y arbustivos, ya que albergan un gran número de especies nativas de utilidad, como las maderables, las medicinales y las comestibles (Couttolenc *et al.*, 2005).

En la actualidad el BTC “o” SBC ha sido objeto de un fuerte cambio en el uso del suelo; se considera el ecosistema más perturbado a escala global y, en América Latina, concentra las densidades de población más altas. En México, el BTC presenta alta diversidad y 60 % de sus especies son endémicas del país. Originalmente cubrió el 17 % del territorio nacional; sin embargo, actualmente se estima que la deforestación, debida al cambio de uso del suelo, ha reducido cerca del 40% de su distribución natural (Bawa *et al.*, 2004).

El estudio de la vegetación brinda mucha información del estado de perturbación o de conservación en el cual se encuentra un lugar determinado, ya que en cada etapa sucesional se registran cambios en la biomasa, la productividad y la composición de especies (Hartter *et al.*, 2008).

La composición de formas de vida presentes en una comunidad también es importante como indicador de los efectos del disturbio. En los BTC se ha observado que en sitios más perturbados, la abundancia de arbustos se incrementa, mientras que en los bosques conservados predominan los árboles (Dunphy *et al.*, 2000; Trejo y Dirzo, 2000).

Es importante mencionar la capacidad de algunas de las especies arbóreas del BTC para rebrotar después de ser cortadas, por lo cual es común la presencia de numerosos tallos en un individuo, pudiendo ser un indicador de perturbación (Dunphy *et al.*, 2000; Rendón-Carmona *et al.*, 2009). Por lo anterior, es importante conocer el estado de conservación o perturbación que guardan este ecosistema.

Latinoamérica es el área con mayor riqueza de especies en el mundo con cerca de 120 mil especies de plantas con flores (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010), pero la que presenta a su vez el mayor grado de perturbación de sus ecosistemas naturales: 60-65% de la deforestación total mundial.

De manera similar, México, Brasil, Colombia e Indonesia se encuentran en los primeros lugares de riqueza de especies en el planeta, la cual existe principalmente en sus bosques tropicales (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007); sin embargo, entre 1976 y 2000 la tasa de pérdida de estos bosques fue 0.76% por año.

Debido a su cercanía con el mayor núcleo de población del país, el Estado de Morelos ha recibido una presión considerable sobre sus recursos forestales, los ecosistemas que están siendo impactados son: El Bosque Tropical Caducifolio (BTC) y el Bosque Templado de Coníferas y Latifoliadas.

En la zona sur del estado se localiza el macizo de BTC más importante de la entidad, que incluye la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), y en ella se concentra la mayor diversidad de especies arbóreas de Morelos.

El decreto de áreas naturales protegidas no garantiza la conservación efectiva cuando se trata de áreas pobladas por comunidades rurales. Los pobladores de la reserva tienen una relación estrecha con las especies locales, y en algunos casos dependen directamente del entorno para su sobrevivencia: alimentación, materiales para construcción, plantas medicinales, combustibles, áreas de cultivo y de pastoreo, entre otros. En la REBIOSH se usan más de 640 especies diferentes de plantas para los fines mencionados (CONANP 2005).

## **Estructura forestal**

La caracterización de la estructura de ecosistemas forestales constituye una condición para tomar decisiones sobre el manejo de sus recursos, tanto en localidades de bajo aprovechamiento, como en áreas naturales protegidas, donde pueden observarse procesos de sucesión natural que permiten el establecimiento de rodales tipo como norma de conducción de acciones de manejo. Tales áreas son especialmente importantes para la investigación de la estructura y el desarrollo de diferentes ecosistemas (Aguirre, 2003).

La estructura de un ecosistema forestal se define básicamente por el tipo, número, ordenamiento espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen (Aguirre, 2003).

La descripción tradicional de tales ecosistemas comprende normalmente, junto a variables medibles como área basal, diámetro y altura, una serie de variables categóricas que describen de manera cualitativa la estructura de los mismos, mediante conceptos subjetivos dependientes de la persona que realiza el análisis y que, por tanto, no son reproducibles (Pommerening, 2002).

La caracterización estructural de los bosques naturales son herramientas esenciales en el manejo forestal sustentable. La estructura (espacial y dimensional) de las comunidades forestales es un buen indicador de la diversidad del sistema y es modificable por las prácticas silvícolas (Pretsch, 1999; Del Rio-Montes *et al.*, 2003) y puede ser descrita desde varias perspectivas.

La justificación de la estructuración ecológica radica en que bosques de conformaciones complejas proveen mejores hábitats para la fauna silvestre (Pommerening, 2000 y 2002). Como consecuencia de la diversidad estructural y espacial de los bosques, debido a la presencia-ausencia de especies a escalas espaciales cortas, es altamente probable que también se manifiesten variabilidades hidrológicas, edafológicas y microclimáticas en los sitios (Brokaw y Lent, 1999).



## Diversidad en el BTC

Uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial en esta década es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat) (Moreno 2001).

La biodiversidad o diversidad biológica se define como “la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los bosques tropicales, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” (UNEP, 1992). La diversidad biológica representa un tema central de la teoría ecológica y ha sido objeto de amplio debate (Magurran, 1988).

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores: el número de especies presente y el número de individuos dentro de las especies. Entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una), consideraríamos más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos, entre especies. La mayoría de los ecólogos han coincidido en que la diversidad de especies debe ser distinguida en al menos tres niveles: La diversidad local o diversidad alfa ( $\alpha$ ), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad Beta ( $\beta$ ) y la diversidad regional o diversidad gamma ( $\gamma$ ) (Smith y Smith, 2001).

### Diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, se dividen en dos grandes grupos (Figura 1). Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) y 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie;

abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, entre otras (Moreno, 2001).

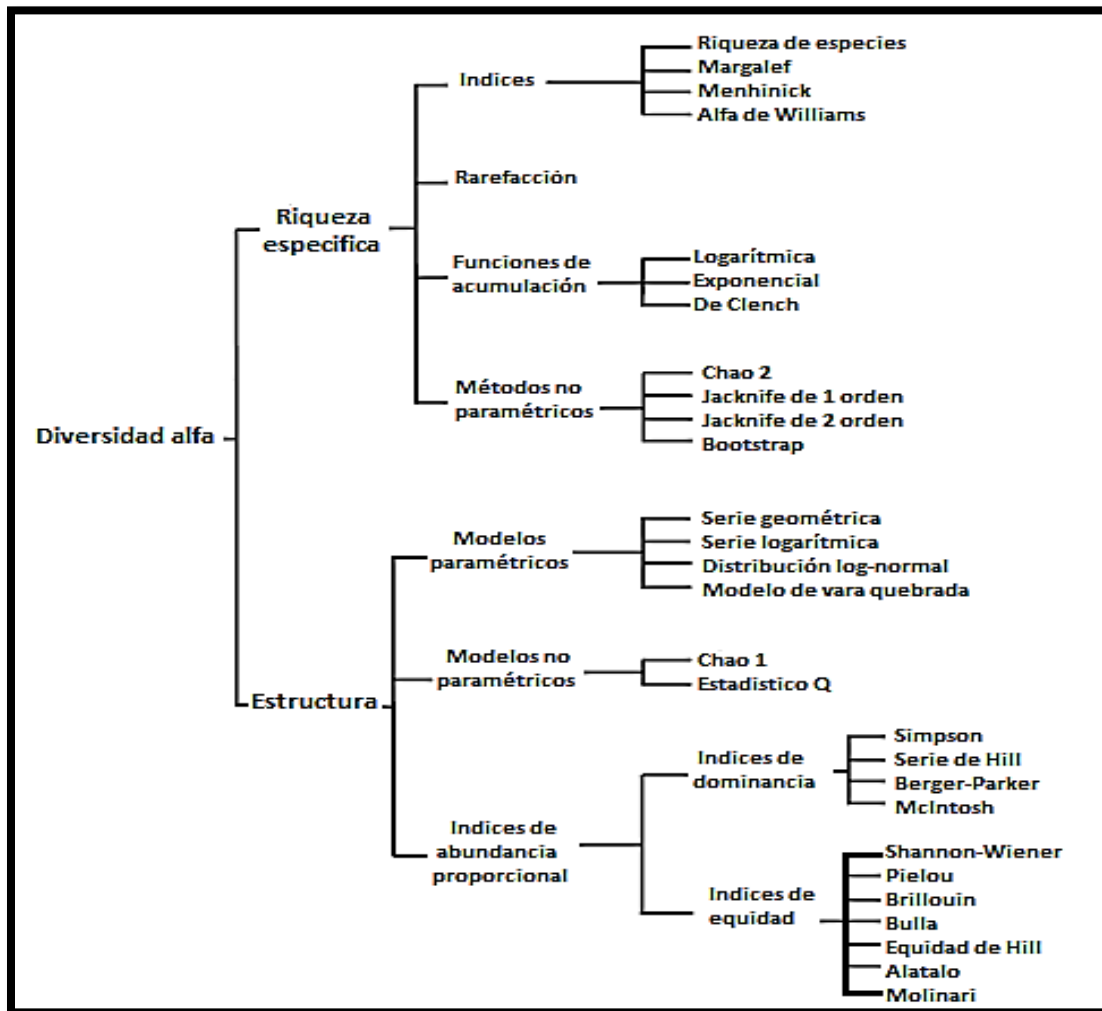


Figura 1. Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa. Tomado de Moreno, 2001.

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea. La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad alfa dentro de las comunidades (Moreno, 2001).

La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo.

## Riqueza específica

La medición de la riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad ya que solo se basa en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia; el índice que se utiliza para medir la riqueza específica es el índice de Margalef, el cual transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 2004).

El Índice de Margalef, indica que valores inferiores a 2.0 son relacionados con zonas de baja diversidad y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1977).

## Índice de Simpson

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. El Índice de Simpson es considerado como uno de los más apropiados cuando la dominancia de la comunidad corresponde a una o pocas especies (Magurran, 2004).

Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que permite medir la riqueza de organismos. A medida que el índice incrementa, la diversidad decrece.

Entre más se acerque el valor a uno (1), la diversidad disminuye. Estima también si en un área determinada hay especies muy dominantes; al sumar términos al cuadrado le da importancia a las especies muy abundantes y por tanto la dominancia dará una cifra alta, cercana a uno que es el valor máximo (Orellana, 2009). Es útil para el monitoreo ambiental, para medir la variación de las especies más abundantes por alguna perturbación (Ñique, 2010).

## Índice de Shannon-Wiener

Este índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Siendo este un sistema con un número finito de individuos y de categorías (especies); sin restricciones en cuanto al número de especies ni de individuos por categoría (especie), equivale a la incertidumbre acerca de la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de  $N$  elementos distribuidos en categorías, sin importar el número de elementos por categoría ni el número de categorías. Dicha incertidumbre aumenta con el número de categorías (riqueza) y disminuye cuando la mayoría de los elementos pertenecen a una categoría (Moreno, 2001).

Se representa como “ $H$ ” y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 (uno) y 5 (cinco). Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio (Moreno, 2001). Ñique (2010) menciona que los valores que se obtienen en este índice generalmente están entre 1.5-3.5 y rara vez sobrepasa a 4.5.

Así pues, este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

## **Crecimiento forestal**

Los estudios del crecimiento de los árboles y masas forestales son una herramienta de gran utilidad en la toma de decisiones sobre tratamientos silvícolas y aprovechamiento de los bosques, además facilita la cuantificación de sus respuestas (Cuevas *et al.*, 1992).

El crecimiento de un bosque depende de un sinnúmero de variables; dada la imposibilidad práctica y económica de considerar a todas las variables, se usan

pequeños grupos de indicadores que reflejan en forma genérica los elementos que contribuyen al crecimiento de un rodal (Torres y Magaña, 2001).

El crecimiento en un árbol o masa forestal es el desarrollo en altura, diámetro y volumen, a estas analizadas en un periodo determinado, se le llama incremento. El incremento corriente anual es el crecimiento que logra un árbol o masa forestal en el curso de un año; el incremento medio anual es el promedio anual del incremento total, se obtiene dividiendo las dimensiones de un árbol o masa forestal entre su edad (Klepac, 1983).

Si se analiza el crecimiento medio en diámetro en función de la edad, se puede observar un crecimiento rápido en los primeros años, seguido de una reducción gradual del crecimiento (Inturre y Araujo, 2006). Sin embargo, esta tendencia puede ser diferente en rodales manejados y no manejados; el crecimiento en altura es más uniforme, la variación de alturas depende de la posición de cada individuo, según la cual se le puede clasificar como dominante, codominante, intermedio y suprimido; el crecimiento en altura culmina antes que el crecimiento en diámetro; el crecimiento en área basal se analiza en investigaciones comparativas de diferentes especies o del crecimiento de los rodales en diferentes sitios; el crecimiento en volumen en relación con la edad, tiene la típica forma sigmoide; durante los primeros años la producción en volumen es lenta, luego la tasa de crecimiento se incrementa hasta un máximo y finalmente decrece.

Una de las metodologías para conocer el crecimiento de los árboles individuales se puede obtener con la medición directa de árboles en diferentes momento y condiciones (Torres y Magaña, 2001).

En cuanto a las evaluaciones para conocer con precisión la cantidad disponible de volumen maderable en un bosque, su distribución espacial, el estado actual y su potencial productivo son indispensables para la planeación y manejo de los bosques. Esto es posible mediante la ejecución de un inventario forestal que para efectos de manejo operativo debe ser específico. Las principales variables a cuantificar con el inventario en términos de totales y promedios por unidad de superficie son el volumen, el área basal y el número de árboles.

Cuando la inferencia sobre la población se hace a partir de una muestra con el apoyo de estimadores de muestreo se obtienen estimaciones confiables y científicamente defendibles (Schreuder *et al.*, 2004).

Sin embargo, en la cuantificación de las existencias maderables es necesario contar con una estrategia de muestreo que combine el procedimiento para seleccionar la muestra con el de estimación de los parámetros de la población (Gregoire y Valentine, 2008). La estrategia se considera eficiente cuando se alcanza un balance entre los recursos financieros disponibles y la precisión requerida, lográndose optimizar el tamaño de muestra al reducirlo al mínimo con la consecuente ventaja de disminuir tanto el tiempo como los costos por la toma de la información en campo, sin perder confiabilidad y precisión estadística.

### **Dinámica de la regeneración**

La dinámica poblacional de los bosques se encuentra moldeada por una gran cantidad de factores y procesos tanto bióticos como abióticos. Entre los abióticos se pueden citar el clima, los nutrientes y la fragmentación del hábitat. Entre los bióticos se deben considerar la fenología, los sistemas reproductivos, la polinización, la dispersión de semillas, la dinámica del banco de semillas, la germinación, el establecimiento, la sobrevivencia, la competencia y la depredación Rey y Alcántara, 2000; Bleher y Böhning-Gaese, 2001; Traveset, 2002; Traveset *et al.*, 2003; Gulias *et al.*, 2004).

Varios autores concuerdan en que independientemente del ambiente, la dispersión de semillas, la germinación y el establecimiento, son los procesos más importantes en la dinámica poblacional (Levin & Muller-Landau, 2000; Dalling *et al.*, 2001).

En los BTC como el de la REBIOSH, la precipitación suele ser muy baja e impredecible, los suelos presentan temperaturas muy altas y un bajo contenido de agua (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Van Rheede y Van Rooyen, 1999), en tales condiciones ambientales, se considera que el establecimiento es el principal mecanismo modelador de la estructura de las comunidades de plantas (Valiente-Banuet, 1991) y la dispersión biótica de semillas adquiere un papel secundario, pero importante dependiendo de las especies (Nogales *et al.*, 2005; Spiegel y Nathan, 2007).

## Fenología de especies del BTC

La fenología comprende el estudio de los eventos biológicos calificables y/o cuantificables que ocurren cíclicamente a lo largo de la vida de los árboles, los cuales están determinados por un conjunto de factores climáticos, edáficos y bióticos (Borchert, 1983, Gómez-Restrepo, 2010-2011 y Schwartz, 2003). El rebrote de nuevas hojas, la floración, fructificación y caída del follaje durante diferentes estaciones, son ejemplos de eventos fenológicos (Schwartz, 2003).

Cada evento fenológico (fenofase), comprende fenómenos reproductivos, vegetativos y de crecimiento de las plantas, que se registran por observaciones que se pueden asociar a un alto número de factores causales bióticos y abióticos (climáticos, edáficos, geográficos, entre los más dominantes), que varían en grados de elaboración y complejidad (Gómez-Restrepo, 2010-2011).

Los árboles están expuestos estacionalmente a cambios regulares y periódicos en la calidad y abundancia de los recursos, los cuales juegan un papel solos o combinados, en la activación de los cambios fenológicos en las especies tropicales (Lieberman, 1982). Específicamente, para los árboles del Bosques Tropical Caducifolio, se ha relacionado la producción o abscisión de hojas con cambios de ciertos factores abióticos tales como la cantidad de agua almacenada, la variación estacional de las lluvias, la temperatura, el fotoperiodo, la irradiación u otros eventos climáticos esporádicos (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003).

Estos cambios estacionales, pueden generar fluctuaciones en la frecuencia y abundancia de polinizadores, agentes dispersores de semillas, depredadores y competidores (Lieberman 1982), los cuales son considerados reguladores de la intensidad y duración de la producción de hojas y flores (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003). En este sentido, Van Vliet y Schwartz (2002) argumentaron que la comprensión de los patrones fenológicos puede ayudar a predecir las respuestas específicas de las comunidades al cambio climático global.

Desde este panorama, existe actualmente gran interés en conocer la biología reproductiva de especies de árboles nativos de los bosques secos tropicales para dirigir y fortalecer planes de manejo y conservación.

### **Características de las especies a estudiar**

Aunque algunas partes del estudio, como la estructura, el crecimiento y la diversidad arbórea que se realizará para toda el área de estudio, la dinámica de la regeneración y la fenología, sólo se observarán sobre las cinco especies que se describen a continuación, por considerarlas de mayor importancia económica.

#### **Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*)**

Árbol o arbusto de la familia *Leguminosae*, la cual es típica del bosque tropical caducifolio; su altura oscila entre 3 y 8 m y su diámetro promedio es de 3 a 10 cm. Esta especie, tiene la capacidad de fijar Nitrógeno. La semilla tiene la testa delgada y permeable al agua (Boyás *et al.*, 2001).

En el Estado de Morelos, predomina en las áreas en donde el clima es cálido subhúmedo, en un rango de altitud de 1,100 a 1,400 m, cuya precipitación promedio anual oscila entre 776 a 880 mm; en que el intervalo de temperatura es de 14.3°C a 29.3°C. Los suelos en los que predomina el Palo dulce son de origen ígneo o calizo, someros y delgados (Feozem) y su topografía es irregular (Boyás *et al.*, 2001).

De acuerdo con el Diagnóstico Forestal del Estado de Morelos-DFM- (Boyás *et al.*, 2001), el Palo dulce reportó la mayor importancia por su aprovechamiento intensivo para la obtención de postes para cercas, construcción y leña. Esta especie también está reportada como de uso forrajero, medicinal, para tutores y para la fabricación de implementos agrícolas.

Debido a sus múltiples usos, el Palo dulce corre el riesgo de desaparecer del panorama florístico de Morelos; a la fecha sólo persisten algunos árboles/arbustos en zonas muy accidentadas; de esto se deriva la difícil localización de ejemplares adultos, para colectar sus semillas. Actualmente la densidad de población del palo dulce es muy baja, por lo



cual se considera que su propagación es urgente y de gran importancia (Boyás *et al.*, 2001).

#### Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*)

El Tecolhuixtle pertenece también a la familia *Leguminosae* y se caracteriza por ser una especie secundaria del bosque tropical caducifolio. Árbol o arbusto cuya altura puede ser de 2 a 10 m y su diámetro suele alcanzar hasta 40 cm. También tiene la capacidad de fijar Nitrógeno. En el Estado de Morelos, el Tecolhuixtle se localiza en las áreas de clima cálido subhúmedo, en las cuales la precipitación oscila de 776 a 880 mm, a una altitud de 1,050 a 1,200 msnm, cuya temperatura va de 15.2 a 30.6°C y en suelos someros con topografía plana a ligeramente irregular (Boyás *et al.*, 2001).

De acuerdo con el DFM, el Tecolhuixtle es una especie de usos múltiples; en Morelos ocupa el tercer lugar de importancia por su aprovechamiento como leña, postes para cercas y construcción. También se reporta para uso forrajero y medicinal; su madera se aprovecha para la elaboración de implementos agrícolas y artesanías; la corteza de sus tallos para la obtención de curtientes (Boyás *et al.*, 2001).

#### Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*)

Esta especie es arbórea o arbustiva y también pertenece a la familia *Leguminosae*, su altura va desde 3 a 18 m y su diámetro puede alcanzar cerca de 1 m. El Tepemezquite “o” Tlahuitol es componente destacado del BTC en varias entidades de la República Mexicana y, en el Estado de Morelos es una de las especies más abundantes. Se caracteriza por su diversidad de usos; ocupa el 5° lugar en importancia por su aprovechamiento como combustible, postes para cercas y construcción; también se utiliza como forraje, para la obtención de curtientes, varas como tutores y la elaboración de mangos para implementos agrícolas (Boyás *et al.*, 2001).

En el Estado de Morelos el Tepemezquite “o” Tlahuitol se localiza en clima cálido subhúmedo, con una precipitación promedio anual que oscila de 776 a 880 mm, a la altitud de 1,150 a 1,400 m, en suelos tipo Feozem y Rendzina de origen ígneo o calizo y topografía accidentada (Boyás *et al.*, 2001).

### Copal manso (*Bursera copallifera*)

En México se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca. Los árboles llegan a medir hasta 7 m de altura; de 20 a 40 cm de diámetro. La corteza es de color café rojizo a grisácea, resinosa y aromática, en árboles adultos escamosa. Las hojas son imparipinadas, compuestas de 17 a 19 folíolos, con un raquis alado densamente pubescente. El haz presenta una superficie ampulosa verde oscura y el envés es de color amarillento (Andrés-Hernández, 2001).

Según Velázquez (2011), el periodo de floración es de mayo a julio y la fase de maduración de los frutos comienza en diciembre y termina en febrero.

## Literatura citada

- Aguirre, C. O. A., P. J. Jiménez, H. Kramer, y A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México, *Ciencia UANL*. 6(2):219-225.
- Andrés-Hernández, A. R. 2001. Análisis y descripción de estructuras foliares de especies del género *Bursera* Jacq. ex L. que se distribuyen en la Cuenca de Río Balsas. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 86 p.
- Bawa, K., W. Kress, and N. Nadkarni. 2004. Beyond paradise-meeting the challenges in tropical biology in the 21<sup>st</sup> century. *Biotropica* 36:276-284.
- Bleher, B., and K. Böhning-Gaese. 2001. Consequences of frugivore diversity for seed dispersal, seedling establishment and the spatial pattern of seedlings and trees. *Oecologia* 129:385-394.
- Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*, 15 (2): 81-89.
- Brokaw, N., and R. Lent. 1999. Vertical structure. In: Hunter, M. L., Editor. *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. pp 373–399
- Boyás Delgado, J. C., M. A. Cervantes Sánchez, J. M. Javelly Gurria, M. M. Linares Ávila, F. Solares Arenas, R. M. Soto Estrada., I. Naufal Tuena, y L. Sandoval Cruz. 2001. *Diagnóstico Forestal del Estado de Morelos*. SAGAR, INIFAP, CIRCE. 181 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2005. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, México. 204 p.
- Couttolenc, B. E., J. A. Cruz, E. P. Cedillo, y M. A. Musálem. 2005. Uso local y potencial de las especies arbóreas en Camarón de Tejeda, Veracruz. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 11:45-50.

- Cuevas G. X., C. L. Parraguirre, y B. S. Rodríguez. 1992. Modelos de crecimiento para una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King). *Ciencia Forestal en México* 17:88-102.
- Dalling, J. W., S. P. Hubbell, and K. Silvera. 2001. Seed dispersal, seedling establishment and gap partitioning among tropical pioneer trees. *Journal of Ecology* 86:674-689.
- Del Río-Montes, M. F., I. Cañelas, y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria Sistemas y Recursos Forestales* 12:159-176.
- Dunphy, B. K., P. G. Murphy, and A. Lugo. 2000. The tendency for trees to be multiplestemmed in tropical and subtropical dry forests: Studies of Guanica Forest, Puerto Rico. *Tropical Ecology* 41:161-167.
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405:220-227.
- Gómez-Restrepo, M. L. 2010-2011. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. 2 Volúmenes. Medellín: CORANTIOQUIA.
- Gregoire, T. G., and T. H. Valentine 2008. *Sampling Strategies for Natural Resources and the Environment*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL. 474 p.
- Gulias, J., A. Traveset, N. Riera, and M. Mus. 2004. Critical stages in the recruitment process of *Rhamnus alaternus* L. *Annals of Botany* 93: 723-731.
- Hartter, J., C. Lucas, A. Gaughan, and A. Lizama. 2008. Detecting tropical dry forest succession in a shifting cultivation mosaic of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Applied Geography* 28:134–149.
- Inturre, C. M., y P. A. Araujo 2006. Crecimiento y producción del rodal regular. Facultad de ciencias forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 75 p.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. 2ª ed. México. 297p.
- Levin, S. A., and H. C. Muller-Landau. 2000. The evolution of dispersal and seed size in plant communities. *Evolutionary Ecology Research* 2:409-435.

- Lieberman, D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology*, 70 (3):791-806.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford, 256 p.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona. 951 p.
- Martínez-Ramos, M., y X. García-Orth. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80:69-84.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la Biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España, 84 p.
- Nogales, M., C. Nieves, J.C. Illera, D. P. Padilla, and A. Traveset. 2005. Effect of native and alien vertebrate frugivores on seed viability and germination patterns of *Rubia fruticosa* (Rubiaceae) in the eastern Canary Islands. *Functional Ecology* 19:429-436.
- Ñique, M. 2010. *Biodiversidad: clasificación y cuantificación*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Departamento de Ciencias Ambientales. Tingo María, Perú. 18 p.
- Orellana, L. 2009. *Determinación del índice de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del Valle de Sacta*. Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba Bolivia. 57pp.
- Pommerening, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75: 305-324
- Pommerening, A. 2000. Neue Methoden zur räumlichen Reproduktion von Waldbeständen und ihre Bedeutung für forstliche Inventuren und deren Fortschreibung. [New methods of spatial simulation of forest structures and their implications for updating forest inventories.] *Allg. Forst- u. J.-Zeitung* 171:164-169.
- Pretsch, H. 1999. Structural diversity as a result of silvicultural operations. In: *Management of mixed-species forest: Silviculture and economics*. Olsthoorn

- A.F.M., Bartelink, H. H., Gardiner, J. J., Pretzsch, H.; Hekhuis, H. J. y, Franc, A. (Eds.). IBN Scientific Contributions 15:157-174.
- Rendón-Carmona, H., A. Martínez-Yrizar, P. Balvanera, and E. Pérez-Salicrup. 2009. Selective cutting of Woody species in a Mexican tropical dry forest: Incompatibility between use and conservation. *Forest Ecology and Management* 257:567-579.
- Rey, P. J., and J. M. Alcántara. 2000. Recruit dynamics of a fleshy-fruited plant (*Olea europaea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment. *Journal of Ecology* 88:622-633.
- Sánchez-Azofeifa, A., M. E. Kalacska, M. Quesada, K. E. Stoner, J. A. Lobo, and P. Arroyo-Mora. 2003. Tropical dry climates. En: Schwartz M. D., editor. *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 121-137.
- Schreuder, H. T., R. Ernst, and H. M. Ramírez. 2004. Statistical techniques for sampling and monitoring natural resources. Forest Service-USDA. General Technical Report RMRS-GTR-126. 111 p.
- Schwartz, M. D. 2003. Introduction. *In*: Schwartz MD, editor. *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 1-7.
- Smith, R., y T. Smith. 2001. *Ecología*. Cuarta edición. Madrid, España. Pearson Educación, S.A. 642 p.
- Spiegel, O., and R. Nathan. 2007. Incorporating dispersal distance into the disperser effectiveness framework: frugivorous birds provide complementary dispersal to plants in a patchy environment. *Ecology Letters* 10:718-728.
- Traveset, A. 2002. Consecuencias de la ruptura de mutualismos planta-animal para la distribución de especies vegetales en las Islas Baleares. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 117-126.
- Traveset, A., J. Gulias, N. Riera, and M. Mus. 2003. Transition probabilities from pollination to establishment in a rare shrub species (*Rhamnus ludovici-salvatoris*) in two habitats. *Journal of Ecology* 91:427-437.

- Trejo, I., and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94:133-142.
- Torres R. J. M., y O.S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa y Grupo Noriega. México. 472p.
- UNEP. 1992. Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi. 28 p.
- Valiente-Banuet, A. 1991. Dinámica del establecimiento de cactáceas: Patrones generales y consecuencias de los procesos de facilitación por plantas nodriza en desiertos. Tesis de Doctorado. Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del CCH. Centro de Ecología, UNAM. México.
- Valiente-Banuet, A., and E. Ezcurra. 1991. Shade as a Cause of the Association Between the Cactus *Neobuxbaumia Tetetzo* and The nurse plant *Mimosa Luisana* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ecology* 79: 961-971.
- Van Rheedee, K., and M. W. Van Rooyen. 1999. Dispersal biology of desert plants. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 242p.
- Van Vliet, A. J. H., and M. D. Schwartz. 2002. Phenology and climate: the timing of life cycle events as indicators of climate variability and change. *International Journal of Climatology*, 22:1713-1714.
- Velázquez, H. J. 2011. Biología reproductiva de dos especies del género *Bursera* Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México 75 p.
- 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*. 26(1):1-17.

## CAPÍTULO I. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ÁRBOLES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN TEPALCINGO, MORELOS.

### 1.1. Resumen

El Estado de Morelos ha recibido una presión considerable sobre sus recursos forestales debido a su cercanía con el mayor núcleo de población del país, entre los ecosistemas que están siendo más impactados está el Bosque Tropical Caducifolio (BTC). En este trabajo se describe la estructura, riqueza y diversidad de especies de árboles del BTC en el Ejido El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos, México. Se censaron todos los árboles con un diámetro a la altura de 1.30 m (Diámetro Normal (DN))  $\geq 10$  cm existentes dentro de cada uno de los 34 sitios de muestreo establecidos, los cuales fueron parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, ubicados con una separación mínima de 200 m. Estos sitios se localizaron en un plano georreferenciado, lo cual se cotejó en el terreno a través de recorridos con geoposicionador. Las parcelas fueron identificadas con estacas y una zanja en cruz en el centro, para facilitar su localización y remediación. Se registraron 883 individuos, pertenecientes a 50 especies y 20 familias. Según el Índice de Valor de Importancia (IVI), las especies más importantes fueron Tepemezquite o Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*; 61.1), Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*; 28.5), Guayacán blanco (*Conzattia multiflora*; 27.1), Tecolhuixtle (*Mimosa benthami*; 21.5), Copal ancho y (*Bursera copallifera*; 18.03) Los valores obtenidos para los índices de riqueza y diversidad fueron: Margalef, 7.2, Shannon, 2.9 y Simpson, 9.02, lo que indica que el BTC aún conserva gran parte de la riqueza y diversidad de especies leñosas de la zona.

**Palabras clave:** Ejido El Limón de Cuauchichinola, Índice de valor de importancia, índices de diversidad, riqueza y diversidad de especies.



## 1.2. Abstract

The Morelos state has received considerable pressure on their forest resources due to its proximity with the largest population center in the country, among the ecosystems that are being most impacted is the Tropical Deciduous Forest (TDF). This work describes the structure, richness and diversity of tree species of the TDF in the Ejido El Limón of Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos, Mexico. All trees with a diameter at the height of 1.30 m (Normal Diameter (ND)  $\geq$  10 cm existing within each of the 34 sampling sites, which were circular plots of 500 m<sup>2</sup>, located with a minimum separation of 200 m. These sites were located in a georeferenced map, it was compared on the ground through trips by GPS. The plots were identified with stakes and a ditch in cross in the center, to facilitate their location and re-measurement. 883 individuals were registered, belonging to 50 species and 20 families. According to the Importance Value Index (IVI), the most important species were Tepemezquite or Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*; 61.1), Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*; 28.5), Guayacan blanco (*Conzattia multiflora*; 27.1), Tecolhuixtle (*Mimosa benthami*; 21.5)., Copal ancho and (*Bursera copallifera*; 18.03). The values obtained for the indexes of richness and diversity were: Margalef, 7.2, Shannon, 2.9 and Simpson, 9.02, which indicates that the TDF still conserves a large part of the richness and diversity of forest species in the area.

**Key words:** Ejido El Limón de Cuauchichinola, Index value of importance and diversity indexes.

### 1.3. Introducción

Los bosques tropicales cubren solo un 10% de la superficie terrestre, pero tienen una gran importancia ya que capturan y procesan grandes cantidades de carbono y albergan entre la mitad y dos tercios del total de las especies del planeta (Malhi y Grace, 2000). Esta vegetación localizada en las regiones tropicales estacionalmente secas es heterogénea y está influida por una compleja historia ambiental y biogeográfica (Pérez-García *et al.*, 2012).

Latinoamérica es el área con mayor riqueza de especies en el mundo con cerca de 120 mil especies de plantas con flores (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010), pero la que presenta a su vez el mayor grado de destrucción: 60-65% de la deforestación total mundial (FAO, 2007).

México, Brasil, Colombia e Indonesia están en los primeros lugares de riqueza de especies en el planeta, la cual existe principalmente en sus bosques tropicales (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007); sin embargo, entre 1976 y 2000 la tasa de pérdida de estos bosques fue 0.76% por año.

El Estado de Morelos ha recibido una considerable presión sobre sus recursos forestales debido a su cercanía con el mayor núcleo de población del país, entre los ecosistemas que están siendo más impactados están: El Bosque Tropical Caducifolio (BTC) y el bosque templado de coníferas y latifoliadas; ambos con una representatividad amplia a nivel nacional (SAGARPA, 2001).

En la zona sur del estado se localiza el macizo de BTC más importante de la entidad, que incluye la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), y en ella se concentra la mayor biodiversidad del estado. El decreto de áreas naturales protegidas no garantiza la conservación, cuando se trata de áreas pobladas densamente por comunidades rurales. Los pobladores de la reserva tienen una relación estrecha con la biodiversidad local y, en algunos casos, dependen directamente del entorno para su sobrevivencia: alimentación, materiales para construcción, plantas medicinales, combustibles, áreas de cultivo y de pastoreo, entre otros. En la REBIOSH se usan más de 640 especies de plantas para estos fines (CONANP, 2005).

Por lo anterior este estudio tuvo como objetivo describir la estructura, composición y diversidad de especies arbóreas, en el BTC del Ejido El Limón de Cuauchichinola, ubicado en Tepalcingo, Morelos, México (dentro de la REBIOSH). La obtención de esta información contribuirá a un mejor entendimiento de los patrones espaciales y de abundancia de la vegetación y eventualmente a su mejor manejo y aprovechamiento.

#### 1.4. Materiales y métodos

Área de estudio: El estudio se realizó en el ejido El Limón de Cuauchichinola, en Tepalcingo, Morelos, México. Este se encuentra en el sureste del Estado de Morelos, en las coordenadas 18° 32'N y 98° 56'O. Cuenta con una superficie de 4,236 ha de las cuales 1,970 ha son arboladas; se encuentra a una altitud de 1220 m y forma parte de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, que fue decretada en 1999 con carácter federal (Figura 1.1).

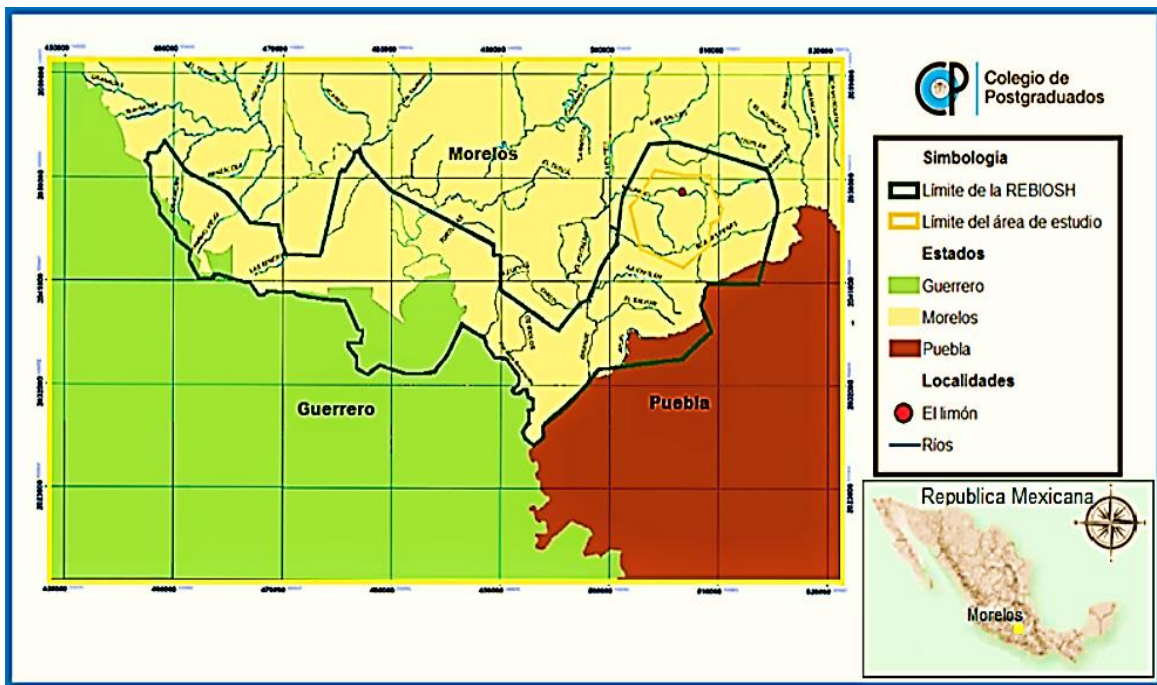


Figura 1.1. Ejido El Limón, Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos.

Clima: La REBIOSH presenta el clima Awo<sup>u</sup>(w)(i)g, que corresponde a un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con un cociente P/T menor de 43.2; régimen de lluvias de verano y canícula; porcentaje de lluvia invernal menor de 5%; isotermal y con una oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C, la

temperatura más alta se presenta en mayo y oscila entre 26 y 27 °C; la marcha de la temperatura es tipo Ganges (García, 2004).

La precipitación promedio es de 900 milímetros anuales, durante el Verano, entre junio y principios de octubre. Las máximas precipitaciones se presentan durante julio y septiembre, pudiendo haber una baja o ausencia de precipitación durante agosto, conocidas como canícula. La precipitación pluvial tiende a presentarse en forma de aguaceros o tormentas. En el mes de julio suelen presentarse chaparrones violentos de hasta 80 mm por la formación de cúmulo nimbus, que a veces son acompañados por granizadas. Estos tienen efectos erosivos importantes en las áreas desmontadas, así como de formación de aguas broncas en las laderas, cañadas y cauces, sobre los cuales se asientan muchas de las comunidades (García, 2004).

## Suelo

De acuerdo con INEGI (1990), los tipos de suelo dominantes en el área de la reserva son los feozem háplicos, regosoles éutricos y litosoles. Estos tres tipos presentan limitantes para la producción agrícola.

Los feozem frecuentemente se asocian con una baja permeabilidad debida a las capas arcillosas en el Horizonte B o con formaciones tepetatosas. Es común encontrarlos en las zonas de los glacis (sitios de transición hacia áreas planas y de alta pedregosidad y rocosidad, derivados de procesos de arrastre de materiales de zonas altas); se localizan también sobre materiales sedimentario-continetales, en las estribaciones de la Sierra Madre del Sur (Sierra de Tilzapotla y Sierra de Huautla), donde predomina el material volcánico (INEGI, 1990).

Los feozem háplicos incluyen suelos con horizontes petrocálcicos (tepetate o duripán) que provocan por su dureza defectos en el riego y el drenaje de los predios, además de dificultar las labores de cultivo. Para corregirlos, se requieren labores de subsuelo profundo, que suelen ser muy costosas; este tipo de suelo se forma en lechos acuáticos antiguos y someros, sujetos a procesos de evaporación intensos (INEGI, 1990).

Los regosoles son suelos residuales, de textura gruesa, con poca diferenciación de horizontes, derivados del intemperismo *in situ* de la roca madre o bien de regolita

producto de acarreo de procesos coluviales y aluvio-coluviales. Poseen limitantes en cuanto a pendiente y pedregosidad; muchas veces se encuentran en el piedemonte de serranías y lomeríos (INEGI, 1990).

Los regosol éutricos son suelos inmaduros de textura gruesa que suelen presentar muy baja retención de humedad y cohesión. Este tipo de suelo se forma por deposición pluvio-fluvial de arenas y gravas, resultantes de la erosión de las montañas y suele ser poco productivo para la agricultura (CONANP, 2006).

Los litosoles son suelos muy someros, con nula diferenciación de horizontes, en donde la roca madre presenta procesos iniciales de intemperización. Son típicos de zonas montañosas con pendiente fuerte y de zonas volcánicas; derivados de material ígneo de extrusión reciente; en su composición interviene más del 70% de materia pétreo derivada de la roca madre y se consideran no aptos para la agricultura (INEGI, 1990).

La erosión de los suelos en esta región es moderada, aunque tiende a ser severa en áreas con vegetación perturbada y agricultura de temporal o en pendientes elevadas mayores del 15% (CONANP, 2006).

### Vegetación

La vegetación predominante en el sitio de estudio es de Bosque Tropical Caducifolio (BTC) (Rzedowski *et al.*, 2004). Se tienen registradas 1031 especies de plantas (CONANP, 2006), de las cuales 354 especies corresponden a árboles y arbustos.

En los arroyos y cañadas se presentan asociaciones compuestas por árboles de talla mayor al promedio de altura del dosel del bosque, con árboles como *Ficus petiolaris*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce*, *Lysiloma divaricata*, *Bursera grandifolia*, y *Euphorbia fulva*, entre las más importantes. Asimismo, destaca la asociación compuesta por cactáceas columnares y candelarifformes, pertenecientes a los géneros *Stenocereus spp*, *Neobouxbauimia spp* y *Myrtillocactus spp*. En las zonas alteradas hay asociaciones secundarias formadas principalmente por arbustos espinosos de la familia Fabaceae, principalmente de los géneros *Acacia spp* y *Mimosa spp* (Vallejo, 2009).

### Parcelas de medición y observación

Estas parcelas se usaron para obtener información que sirvió para cumplir con varios objetivos: determinar el crecimiento de las especies arbóreas, determinar la diversidad arbórea, obtener la estructura vertical y horizontal de la vegetación arbórea, conocer la dinámica de la regeneración natural de las especies y determinar algunos aspectos fenológicos de las cuatro especies seleccionadas (floración, fructificación y producción de semilla).

Tomando en cuenta que la superficie arbolada del ejido 1,970 ha  $\approx$  2,000 ha, es una superficie pequeña, la recomendación general es que deben establecerse al menos 30 sitios; en este caso y con el propósito de incluir la mayor heterogeneidad del componente arbóreo se establecieron 34 sitios; circulares de 500 m<sup>2</sup> ubicados a una separación mínima entre sitios de 200 m, estos sitios se localizaron inicialmente en un plano georreferenciado, lo cual se cotejó en el terreno a través de recorridos con geoposicionador (Figura 1.2).

#### 1.4.1. Estructura arbórea

Para determinar la estructura arbórea se realizó la selección de sitios de muestreo (parcelas) las cuales fueron identificadas con estacas y una zanja en forma de cruz en el centro, para facilitar su localización posterior (Figura 1.3).

Dentro de los 34 sitios que se establecieron se censaron los árboles que presentaron un diámetro  $\geq$  10 cm a una altura de 1.3 m (DAP). A cada individuo se le asignó un número y fueron marcados con etiquetas de aluminio, las cuales fueron sujetadas con clavos, evitando dañar los árboles (Figura 1.3). El DAP, se midió con cinta diamétrica.

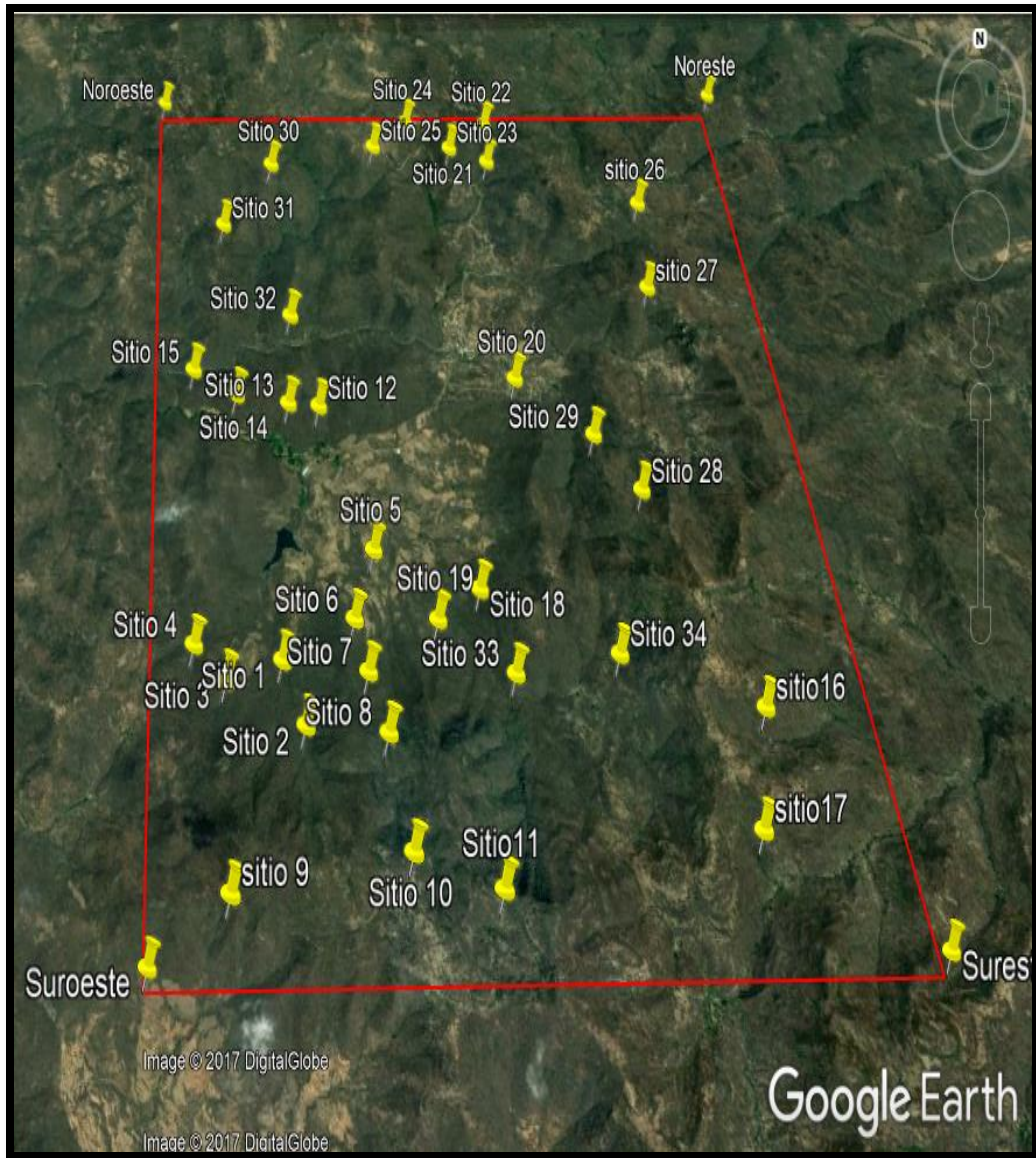


Figura 1.2. Ubicación de los 34 sitios de muestreo en el Ejido El Limón.

#### 1.4.2. Estructura Horizontal y Vertical

La estructura horizontal se describió a partir de la distribución del número de árboles por clase diamétrica (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

La altura se obtuvo con estadal extensible (individuos  $\leq 8$  m) y clinómetro (árboles  $> 8$  m) para la descripción vertical se elaboraron histogramas de frecuencia por categoría de altura (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010; Ugalde-Lezama *et al.*, 2009), (Figura 1.4).



*Figura 1.3. Identificación de parcelas y numeración de los árboles.*

#### 1.4.3. Composición florística

Para la caracterización de las especies forestales presente en los sitios de muestreo se verificó la identidad taxonómica de las especies y sus sinonimias a través de información bibliográfica, recorridos de campo y consulta con especialistas.

#### 1.4.4. Índice de Valor de Importancia (IVI)

Este índice permite determinar la dominancia de las especies y el grado de heterogeneidad del ecosistema. También provee una estimación global de la importancia de una especie en una comunidad determinada.





*Figura 1.4. Medición de alturas y proyección de copa.*

El IVI consiste en la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia y dominancia. Fue desarrollado por Curtis y McIntosh (1951). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{IVI} = \text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

**Dominancia:** una especie es dominante cuando tiene una gran influencia sobre la composición y forma de la comunidad. Son especies de gran éxito ecológico y relativamente abundantes dentro de la comunidad.

La dominancia relativa se obtendrá de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

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

$$AB = \frac{\pi}{4000} * D^2$$

Donde:

AB= Área basal

D= Diámetro del árbol a 1.30 m del suelo en centímetros

**Densidad:** número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad: La densidad relativa se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

**Frecuencia:** es el número de veces que una especie se presenta en una cantidad dada de parcelas o puntos de muestreo. La frecuencia relativa se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}}$$

#### 1.4.5. Riqueza Arbórea Específica

La riqueza específica es un concepto simple de interpretar, que se relaciona con el número de especies presentes en la comunidad. Es un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad sea el 'número total de especies' (S). Sin embargo, es prácticamente imposible enumerar todas las especies de la comunidad, y al depender S del tamaño de la muestra, es limitado como índice comparativo. Los índices propuestos para medir la riqueza de especies, de manera independiente al tamaño de la muestra, se basan en la relación entre S y el 'número total de individuos observados' o (n), que se incrementa con el tamaño de la muestra.

La riqueza de especies ( $D_\alpha$ ) se calculó mediante el Índice de Margalef (1977):

$$D_\alpha = \frac{s - 1}{\log N}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

A mayor valor de  $D_\alpha$  mayor riqueza de especies. Valores inferiores a dos son considerados como zonas de diversidad baja y valores superiores a cinco son indicativos de diversidad alta.

#### 1.4.6. Diversidad arbórea

Por diversidad de especies se entiende la variedad de especies vegetales existentes en una región; en este caso nos concentramos en la diversidad de árboles existentes. Esa diversidad puede medirse de muchas maneras. Generalmente en las evaluaciones

biológicas se usan índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies; los más usados son el de Shannon-Wiener, el de Simpson y el de Margalef.

Distintos autores coinciden en señalar que el índice de diversidad está formado por dos componentes: el número de especies o riqueza de especie y la abundancia o equilibrio de especie.

Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ). Mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de las parcelas. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Los valores que produce están entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de  $S$ , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$$

Donde:

$S$  = número de especies

$P_i$  = proporción de individuos de la especie  $i$

A mayor valor de  $H'$  mayor diversidad de especies.

**Índice de Simpson ( $D$ ).** Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en las parcelas sean de la misma especie.

$$D = \frac{1}{\sum \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)}}$$

Donde:

$n_i$  = número de individuos en la  $i$ ésima especie

$N$  = número total de individuos

A mayor valor de  $S$  menor dominancia de una (o de un grupo) de especie(s).

## 1.5. Resultados y Discusión

### 1.5.1. Estructura arbórea

Se registraron 883 individuos en 1.7 ha (520 individuos  $ha^{-1}$ ). La densidad promedio en los sitios de 500  $m^2$  fue de 26 individuos, con una desviación estándar (DE) de  $\pm 9$  individuos, con intervalo de 13 a 48 individuos (Cuadro 2.1). Estos resultados se ubican dentro de las cifras previamente documentadas para este tipo de vegetación en México. Trejo (2005) reporta una densidad de 545 individuos  $ha^{-1}$ .

### 1.5.2. Estructura Horizontal y Vertical

Para la descripción de la estructura horizontal se obtuvo el promedio del Diámetro el cual fue de  $18.4 \pm 2.6$  cm, y el intervalo osciló entre 10 y 74.3 cm (Cuadro 1.1). Las especies con los valores promedio de Diámetro más sobresalientes fueron *Ficus cotinifolia* (47.4 cm), *Euphorbia fulva* (37.2 cm) y *Bursera schechtendalii* (29.3 cm). De 883 individuos, el 93.6% pertenecen a las dos categorías diamétricas menores (Figura 1.5).

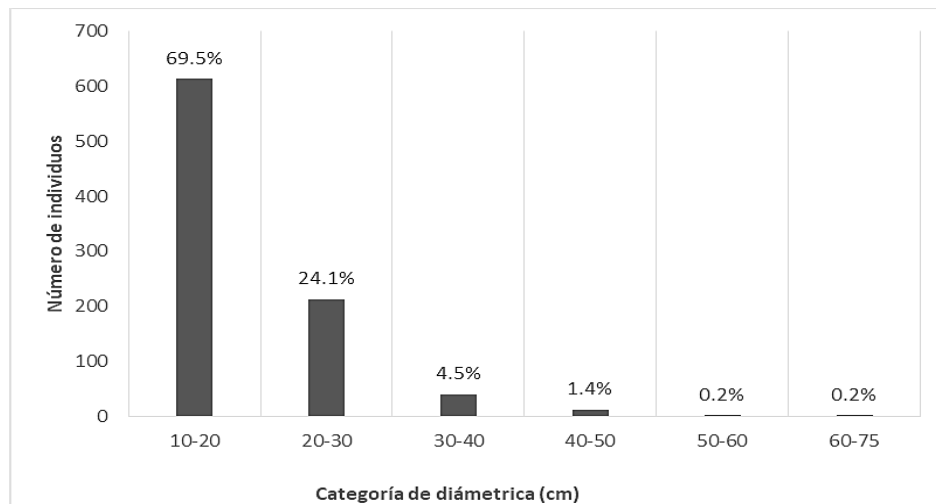


Figura 1.5. Distribución diamétrica del componente arbóreo en el Ejido El Limón.

Para la estructura Vertical se obtuvo la altura promedio en los sitios muestreados fue de  $8.4 \pm 1.9$  m, con un intervalo de 4.1 a 11.2 m (Cuadro 1.1); en el Ejido El Limón, las especies que alcanzaron mayor altura fueron *Conzattia multiflora* y *Lysiloma acapulcensis* (16 m); se lograron diferenciar tres estratos: (Figura 1.6). El estrato inferior estuvo constituido por categorías de 2 a 9 m (64.9% de los individuos), y el estrato intermedio comprendió categorías de 10 a 15 m (34.9%); mientras que el estrato superior se compuso de solo el 0.2% de las especies alcanzaron alturas superiores a 15 m.

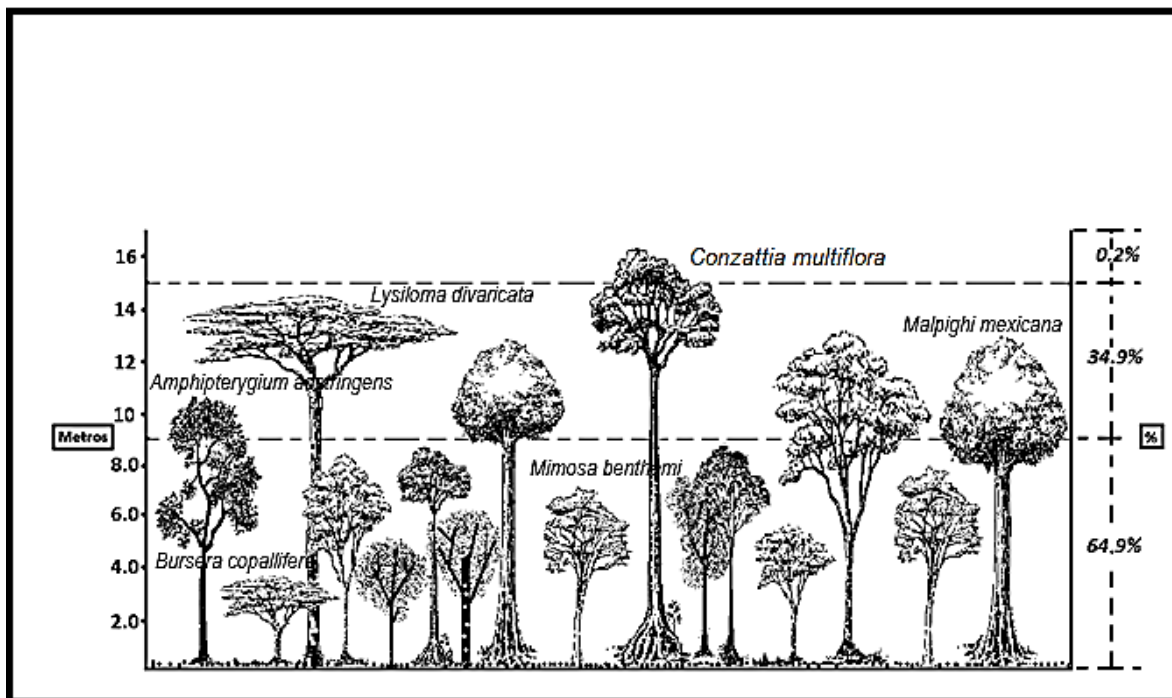


Figura 1.6. Estratificación vertical del componente arbóreo en el Ejido El Limón.

La altura promedio registrada en el área de estudio fue de 8.4 m que al comparar con otros estudios resulta superior, a la que obtuvieron Méndez-Toribio *et al.*, (2014) que fue 4.6 m. También resultó superior a la que se obtuvo en Cerro Verde, Oaxaca 4.1 m, (Gallardo-Cruz *et al.*, 2005), y más parecida a los 6 y 8 m registrados en distintas localidades de México (Martínez-Yrizar *et al.*, 1996; Salas-Morales, 2002; Segura *et al.*, 2002; Gallardo-Cruz *et al.*, 2005; Durán *et al.*, 2006; Álvarez-Yépiz *et al.*, 2008) e islas del Caribe (Murphy y Lugo, 1986; McLaren *et al.*, 2005).

Cuadro 1.1. Valores de los atributos estructurales y de diversidad en los 34 sitios de 500 m<sup>2</sup> del Bosque Tropical Caducifolio en el Ejido El Limón, Morelos.

Sitio (No.)	Densidad (Individuos)	Área basal (m <sup>2</sup> )	DN (cm)	Altura (m)
1	22	0.041	21.5	10.0
2	21	0.045	21.1	8.4
3	23	0.042	19.7	9.5
4	28	0.019	14.8	8.3
5	16	0.027	16.9	7.1
6	33	0.025	17.3	6.2
7	26	0.023	15.8	4.1
8	14	0.023	15.5	6.1
9	32	0.031	17.9	6.5
10	23	0.014	12.9	4.5
11	17	0.041	21.4	7.2
12	31	0.034	19.6	10.0
13	37	0.028	17.8	9.7
14	19	0.052	21.7	9.8
15	32	0.029	18.5	10.0
16	20	0.021	15.9	8.0
17	30	0.030	18.6	10.9
18	29	0.035	19.2	8.6
19	13	0.064	26.6	10.4
20	15	0.044	21.8	9.9
21	33	0.030	18.4	9.2
22	13	0.039	20.9	10.3
23	26	0.029	18.1	9.6
24	19	0.032	18.9	6.8
25	33	0.023	16.5	8.1
26	29	0.027	17.8	6.7
27	16	0.046	21.0	7.2
28	20	0.033	18.9	6.1
29	23	0.027	17.9	10.9
30	48	0.023	16.4	7.4
31	36	0.028	17.6	10.8
32	35	0.030	18.3	10.2
33	39	0.019	14.9	11.2
34	32	0.022	15.9	7.4
<i>Total</i>	<b>883</b>	<b>1.075</b>	--	--
<i>Promedio</i>	<b>26</b>	<b>0.032</b>	<b>18.4</b>	<b>8.4</b>
<i>DE</i>	<b>9</b>	<b>0.011</b>	<b>2.6</b>	<b>1.9</b>
<i>CV (%)</i>	<b>32.73</b>	<b>32.89</b>	<b>14.3</b>	<b>22.6</b>

CV: Coeficiente de variación; DE: Desviación Estándar; DN: Diámetro Normal.

### 1.5.3. Composición florística

Se registraron 50 especies, incluidas en 36 géneros y 20 familias. También Pineda-García *et al.* (2007), encontraron algo similar solo que ellos reportaron 24 familias, en su estudio sobre riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. Sólo que ellos registraron los árboles con d.a.p.  $\geq$  1 cm.

Fabaceae es la familia que presentó los valores más altos por número de especies (15) y de individuos (517), Burseraceae ocupa el segundo lugar con siete especies y 88 individuos, Fabaceae junto con Burseraceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae y Malpighiaceae, representan el 60% de la riqueza total obtenida y el 78.5% del número de individuos (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Familias con los valores más altos en número de especies e individuos. El subtotal representa la contribución de estas familias, así como su porcentaje con respecto al total.

<b>Familias</b>	<b>Especies</b>	<b>individuos</b>
<i>Fabaceae</i>	15	517
<i>Burseraceae</i>	7	88
<i>Convolvulaceae</i>	3	40
<i>Euphorbiaceae</i>	3	19
<i>Malpighiaceae</i>	2	29
<b>Subtotal</b>	<b>30 (60%)</b>	<b>693 (78.5%)</b>
<b>Otras (15)</b>	<b>20 (40%)</b>	<b>190 (21.5%)</b>

De las especies identificadas ninguna estuvo presente en todos los sitios, y las de mayor frecuencia fueron *Lysiloma divaricata* que se encontró en el 79.4% de ellos, *Conzattia multiflora* en el 70.6%, *Bursera copallifera* (47.1%), *Amphipterygium adstringens* y *Malpighia mexicana* Jussie en 44.1% de los sitios. Un total de 35 especies (70%) aparecieron en cinco o menos sitios.

En este estudio se encontró que la familia con mayor número de especies e individuos fue Fabaceae con 15 especies y 517 individuos (Cuadro 1.2). Esto coincide con numerosos estudios desarrollados en los bosques secos de México. Martínez-Cruz *et al.* (2013) en su estudio realizado en los bosques de Michoacán, determinaron que la familia Fabaceae presentaba la mayor cantidad de especies (26) y un número de individuos (200); Méndez-Toribio *et al.*, 2014, en un estudio realizado en el Bosque Tropical Caducifolio en Tziritzícuaru, Michoacan determinaron que la familia Fabaceae fue la más importante respecto a su número de especies (24) e individuos (274); Gallardo-Cruz *et al.*, 2005 reportan 20 especies para esta familia en el BTC en el estado de Oaxaca; Trejo y Dirzo, 2002 (21) especies. Lott y Atkinson (2005), en un su estudio realizado en Chamela-Cuixmala, Jalisco, también reportan a esta familia como importante por el



número de especies que la componen. La revisión de Rzedowski y Calderón (2013), sobre el BTC, confirma la predominancia de esta familia.

Asimismo, las familias *Burseraceae*, *Convolvulaceae*, *Euphorbiaceae* y *Malpighiaceae* ocupan posiciones importantes en lo que concierne al número de especies e individuos, lo que coincide con lo documentado en estudios previos como el de Gallardo-Cruz *et al.* (2005), donde reporta siete especies y 148 individuos, algo muy similar reportó Sousa (2010), quien menciona que las burseras son importantes regionalmente, desde el occidente de México hasta Guatemala.

No sorprende encontrar que la familia *Burseraceae* presente altos valores en número de especies e individuos (Cuadro 2.2.), ya que la Cuenca del Balsas ha sido reconocida como centro de endemismo y diversificación de este taxón (De-Nova *et al.*, 2012). Se postula que la gran diversidad de la familia *Burseraceae* se debe en parte a procesos geográficos como el levantamiento de la Sierra Madre Occidental y del Eje Neovolcánico Transmexicano, eventos que sucedieron durante los periodos Terciario y Cuaternario (Rzedowski *et al.*, 2005) y que permitieron su distribución, principalmente a lo largo de la vertiente del Pacífico y la Cuenca del Balsas.

#### 1.5.4. Índice de Valor de Importancia (IVI)

Las 10 especies con mayor IVI fueron *Lysiloma divaricata*, *Amphipterygium adstringens*, *Conzattia multiflora*, *Mimosa benthami*, *Bursera copallifera*, *Malpighi mexicana*, *Cordia morelosana*, *Ipomoea arborescens*, *Sapium macrocarpum*, *Acacia cochliacantha* (Cuadro 1.3).

En un estudio realizado por Hernández-Silva *et al.* (2011), en tres ejidos (El Limón, Ajuchitlan y Pitzotlan), en la Sierra de Huautla, Morelos. Determinaron que la especie *Lysiloma divaricata*, presentó un (IVI) alto, que la ubica dentro de las primeras diez especies con más alto Índice de Valor de Importancia. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en este estudio.

Cuadro 1.3. Valores de dominancia, densidad y frecuencia relativas e Índice de importancia (especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) en el Ejido El Limón.

Especies	Dominancia		Densidad		Frecuencia		IVI
	ABS	REL	ABS	REL	ABS	REL	
1- <i>Lysiloma divaricata</i>	6.7	23.4	245	27.7	27	9.9	<b>61.2</b>
2- <i>Amphipterygium adstringens</i>	4.2	14.5	75	8.5	15	5.5	<b>28.5</b>
3- <i>Conzattia multiflora</i>	2.9	10.2	71	8.0	24	8.9	<b>27.1</b>
4- <i>Mimosa benthami</i>	2.0	7.1	89	10.1	12	4.4	<b>21.6</b>
5- <i>Bursera copallifera</i>	1.6	5.4	59	6.7	16	5.9	<b>18.0</b>
6- <i>Malpighi mexicana</i>	0.7	2.4	26	2.9	15	5.5	<b>10.9</b>
7- <i>Cordia morelosana.</i>	1.2	4.3	30	3.4	3	1.1	<b>8.8</b>
8- <i>Ipomoea arborescens</i>	0.9	2.9	27	3.1	7	2.6	<b>8.6</b>
9- <i>Sapium macrocarpum</i>	0.5	1.9	14	1.6	11	4.1	<b>7.5</b>
10- <i>Acacia cochliacantha</i>	0.3	1.1	26	2.9	8	2.9	<b>6.9</b>
<b>Subtotal</b>	<b>20.98</b>	<b>73.3</b>	<b>662</b>	<b>74.7</b>	<b>138</b>	<b>50.92</b>	<b>199.19</b>
<b>40 Especies restantes</b>	<b>7.65</b>	<b>26.70</b>	<b>221</b>	<b>25.03</b>	<b>133</b>	<b>49.08</b>	<b>100.81</b>
<b>Total</b>	<b>28.64</b>	<b>100</b>	<b>883</b>	<b>100</b>	<b>271</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Vallejo (2009), realizó un estudio en la Sierra de Huautla, donde evaluó el IVI en diferentes áreas: Cerca-piedemonte, Cerca-lomerío suave, Lejos del piedemonte y Lejos-lomerío suave. Los resultados obtenidos mostraron a *Lysiloma divaricata*, como la especie dominante en toda el área de estudio e importante en todos los tratamientos, dato que concuerda con lo reportado por distintos autores para la SBC que se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico de México (Pineda-García, *et al.* 2007). Otras especies como *Conzattia multiflora* y *Amphipterygium adstringens* sólo aparecen en los sitios correspondientes al tratamiento lejos del piedemonte.

#### 1.5.5. Riqueza Arbórea Específica

La riqueza promedio en las parcelas muestreadas fue de  $8 \pm 2.9$  con intervalo: 2 a 14 especies (Cuadro 1.4). En cuanto a la riqueza de especies determinada por el Índice de Margalef, este presenta un valor de 7.2, lo que indica una alta diversidad.

Se cuantificaron 50 especies considerando individuos  $\geq 10$  cm de DAP. La riqueza de especies es similar a lo reportado por Hernández-Silva *et al.* (2011), en su estudio realizado en la zona, donde reporta 54 especies. También Méndez-Toribio *et al.* (2014), cuantificaron 53 y 47 especies, tomando en cuenta individuos  $\geq 1$  y  $\geq 2.5$  cm de DN, respectivamente; de forma similar se han registrado resultados parecidos en varias

localidades de México y del neotrópico (Trejo y Dirzo, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007; Martínez-Cruz *et al.*, 2013). Asimismo, la riqueza es lejana de los valores más altos (> 100 especies) documentados para el BTC del neotrópico (Gentry, 1995) y a nivel mundial. De hecho, la cifra de este atributo de diversidad se parece más a las obtenidas previamente por Pineda-García *et al.* (2007), Martínez-Cruz *et al.* (2013) y a los de otras localidades del país estudiadas por Trejo (2005).

#### 1.5.6. Diversidad arbórea

El valor obtenido para el índice de Shannon fue de 2.9 y un promedio de  $1.6 \pm 0.4$ , con valores de 0.2 a 2.2 y un coeficiente de variación del 26.5% (Cuadro 1.4). Hernández-Silva *et al.* (2011), determinaron el índice de Shannon para tres ejidos, los valores obtenidos fueron de 2.67 para el Limón, 2.26 para Ajuchitlan y 1.90 para Pitzotlan. Rocha-Loredo *et al.* (2010), encontraron el valor del índice de Shannon en un Bosque Tropical Caducifolio en la depresión central de Chiapas de 2.6.

El valor del índice de Simpson fue de 9.02 y el promedio de  $4.7 \pm 2.2$ , con un coeficiente de variación de 47%. (Cuadro 1.4). Estos resultados resultan muy similares a los reportados por Vallejo (2009) en su trabajo donde evaluó la diversidad de cuatro sitios con el Índice de Simpson, el sitio que tuvo los resultados más parecidos a los de este trabajo: Lejos lomerío suave con valor de 9.1, seguido de Lejos piedemonte con 8.55, después Cerca piedemonte 11.09) y finalmente, Cerca lomerío suave (5.3).

Cuadro 1.4. Valores de los índices de diversidad en los 34 sitios de 500 m<sup>2</sup> del Bosque Tropical Caducifolio en el Ejido El Limón, Morelos.

Sitio (No.)	S	Shannon (H')	Simpson (D)
1	10	1.9	5.4
2	7	1.5	3.8
3	9	1.7	4.1
4	11	2.0	6.1
5	6	1.5	4.6
6	7	1.4	3.0
7	6	1.2	2.5
8	9	2.0	10.1
9	12	2.2	8.9
10	2	0.2	1.1
11	4	1.3	3.9
12	10	1.8	4.1
13	11	1.8	4.0
14	8	1.7	4.3
15	11	1.8	3.9
16	7	1.7	6.1
17	9	1.7	4.9
18	11	1.9	5.6
19	4	1.2	3.5
20	4	1.2	3.5
21	14	2.2	7.4
22	8	2.0	11.1
23	7	1.6	4.5
24	7	1.7	5.3
25	8	1.5	3.6
26	6	0.9	1.7
27	8	1.8	6.0
28	3	0.9	2.6
29	5	1.2	3.0
30	13	2.0	5.3
31	8	1.4	2.8
32	11	2.0	6.0
33	7	1.1	2.1
34	8	1.7	5.5
Total	50	2.9	9.02
Promedio	8.0	1.6	4.7
DE	2.9	0.4	2.2
CV (%)	35.7	26.5	46.7

CV: Coeficiente de variación; DE: Desviación Estándar; DN: Diámetro Normal; S: número de especies.

## 1.6. Conclusiones

En el ejido El Limón predominan las especies pertenecientes a la familia Fabaceae, comportamiento similar al registrado en los Bosques Tropicales Caducifolios de otras entidades federativas como: Guerrero, Jalisco, Oaxaca y Veracruz.

A pesar del disturbio antrópico registrado en la Sierra de Huautla se confirma la importancia de la familia Fabaceae. En cuanto a la composición de especies, en el ejido

se observó la dominancia de unas pocas especies que presentan una amplia distribución. La mayoría de las especies identificadas en este bosque son de distribución restringida, llegando en algunos casos a presentarse en un solo sitio.

En todos los sitios muestreados, sólo unas pocas especies están siendo favorecidas ya que las especies identificadas como dominantes tienen un alto valor de uso para los pobladores, quienes las emplean como leña, cercas vivas o postes. Por lo anterior, se puede inferir que durante las prácticas de limpieza, corte o chapeo de las parcelas, los pobladores seleccionan esas especies y las dejan intencionalmente, favoreciendo su presencia. Se trata de especies silvestres que reciben cierto grado de manejo, ya que no están completamente domesticadas. Lo anterior podría explicar la amplia distribución de especies como *Lysiloma divaricata*, *Amphipterygium adstringens* y *Conzattia multiflora*

La estructura vertical es similar a lo que se ha encontrado para este tipo de vegetación en otros estudios. Sin embargo los estratos inferiores están poco diferenciados y el superior poco poblado.

La distribución diamétrica tiene la forma de una j invertida con las categorías superiores a 50 cm con una representación casi nula.

En este bosque las perturbaciones antropógenas debidas a la extracción de maderas y a las actividades agrícola y ganadera son el denominador común, resultando en un paisaje fragmentado. Sin embargo, el bosque aún conserva gran parte de la riqueza y diversidad originales de estas especies.

## 1.7. Literatura citada

- Álvarez-Yépez, J. C., A. Y. Martínez, A. Bórquez, and C. Lindquist. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 256:355-366.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2005. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, México. 204 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. México. CONANP-SEMARNAT. México, D.F. 207p.
- Curtis, J. T., and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
- De-Nova, J. A., R. Medina, J. C. Montero, A. Weeks, J. A. Rosell, M. E. Olson, L. E. Eguiarte, and S. Magallón. 2012. Insights into the historical construction of species-rich Mesoamerican seasonally dry tropical forests: the diversification of *Bursera* (Burseraceae, Sapindales). *New Phytologist* 193:276-287.
- Durán, E., J. A. Meave, E. J. Lott, and G. Segura. 2006. Structure and tree diversity patterns at the landscape level in a Mexican tropical deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79:43-60.
- FAO. 2007. Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 143 p.
- Gallardo-Cruz, J. A., J. A. Meave, y E. A. G. Pérez. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76:19-35.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, adaptado para las condiciones de la República Mexicana. 5ª Ed. UNAM. México 98 p.

- Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In *Seasonally dry tropical forests*, A. H. Gentry, H. A. Mooney y E. Medina (eds.). Cambridge University Press, New York. pp. 146-194.
- Hernández-Silva, D. A., E. D. Cortés, J. L. R. Zaragoza, P. A. H. Martínez, G. T. B. González, B. C. Rodríguez, y D. A. S. Hernández. 2011. Hábitat del venado cola blanca, en la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zool. Mex.* 27(1):47-66.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1990. Anuario Estadístico del Estado de Morelos. 181 p.
- Lott, E. J., and T. H. Atkinson. 2005. Mexican and Central American seasonally dry tropical forests: Chamela-Cuixmala, Jalisco, as a focal point for comparison. In *Plant diversity, biogeography, and conservation*. R. T. Pennington, G. P. Lewis y J. A. Ratters (eds.). Taylor and Francis, Boca Raton. pp. 315-342.
- Malhi, Y., and J. Grace. 2000. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution* 15:332-337.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona. 951 p.
- Martínez-Cruz, J. M., M. T. Méndez, J. F. Cortés, P. Coba, y G. M. Ibarra. 2013. Estructura y diversidad de los bosques estacionales desaparecidos por la construcción de la presa Gral. Francisco J. Múgica, en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1216-1234.
- Martínez-Ramos, M., y X. García-Orth. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80: 69-84.
- Martínez-Yrizar, A., J. M. Maass, L. A. J. Pérez, and J. Sarukhán. 1996. Net primary productivity of a tropical deciduous forest ecosystem in western Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12:169-175.
- McLaren, K. P., M. A. McDonald, J. B. Hall, and J. R. Healey. 2005. Predicting species response to disturbance from size class distributions of adults and saplings in a Jamaican tropical dry forest. *Plant Ecology* 181:69-84.

- Méndez-Toribio, M., J. C. Martínez, J. F. Cortés, F. J. S. Rendón, y G. M. Ibarra. 2014. Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzicuaró, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1117-1128.
- Murphy, P. G., and A. E. Lugo. 1986. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* 18:89-96.
- Pérez-García, E. A., J. A. Meave, and S. R. S. F. Cevallos. 2012. Flora and vegetation of the seasonally dry tropics in Mexico: origin and biogeographical implications. *Acta Botánica Mexicana* 100:149-193.
- Pineda-García, F., L. A. Arredondo, y G. M. Ibarra. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:129-139.
- Rocha-Loredo, A. G., N. Ramírez-Marcial, y M. González-Espinosa. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del Bosque Tropical Caducifolio en la depresión central de Chiapas, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 89-103
- Rzedowski, J., R. Medina, y G. Calderón. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* 66: 23-151
- Rzedowski, J., R. L. Medina y G. Calderón de R. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana* 70:85-111.
- Rzedowski, J., y G. Calderón de R. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102:1-23.
- Salas Morales, S. H. 2002. Relaciones entre la heterogeneidad ambiental y la variabilidad estructural de las selvas tropicales secas de la costa de Oaxaca, México. Tesis, Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 101 p.



- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2001. Diagnóstico Forestal del Estado de Morelos. Publicación Especial No. 7 Segunda Edición. Zacatepec. Morelos, México. 181 p.
- Segura, G., P. Balvanera, E. Durán and A. Pérez. 2002. Tree community structure and stem mortality along a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology* 169:259-271.
- Sousa, M. 2010. Centros de endemismo: las leguminosas. *En*: Ceballos G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury, y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*, Fondo de Cultura Económica, México, D. F. p. 77-91.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. *En*: Halffter Salas, G., J. Soberon, P. Koleff, y A. Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*, Monografías Tercer milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza/Conabio/Grupo Diversitas-México/Conacyt, México, D. F. pp. 111-122.
- Trejo, I., and R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11:2063-2084.
- Ugalde-Lezama, S., J. I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. L. Alcántara-Carbajal, y J. Velázquez-Mendoza. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques*, 15(1), 5–26. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61712185001>
- Vallejo R. M. 2009. Estructura y composición de la Selva Baja Caducifolia de Huautla, Morelos. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 90 p.
- 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*. 26(1):1-17.

## CAPÍTULO II. CRECIMIENTO DE ÁRBOLES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN TEPALCINGO, MORELOS

### 2.1. Resumen

México es un país con recursos forestales importantes, cuya magnitud y características no son conocidas suficientemente para contar con las bases que permitan aplicar una silvicultura más eficiente y que propicie un aprovechamiento óptimo de los mismos; no se conocen las características de desarrollo ni los hábitos de vida y crecimiento de todos los tipos de masas forestales. Los estudios sobre crecimiento de árboles de los Bosques Tropicales Caducifolios son escasos en México, en este trabajo, se evaluó el crecimiento de los árboles con diámetro a la altura de 1.3 m  $\geq 10$  cm, presentes en el Bosque Tropical Caducifolio (BTC) en el ejido El Limón de Cuauhichinola, Tepalcingo, Morelos. A partir del diámetro y la altura medidos se obtuvo el crecimiento en volumen y el incremento diamétrico de todos los árboles presentes en 34 sitios y de las cuatro especies importantes de la zona de estudio. *Bursera copallifera* tuvo un crecimiento volumétrico año<sup>-1</sup> de 0.21 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mientras que su crecimiento en Área Basal (AB) fue de 0.043 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; el incremento diamétrico año<sup>-1</sup> fue de 0.46 cm. *Eysenhardtia polystachya* presentó un crecimiento en volumen de 0.06 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y en AB de 0.012 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y en diámetro fue de 0.64 cm. En *Mimosa bentharii* su crecimiento año<sup>-1</sup> volumen fue de 0.28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, el de AB fue de 0.065 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, y su incremento diametral de 0.48 cm. Para *Lysiloma divaricata* el crecimiento año<sup>-1</sup> en volumen fue de 1.48 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mientras su crecimiento en AB 0.26 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>; el incremento promedio en diámetro fue de 0.68 cm.

**Palabras clave:** Diámetro normal, Crecimiento en bosque tropical seco.

## 2.2. Abstract

Mexico is a country with important forest resources, whose magnitude and characteristics are not sufficiently known to have the bases that allow to apply a more efficient forestry and that propitiates an optimal use of them; the characteristics of development and the habits of life and growth of all types of forests stands are not known. The studies about growth of trees of the Tropical Deciduous Forest (TDF). are scarce in Mexico, in this work, we evaluated growth of the trees with diameter at the height of 1.3 m  $\geq 10$  cm, present in the Tropical Deciduous Forest (TDF) in the Ejido El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos. Starting from the diameter and height measured, was obtained in volume growth and increased diameter of all the trees present in 34 sites and four important species of the study area. *Bursera copallifera* had a year<sup>-1</sup> volumetric growth of 0.21 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> while its growth in the Basal Area (AB) was 0.043 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>; the year<sup>-1</sup> diameter increase was 0.46 cm. *Eysenhardtia polystachya* showed a volume growth of 0.06 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and in AB of 0.012 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, and in diameter it was 0.64 cm. In *Mimosa benthamii*, its year<sup>-1</sup> volume growth was 0.28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, that of AB was 0.065 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, and its diametral increase was 0.48 cm. For *Lysiloma divaricata* the year<sup>-1</sup> growth in volume was 1.48 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> while its growth in AB 0.26 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>; the average increase in diameter was 0.68 cm.

**Key words:** Normal diameter, Growth in Tropical Deciduous Forest.

### 2.3. Introducción

El crecimiento en volumen de los árboles y rodales es importante para el manejo y aprovechamiento de rodales forestales y para la selección de especies y su posterior utilización en plantaciones productivas, de recuperación ecológica y en áreas verdes urbanas (Worbes, 1995; Corral y Navar, 2005). Algunos trabajos han relacionado este crecimiento con elementos del clima como la temperatura ((Benítez-Naranjo *et al.*, 2004), o la precipitación (Palmer y Ogden, 1983) Hernández y Castellanos (2006) han estudiado la dinámica del crecimiento arbóreo bajo diferentes estados de competencia por luz solar y condiciones de copa, y a través de gradientes de elevación. Ricker y del Río, (2004) documentaron el crecimiento del diámetro con relación al tiempo.

El crecimiento del bosque es difícil de pronosticar a largo plazo, pues depende de aspectos fisiológicos (tasa fotosintética y de respiración), climáticos (disponibilidad de luz temperatura, precipitación, entre otros.), físicos (niveles de nutrientes en el suelo y concentraciones de bióxido de carbono en la atmosfera) y biológicos (incorporación, competencia, mortalidad, etc. (Vanclay 1994; 1995).

El crecimiento en diámetro y altura es, como consecuencia, un tanto errático, aunque anualmente la tendencia sigmoideal es clara. Al respecto, Zeide (1993), menciona que el crecimiento en diámetro de los árboles sigue una trayectoria levemente sigmoidea a lo largo del tiempo, aunque responde a fluctuaciones y tendencias ambientales.

Vanclay (1994) menciona que el crecimiento del bosque puede definirse objetivamente a diferentes niveles: rodal, grupo de árboles y de árboles individuales, además que puede ser definido espacial o no espacialmente. Los factores que afectan este crecimiento diamétrico son innumerables y de diversa naturaleza (Hari, 1996). Entre ellos, pueden mencionarse la edad, la condición de competencia, la estructura forestal y la calidad de sitio (Andreassen & Tomter, 2003).

El conocimiento de los patrones de crecimiento de las especies forestales resulta clave para establecer herramientas que permitan predecir el desarrollo de los árboles en rodales bajo una dinámica natural o bajo distintas propuestas de manejo.

Debido a la alta importancia del Bosque Tropical Caducifolio, a su alto peligro de degradación y desaparición, y a la poca información acerca de su crecimiento y recuperación, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el Incremento Corriente Anual (ICA) en general y de cuatro especies seleccionadas por su importancia en la zona (Copal manso (*Bursera copallifera*), Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*), Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*)). La información generada en este estudio permitirá tener mayor conocimiento acerca de la dinámica de crecimiento de los BTC.

#### **2.4. Materiales y métodos**

El ejido El Limón de Cuauchichinola se ubica en la parte noreste de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (REBIOSH), el clima es cálido Subhúmedo con lluvias en verano y presencia de canícula, temperatura media anual de 23°C. La temperatura más alta ocurre en abril o mayo. La precipitación media anual es de alrededor de 860 mm (García 1981; SMN 1976-2000).

En la región existen dos épocas bien definidas durante el año: la de sequía abarca de mediados de noviembre a mediados de abril y la de lluvias, de mediados de mayo a mediados de noviembre (Hernández, 2008). La vegetación dominante es el Bosque Tropical Caducifolio (BTC), característico de la Sierra de Huautla (Arias *et al.*, 2002).

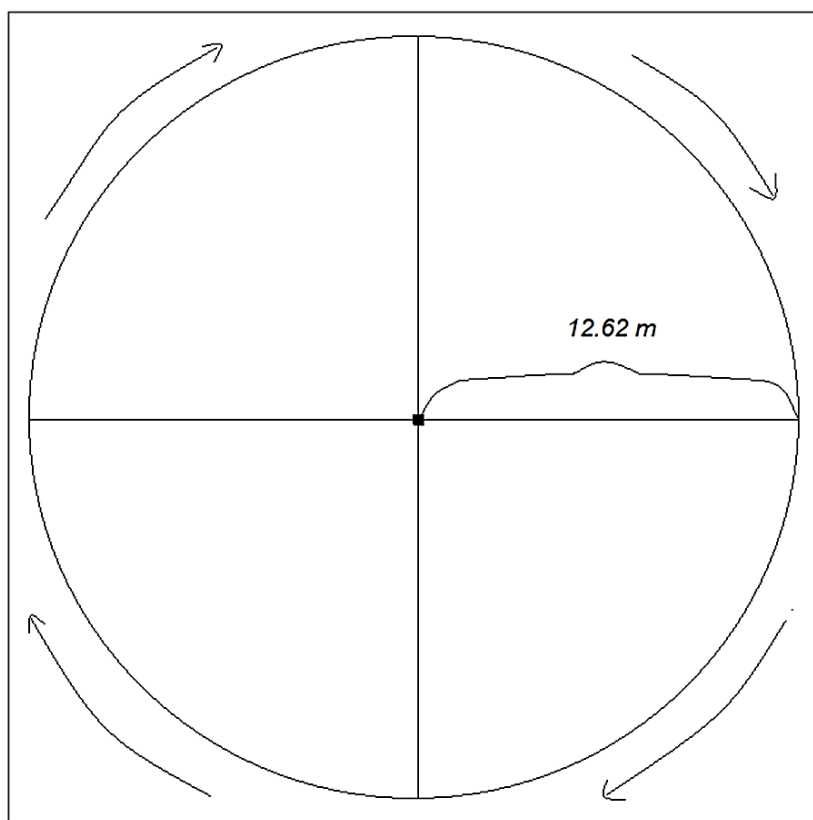
##### Levantamiento de datos

Los datos se tomaron mediante dos mediciones en años consecutivos (2016 y 2017) para evaluar el crecimiento anual; se establecieron 34 sitios; circulares de 500 m<sup>2</sup> (12.62 m de radio) (Figura 2.1). Estos sitios se ubicaron en un plano georreferenciado, lo cual se cotejo en el terreno a través de recorridos con un geoposicionador marca: Garmin, modelo: ETrex 10.

La delimitación del sitio, se realizó con una cinta métrica, marcando con cinta de color los árboles que sirven para distinguir del límite y los árboles pertenecen al sitio. Para la Identificación posterior del sitio, se excavó una zanja en forma de X de dos metros por cada brazo y 15 cm de ancho y profundidad el número correspondiente se marcó en una estaca que se colocó en el centro en el centro del sitio;

Se numeraron todos los árboles con etiquetas de aluminio sujetadas con clavos, comenzando del centro hacia la orilla y regresando hacia el centro, iniciando en el “cuadrante” superior derecho (Figura 2.1), y continuando en el sentido de las manecillas de un reloj.

Se midieron los diámetros de los árboles  $\geq 10$  cm a la altura de 1.30 m (Diámetro a la Altura del Pecho (DAP  $\geq 10$  cm) existentes en cada uno de los 34 sitios de muestreo, siguiendo, un itinerario parecido al descrito con relación a la numeración de los árboles. Posteriormente se midió la altura la cual se obtuvo con estadal extensible (individuos  $\leq 8$  m) y clinómetro (árboles  $> 8$  m).



*Figura 2.1. Cuadrantes en sitio de muestreo.*

#### Procesamiento de datos

Para el registro y análisis de los datos obtenidos se trabajó con el programa Excel y las fórmulas empleadas para calcular el incremento fueron:

Incremento en diámetro y altura

Según Manzanilla-Bolio (1997), el incremento periódico es el crecimiento de un árbol en un período de tiempo determinado (En este estudio: Junio 2016-Julio 2017). Para encontrar este resultado se resta del promedio de cada variable de la segunda medición menos el promedio de la primera medición.

$$IP = M_2 - M_1$$

Donde:

IP= Incremento medio periódico (año<sup>-1</sup>)

M<sub>1</sub>= Promedio de la primera medición

M<sub>2</sub>= Promedio de la segunda medición

Cálculo de la variable área basal

Con los datos obtenidos de campo en diámetro se procede a calcular el área basal para cada árbol de las tres especies de pinos.

$$AB = \frac{\pi}{4000} * D^2$$

Donde:

AB= Área basal

D= Diámetro normal del árbol (cm)

Volumen

Con los datos de diámetro y altura obtenidos, se calcularon los volúmenes por árbol y por sumatoria las existencias volumétricas en pie en el área arbolada del ejido en 2016 y 2017. Estos valores se calcularon incluyendo a todas las especies presentes y por separado para las cuatro especies seleccionadas.

Se utilizó la ecuación determinada por personal del Inventario Nacional Forestal en los años 70, el cual se ha utilizado ampliamente por los técnicos forestales y por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), (Manzanilla-Bolio *et al.*, 1997).

$$V = 0.0000541686 * (D^2) + 0.0000387435 * (D^2) * H + 0.0000244254 * D * (H^2) + 0.000347646 * (H^2)$$

Donde:

D: Diámetro normal en cm

H: Altura total del árbol en metros

V: El volumen fustal del árbol en m<sup>3</sup>

Esta ecuación no altera apreciablemente el volumen para arbolado entre 20 y 60 cm de diámetro y se obtienen resultados lógicos para arbolado de 20 cm de diámetro normal y menores, característicos del bosque tropical caducifolio, similares a los de los predios en donde se aplicará (Ureña, 2003) y fue utilizada para la obtención de volumen, para el Bosque Tropical Caducifolio en el Estado de Michoacán (Cortez, 2007).

Con la remediación de los sitios (diámetro y altura), y la aplicación de la ecuación, mencionada, se obtuvo el ICA en volumen por diferencia entre las dos mediciones para el conjunto de todas las especies y para cuatro seleccionadas.

## **2.5. Resultados y Discusión**

Los resultados, fueron obtenidos a partir de las mediciones de las variables diámetro normal y altura total, y el área basal y volumen calculados se presenta en los Cuadros 2.1. y 2.2 y la Figura 2.2.



## Crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen en general

En esta sección se discuten las variables de crecimiento, incluyendo a todas las especies presentes. Más adelante se presentarán y discutirán los resultados para cada una de las cuatro especies de interés.

La altura promedio en la primera medición fue de 8.52 m, en la segunda la altura fue 8.64 dando un incremento medio anual de 0.12 m para esta variable (Cuadro 2.1). El diámetro promedio inicial fue de 18.04 cm; en la segunda se alcanzaron 18.59, obteniendo un incremento promedio de 0.56 cm en el período de 12 meses (Cuadro 2.1).

*Cuadro 2.1. Promedios de altura y diámetro e incrementos anuales de las cuatro especies de interés y en general del bosque tropical caducifolio en El Ejido el Limón.*

Especies	Altura (m)			Diámetro (cm)		
	2016	2017	incremento	2016	2017	incremento
Copal ancho	6.71	6.86	0.15	17.63	18.09	0.46
Palo dulce	6.48	6.64	0.16	16.81	17.45	0.64
Tecolhuixtle	5.03	5.17	0.13	16.18	16.66	0.48
Tepemezquite	10.64	10.74	0.10	17.57	18.25	0.68
Otras	8.35	8.48	0.13	18.70	19.22	0.52
Total	8.52	8.64	0.12	18.04	18.59	0.56

En cuanto al área basal promedio inicial fue de 15.5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> la final fue de 16.3 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> obteniendo un incremento de 0.8 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El volumen inicial fue de 78.55 m<sup>3</sup>, el volumen obtenido en la segunda medición fue de 81.55, obteniendo un incremento en un año de 3.0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2.2).

*Cuadro 2.2. Promedios de área basal y volumen, e incrementos anuales de las cuatro especies de interés y en general del bosque tropical caducifolio en El Ejido el Limón.*

Especies	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )			Volumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		
	2016	2017	incremento	2016	2017	incremento
Copal ancho	0.92	0.96	0.04	3.73	3.89	0.16
Palo dulce	0.16	0.17	0.01	0.64	0.68	0.04
Tecolhuixtle	1.18	1.25	0.07	3.92	4.12	0.20
Tepemezquite	3.94	4.21	0.26	23.17	24.49	1.32
Otras	9.26	9.68	0.41	47.09	48.37	1.28
Total	15.5	16.3	0.8	78.55	81.55	3.0

Con respecto al comportamiento en cuanto en crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen de las especies forestales del BTC, algunos autores señalan que la falta de humedad durante la estación seca limita el crecimiento de los árboles, porque se afecta la mineralización del nitrógeno en el suelo, elemento esencial para su sobrevivencia, además de que la baja disponibilidad de agua y la elevada transpiración de la planta, ocasionan un déficit hídrico en el tallo con la consecuente pérdida de turgencia en las células del cambium vascular y parénquima del floema y xilema (Wright, 1991; Reich, 1995; Baker *et al.*, 2002).

También se ha observado que las especies tropicales son sensibles a la variación de los elementos climáticos (Fichtler *et al.*, 2004). En una selva subcaducifolia de Colima, México, López-Ayala *et al.* (2006) encontraron una relación positiva del crecimiento en diámetro con la precipitación y la temperatura del área de estudio. En una selva caducifolia de Nayarit, México, Makocki y Valdez-Hernández (2001) mencionan que en épocas de sequía se afectó el crecimiento en diámetro.

#### Especie *Bursera copallifera* (Copal ancho)

La altura promedio inicial obtenida para esta especie fue de 6.71 m; un año después fue de 6.86 (Cuadro 2.1), obteniendo un incremento de 0.15 m. Díaz (2010) menciona que estos árboles generalmente alcanzan hasta 7 m de altura y 28 cm de diámetro; se caracterizan por ser muy ramificados y caducifolios.

Como puede verse en la Cuadro 2.1. el diámetro promedio inicial de esta especie fue de 17.63 cm y de 18.09 en la segunda medición, obteniendo un incremento de 0.46 cm en el período de 12 meses. Makocki y Valdez-Hernández (2001) en un estudio de periodicidad de crecimiento de especies de árboles en un bosque tropical semicaducifolio de la costa del Pacífico de México: encontraron un incremento año<sup>-1</sup> muy similar para *Bursera* sp., de 0.44 cm.

En otro estudio, realizado durante 17 años por Francis 1990, se encontró que *Bursera simaruba* tuvo un incremento medio de 0.28 cm al año. Algo similar encontró López-Ayala *et al.* (2006), donde reportan un incremento de 0.25 para *Bursera* sp en un bosque tropical en el estado de colima.

En cuanto al crecimiento anual en Área Basal fue de  $0.04 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , también se obtuvo un volumen inicial para esta especie de  $3.73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y en la segunda medición de  $3.89 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  obteniendo un incremento en doce meses de  $0.16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Cuadro 2.2). Esto representa el 5% del incremento total (Figura 2.2). La CONAGUA (2007) en un estudio de estimación del volumen por especie de las materias primas forestales en Jalisco determino un incremento de  $0.28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

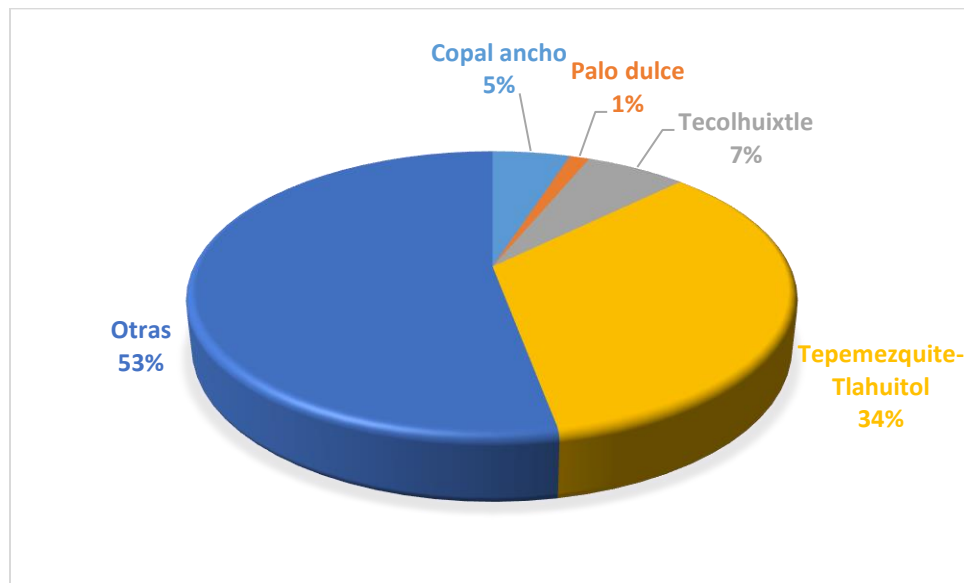


Figura 2.2. Porcentaje de incremento volumétrico por especie en el BTC del ejido El Limón en Tepalcingo Morelos.

#### Especie *Eysenhardtia polystachya* (Palo dulce)

La altura promedio inicial de palo dulce fue de 6.48 m, la final fue de 6.64 obteniendo un incremento promedio de 0.16 m (Cuadro 2.1). Salazar (2007) describe a la especie como árbol o arbusto que por lo general alcanza los 8 metros de altura.

El diámetro promedio inicial de esta especie fue de 16.81 cm y de 17.45 en la segunda, obteniendo un incremento medio de 0.64 cm en un año (Cuadro 2.1.). En lo que respecta a esta especie se han realizado muy pocos trabajos; uno de ellos lo realizaron Cervantes y Sotelo (2002), en el cual integraron información bibliográfica con las experiencias de campo para hacer una breve descripción de las características específicas de 10 especies del BTC, entre ellas *Eysenhardtia polystachya*; ellos reportan un crecimiento de 0.42 cm anuales en plantas con diámetros mayores a 6 cm de diámetro.

El crecimiento anual del Área Basal fue de  $0.01 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , el volumen inicial fue de  $0.64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , el volumen final fue de  $0.68 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  obteniendo un incremento en doce meses de  $0.04 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Cuadro 2.2), lo cual representa un 1% del total (Figura 2.2.); en un estudio realizado por la CONAGUA (2007), en el Estado de Jalisco se encontró un volumen de  $0.963 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Especie *Mimosa benthami* (Tecalhuixtle).

La altura promedio en la primera medición fue de 5.03 m, la final fue de 5.17, obteniéndose así un incremento medio anual de 0.14 m.

El diámetro promedio inicial de esta especie fue de 16.18 cm y al final de 16.66, obteniendo un incremento de 0.48 cm en 12 meses (Cuadro 2.1.). Herrera y Lanuza (1995), realizaron un estudio en donde reportan un bajo incremento en diámetro para esta especie (0.23 cm) y justifican esto diciendo que la conformación estructural y la incidencia de luz solar en la copa de los árboles también son factores importantes asociados al crecimiento en diámetro. Al respecto Louman *et al.* (2001) refieren que la conformación de la copa es un buen indicador del vigor de los árboles, porque a medida que esta aumenta, se reduce la competencia con árboles aledaños y tienden a crecer más en diámetro debido a que captan mayor cantidad de luz solar. Harold y Hocker (1984) indican que en etapas tempranas de crecimiento, los árboles que tienen una necesidad importante en cantidad y calidad de luz solar y tratan de alcanzar el dosel superior, lo que limita el crecimiento en diámetro y la anchura de la copa.

En la presente investigación, los resultados observados para esta especie confirman este comportamiento, ya que los árboles bajos en altura y la incidencia total de luz es menor en comparación con otras especies que presentaron un mayor incremento dimétrico.

El crecimiento anual en Área Basal fue de  $0.07 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y el volumen inicial para esta especie fue de  $3.92 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , el final obtenido fue de  $4.12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , obteniendo un incremento en doce meses de  $0.20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Cuadro 2.2), lo que representa un 7% del total (Figura 2.2).

Especie *Lysiloma divaricata* (Tepemezquite-Tlahuitol).

La altura promedio inicial para esta especie fue de 10.64 m, en lo que respecta a la final fue de 10.74, obteniendo así un incremento de 0.10 m, Breceda *et al.* (2005), concluyen que arboles de *Lysiloma divaricata*, sin ramoneo, pueden crecer hasta 12 m de altura y tener un diámetro basal promedio de 11 cm. Las plantas sujetas a intenso ramoneo adquieren forma de bonsai, o sea, arbolitos podados con troncos relativamente gruesos.

El diámetro promedio inicial de esta especie fue de 17.57 cm y de 18.25 en la segunda medición, obteniendo un incremento de 0.68 cm en el período de 12 meses (Cuadro 2.1.). Al respecto Núñez-Cruz y Bonfil (2013), reportaron incrementos en diámetro muy bajos para esta especie, de 0.28 cm y señalan que este crecimiento pobre se explica por las condiciones de la zona de estudio, con suelos compactos y arcillosos, y una temporada seca prolongada, lo que con frecuencia provoca que las plantas crecimientos bajos.

En otros estudios reportados por Herrera y Lanuza (1995) reportaron que, en la zona de bosque húmedo de Guanacaste, Costa Rica, los incrementos medios anuales variaron entre 0.5 a 0.9 cm en DAP.

Para *Lysiloma divaricata* el crecimiento anual del Área Basal fue de  $0.26 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , el volumen inicial para esta especie fue de  $23.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  el volumen final de  $24.49 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  obteniendo un incremento de  $1.32 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Cuadro 2.2) lo que representa un 34% del total (Figura 2.2).

#### Otras especies

En cuanto al resto de las especies, la altura promedio en la primera medición fue de 8.35 m, en la segunda medición se obtuvo una altura de 8.48 por lo cual el incremento medio  $\text{año}^{-1}$  fue de 0.13 m para esta variable. El diámetro promedio inicial para las 46 especies restantes fue de 18.70 cm el diámetro promedio de la segunda medición fue de 19.22 cm, obteniendo un incremento promedio de 0.52 cm en el período de 12 meses (Cuadro 2.1).

El área basal alcanzó un crecimiento de  $0.41 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y el volumen inicial para el BTC fue de  $47.09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , el volumen obtenido en la segunda medición fue de  $48.37 \text{ m}^3$

ha<sup>-1</sup> obteniendo un incremento en un año de 1.28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (cuadro 2.2), lo que representa un 53% del total (Figura 2.2).

## **2.6. Conclusiones**

Este estudio confirma que los crecimientos en los árboles característicos del Bosque Seco Tropical son muy bajos en general, lo cual reduce mucho su importancia como productores de madera industrial.

Los datos encontrados podrían servir como una base para calcular las posibilidades anuales de producción de leña doméstica.

El crecimiento anual en altura, diámetro y volumen de los árboles es una variable esencial para elegir las especies que deben usarse para reforestación, en diferentes tipos de proyectos.

Debido que este estudio se llevó a cabo solo en doce meses, los resultados sobre las tasas de crecimiento pueden variar en estudios de plazos más largos o en condiciones ambientales diferentes.

## 2.7. Literatura Citada

- Andreassen, K., and S. M. Tomter. 2003. Basal area growth models for individual trees of Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway. *Forest Ecology and Management* 180:11-24.
- Arias, D., O. Dorado, y B. Maldonado. 2002. Biodiversidad e importancia de la Selva Baja Caducifolia: La Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. *Biodiversitas*, 7:7-12.
- Baker, T. R., K. Affum-Baffoe, D. F. R. P. Burslem, and M. D. Swaine. 2002. Phenological differences in tree water use and the timing of tropical forest inventories: conclusions from patterns of dry season diameter change. *Forest Ecology and Management* 171:261-274.
- Benítez-Naranjo, J. Y., M. Rivero-Vega, A. Vidal-Corona, J. Rodríguez-Rodríguez, y R. C. Álvarez-Rivera. 2004. Estimación del diámetro normal a partir del diámetro del tocón en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst. De la Provincia de Camagüey, Cuba. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Medio Ambiente* 10(1): 25-30.
- Breceda, A., V. Ortiz, and R. Scrosati. 2005. Mauto (*Lysiloma divaricatum*, Fabaceae) Allometry as an Indicator of Cattle Grazing Pressure in a Tropical Dry Forest in Northwestern Mexico, *Rangeland Ecol Manage* 58(1):85–88.
- Cervantes, S. M. A., y M. E. B. Sotelo, 2002. Guías técnicas para la propagación sexual de 10 especies latifoliadas de selva baja caducifolia en el estado de Morelos. Publicación especial No. 30. Zacatepec, Morelos, México. 35 p.
- Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA). 2007. Cap.5. Estimación del Volumen por Especie de las Materias Primas Forestales En: Estudio Técnico Justificativo para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales Predio 1 Fracción A, Municipio de Cañadas de Obregón, Jalisco. 277p. Recuperado el 20/04/2018: <ftp://ftp.conagua.gob.mx/zapotillo/07.%20Estudios%20Ambientales/7.01.%20CUSTF/7.01.02.%20Estudios/ETJ%20P1FA-23.38%20ha/ETJ%20Predio%201%20Fraccion%20A.pdf>

- Cortez, J. G. 2007. Estimación del volumen de arbolado en pie, resultante del cambio de uso de suelo de terrenos forestales para la construcción de la presa "General Francisco J. Múgica" en el Estado de Michoacán, México. 37 p.
- Corral, R., y J. J. C. Navar. 2005. Análisis del crecimiento e incremento de 5 Pináceas de los bosques de Durango, México. *Madera y Bosques* 11(1):29-47.
- Díaz, M. R. M. 2010. Evaluación del desempeño de plántulas y estacas de dos especies de *Bursera* en la restauración de sitios perturbados del Noroeste de Morelos. Tesis, para obtener el grado de Maestra en Ciencias Biológicas Universidad Nacional Autónoma de México. 68p.
- Francis, J. K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almácigo, gumbo limbo. SO-ITF-SM-35 paginación.
- Fichtler, E., V. Trouet, H. Beeckman, P. Coppin, and M. Worbes. 2004. Climatic signals in tree rings of *Burkea africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. *Trees* 18:442-451.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Larios, México. 252p.
- Hernández, L., y H. Castellanos. 2006. Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra de Lema, Guayana Venezolana: primeras evaluaciones. *Interciencia* 31(11): 779-786.
- Núñez-Cruz, A., y C. Bonfil. 2013. Establecimiento inicial de tres especies del bosque tropical seco en un pastizal degradado: efectos del uso de acolchado y compost. *Agrociencia* 47:609-620.
- Hari, P. 1996. Idealization and concretization in construction of models applied to forest growth. *The Science of the Total Environment* 183:179-185.
- Harold, W., y Jr. Hocker. 1984. *Introducción a la biología forestal*. Primera edición en español. ACT Editor. México. 446 p.



- Hernández, S. D. A. 2008. Venado cola blanca y su hábitat (*Odocoileus virginianus mexicanus* Z.), en Sierra de Huautla, Morelos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Hernández, L., y H. Castellanos. 2006. Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra de Lema, Guayana Venezolana: primeras evaluaciones. *Interciencia* 31(11):779-786.
- Herrera, Z., y B. Lanuza. 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. Servicio Forestal Nacional, MARENA. Managua, Nicaragua, pp. 97-99.
- López-Ayala, J. L., J. I. Valdez-Hernández, T. Terrazas, y J. R. Valdez-Lazalde. 2006. Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en colima, México. *Agrociencia* 40:139-147.
- Louman, B., D. Quirós, y M. Nilsson. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico No 46. CATIE. Costa Rica. 265 p.
- Makocki, M. W., and J. I. Valdez-Hernández. 2001. Radial growth periodicity of tree species in a semi-deciduous tropical forest of the Pacific coast of Mexico: Implications for their management. *In: Proceedings of the IUFRO Joint Symposium on Tree Seed Technology, Physiology and Tropical Silviculture*. College of Forestry and Natural Resources, University of the Philippines, Los Baños. pp.85-96.
- Manzanilla-Bolio, H., L. Vázquez-Guerrero, D. A. Moreno-González, y E. Talavera-Zúñiga. 1997. Sistema de manejo integrado de los recursos forestales. (CIRPAC Libro Técnico No. 1). INIFAP Guadalajara. México: SIMANIN. INIFAP.
- Palmer, J., and J. Ogden. 1983. A dendrometer band study of the seasonal pattern of radial increment in kauri (*Agathis australis*). *New Zealand Journal of Botany* 21:121-126
- Reich, P. B. 1995. Phenology of tropical forest: patterns, causes and consequences. *Can. J. Botany* 73:164-174.

- Ricker, M., and R. Del Río. 2004. Projecting diameter growth in tropical trees: a new modeling approach. *Forest Science* 50(2):213-224.
- Salazar, R. M. 2007. Estudio etnobotánico de *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg. En una comunidad del municipio de Zempoala, Hidalgo y evaluación del efecto diurético en rata. Tesis para obtener el título de licenciado en farmacia. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 77p.
- SMN. 1976-2000. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Normales Climatológicas. Estaciones: El Limón, Huautla y Tepalcingo. <http://smn.cna.gob.mx/>.
- Ureña, M. C. 2003. Manifestación de impacto ambiental modalidad particular de proyectos forestales "Aprovechamiento forestal Ejido La Esperanza, Municipio de Coquimatlán, Colima". México. 118p.
- Vanclay, J. K. 1995. Growth models for tropical forest: A Synthesis of models and methods. *For. Sci.* 41(1):7-42.
- Vanclay, K. V. 1994. Modeling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International. Wallingford Oxford UK. 312 p.
- Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. *IAWA Journal* 16:337-351.
- Wright, S. J. 1991. Seasonal drought and the phenology of understory shrubs in a tropical moist forest. *Ecology* 72(5):1643-1657.
- Zeide, B. 1993. Analysis of growth equations. *Forest Science* 39(3): 594-616.

## CAPÍTULO III. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN DE ESPECIES FORESTALES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO

### 3.1. Resumen

En la dinámica forestal y los patrones sucesionales intervienen algunos procesos como la mortandad, crecimiento e incorporación de individuos, cuyo conocimiento fundamenta las acciones de protección y manejo de bosques (Alcalá, 2011). Por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue calcular las tasas anuales de mortalidad, crecimiento anual en altura e incorporación de especies en el Bosque Tropical Caducifolio, en el ejido El Limón. Para realizar las evaluaciones, se delimitaron sitios en forma rectangular de 2.5 m de ancho por 10 m de largo, subdivididos en cuadrantes de 0.5 m, siempre con una orientación de oeste a este partiendo del centro del sitio de muestreo. Los individuos considerados como regeneración debían ser  $\leq 30$  cm de altura. El periodo determinado para el estudio fue de 12 meses de junio del 2016 a julio de 2017.

En el primer levantamiento se contabilizaron 139 individuos, *Lysiloma divaricata* fue la especie con mayor presencia y crecimiento promedio (43 cm). En general se encontró una sobrevivencia del 45%. *Acacia bilimekii* fue la especie con mayor porcentaje de sobrevivencia (56%). En lo que respecta a la incorporación, se contabilizaron 92 nuevos individuos de los cuales el 46% pertenecía a la especie *Lysiloma divaricata*. Se concluye que la dinámica de población de las cuatro especies es fuertemente influenciada por la acción antropogénica sobre el bosque.

**Palabras clave:** Crecimiento, sobrevivencia, incorporación.

### **3.2. Abstract**

Some processes such as mortality, growth, and incorporation of individuals involved in forest dynamics and successional patterns, whose knowledge bases the actions of protection and management of forests (Alcalá, 2011). Therefore, the aim of this work was to calculate the annual mortality rates, annual growth in height and incorporation of the regeneration of species in the Tropical Deciduous Forest (TDF), in the Ejido El Limon de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos. To make evaluations, sites were delimited on rectangular shape of 2.5 m wide by 10 m long, subdivided into quadrants of 0.5 m, always with a west to east orientation starting from the center of the sampling site. Individuals considered as regeneration should be  $\leq 30$  cm in height. The period determined for the study was 12 months from June 2016 to July 2017.

In the first survey, 139 individuals were counted, *Lysiloma divaricata* was the specie with the highest presence and average growth (43 cm). In general, 45% survival was found. *Acacia bilimekii* was the specie with the highest percentage of survival (56%). In regards to the incorporation, 92 new individuals were counted, of which 46% belonged to the *Lysiloma divaricata* specie. It is concluded that the population dynamics of the four species is strongly influenced by anthropogenic forest action.

**Key words:** Growth, survival, incorporation.

### 3.3. Introducción

Cuando no son expuestos a disturbios de impacto relevante los bosques mantienen un relativo equilibrio en sus funciones ecosistémicas; por el contrario, un efecto negativo tiene como consecuencia la fragmentación, deforestación y otras pérdidas del ecosistema. Los bosques, por lo tanto, no son estáticos, sino que están en constante cambio debido a circunstancias tanto naturales como artificiales. La dinámica se refiere a las modificaciones naturales y de eventos atípicos que suceden a través del tiempo en la composición y estructura de las masas forestales (Sheil *et al.*, 2000; Brassard y Chen, 2010); por lo que los disturbios influyen de manera importante en la conservación de los bosques naturales.

El interés por comprender la ecología y la evolución en los sistemas tropicales se ha centrado en los bosques perennifolios (BTP) o lluviosos, probablemente por su enorme riqueza específica y porque sus procesos ecológicos más significativos no parecen detenerse. En contraste, la atención que se ha prestado a los bosques tropicales caducifolios (BTC) ha sido más limitada, a pesar de que éstos constituyen la mayor extensión de bosques tropicales en el mundo y presentan características ecológicas y evolutivas singulares que les ha otorgado una diversidad “diferente” a la registrada en los BTP. En este sentido el estudio de la dinámica poblacional y del crecimiento de los árboles del Bosque Seco Tropical, se han convertido en uno de los principales focos de interés del varios institutos y centros de investigación.

Aunque el interés reciente por los BTC se ha centrado particularmente en los neotrópicos (las zonas tropicales de América), ya que el área que ocupan los BTC americanos corresponde a cerca del 70% del total a nivel mundial (Alcalá, 2011).

Actualmente el BTC se encuentra altamente fragmentado y deteriorado (Cotler y Ortega-Larrocea, 2006) siendo reconocido como el ecosistema más perturbado y el menos conocido (Fajardo *et al.*, 2013).

Desde el punto de vista técnico, la gestión forestal requiere contar con información sobre la estructura, el crecimiento, la producción y regeneración natural, tanto de las especies de valor comercial, como de las que aún no tienen un valor económico conocido, para

detectar cambios en el estado de los mismos o para definir las prácticas que conduzcan a alcanzar un manejo sustentable (Aguirre *et al.*, 2008).

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue calcular la presencia de regeneración natural, las tasas anuales de mortalidad, el crecimiento anual en altura y la incorporación de nuevos individuos en el Bosque Tropical Caducifolio del ejido El Limón en el Estado de Morelos, con base en la remediación de sitios permanentes de monitoreo en un intervalo de doce meses (junio de 2016-julio de 2017).

### 3.4. Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en El Ejido el Limón, el cual se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, en el Municipio de Tepalcingo, Morelos. Se utilizaron el 45% (15) de los sitios preseleccionados que fueron utilizados para realizar un inventario (Figura 3.1).

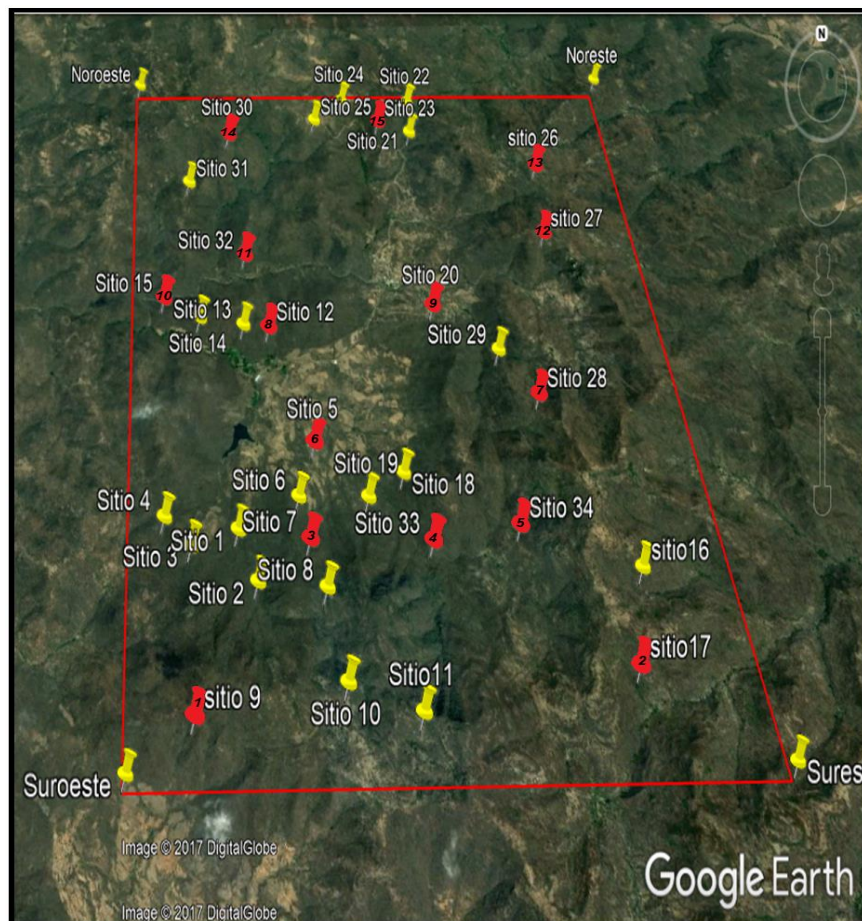


Figura 3.1. Los sitios en color rojo se utilizaron para evaluar la dinámica.

### 3.4.1 Levantamiento de datos.

Para la evaluación de la dinámica, se delimitaron sitios en forma de rectángulo con medidas de 2.5 m de ancho por 10 m de largo, subdividido en cuadrantes de 0.5 m (Figura 3.2), siempre con una orientación de oeste a este, partiendo del centro del sitio de muestreo (Figura 3.3). El periodo del estudio fue de 12 meses, de junio del 2016 a julio de 2017.

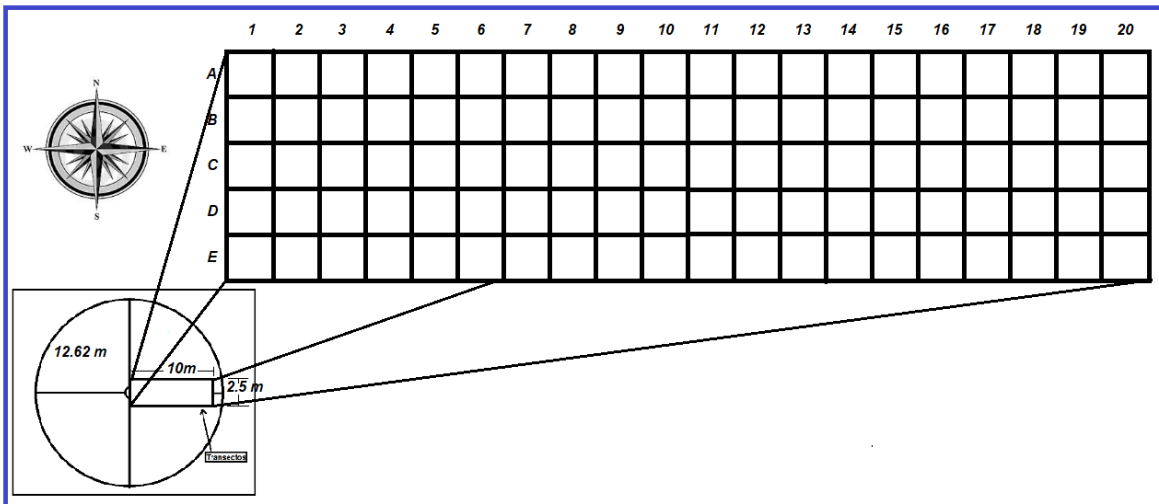


Figura 3.2. Cuadrante para evaluar la dinámica de la regeneración.

Los criterios considerados para enfocar el estudio en las especies (Copal manso (*Bursera copallifera*), Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*), Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite "o" Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*)), fueron el uso local señalado por (Cervantes y Sotelo, 2002) y por la importancia que le dan los habitantes de la zona.



*Figura 3.3. Delimitación de los sitios para toma de datos de dinámica.*

En los sitios se contaron y midieron todos los individuos  $\leq 30$  cm de altura (brinzal) de todas las especies, posteriormente de la medición se dividieron en tres categorías de altura: de 1 a 10 cm, 11 a 20 cm y de 21 a 30 cm. Estos mismos individuos se buscaron y se remidieron un año después para determinar la sobrevivencia y el crecimiento. También se contabilizó la incorporación de todos los nuevos brinzales en cada sitio (Figura 3.4).



*Figura 3.4. Conteo de individuos  $\leq 30$  cm de altura (brinzal).*



### 3.4.2. Porcentaje de Supervivencia

Es la estimación de los árboles vivos encontrados en un área determinada en un período de tiempo (12 meses en este estudio) con respecto al número de individuos encontrados inicialmente se determinó con la siguiente expresión.

$$\%S = \frac{n_2 * 100}{n_1}$$

Donde:

%S = Porcentaje de supervivencia

n1= Individuos encontrados en la primera medición

n2= Individuos encontrados en la segunda medición

### 3.4.3. Crecimiento

Para determinar el crecimiento en altura de los árboles en un período de tiempo determinado (en este estudio: Junio 2016-Julio 2017), al promedio obtenido de la medición final se le restó el promedio de la primera medición (Manzanilla-Bolio 1997), esto se lleva a cabo por cada categoría de altura (1 a 10 cm, 11 a 20 cm y de 21 a 30 cm).

$$IP = M_2 - M_1$$

Donde:

IP= Incremento promedio (anual)

M<sub>1</sub>= Promedio de la primera medición

M<sub>2</sub>= Promedio de la segunda medición

### 3.4.4 Incorporación

Para determinar la incorporación de nuevos individuos se realizó un segundo levantamiento de datos, en los 15 sitios permanentes, se contaron y midieron los

individuos  $\leq 30$  cm de altura (brinjal) de todas las especies, posteriormente de la medición se dividieron en tres categorías de altura: de 1 a 10 cm, 11 a 20 cm y de 21 a 30 cm.

### 3.5. Resultados y Discusión

#### 3.5.1 Levantamiento de datos

En el primer levantamiento de datos se contabilizaron 139 individuos de los cuales se dividieron de la siguiente manera: Copal ancho (*Bursera copallifera* (5%)), Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya* (4%)), Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii* (20%)), Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*) (33%), otras especies (38%). (Figura 3.5).

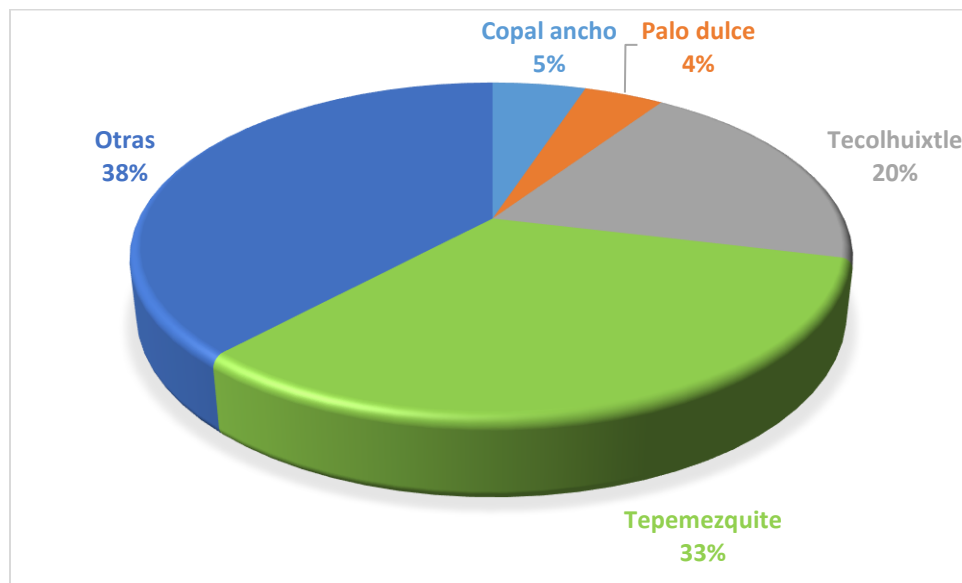


Figura 3.5. Distribución porcentual de las especies localizadas.

*Lysiloma divaricata* es la especie que obtuvo la mayor presencia, lo cual coincide con Zepeda y Velázquez (1999) los que mencionan que en este tipo de vegetación destacan algunas especies como, *Lysiloma divaricata* por su capacidad de regeneración natural. La alta presencia de Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*) se debe a una gama de factores como son la gran cantidad de semilla, su porcentaje de germinación (70-80%) y el tiempo de germinación 3-18 días (Breceda and Scrosati 2005).

En la Figura 3.6. se muestran las distribuciones porcentuales en las tres categorías de altura (1 a 10 cm, 11 a 20 cm y de 21 a 30 cm), para las especies de interés, de otras

especies registradas y total. En lo que respecta a la distribución del total de individuos (139) la altura de 1 a 10 cm es la que tuvo el mayor porcentaje de presencia (42%).

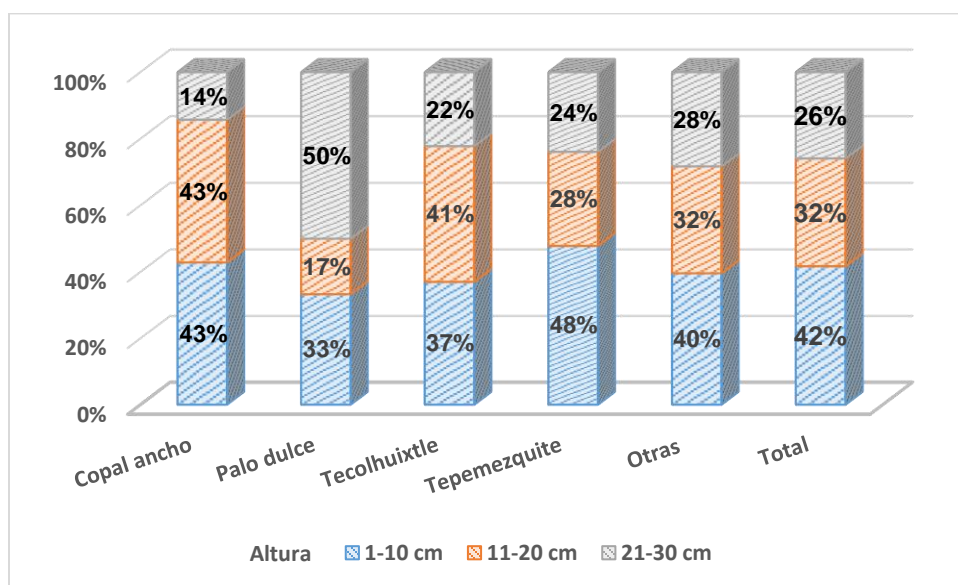


Figura 3.6. Distribución porcentual de las especies en relación a la altura.

### 3.5.2. Porcentaje de Supervivencia

En el Cuadro 3.1. se presentan los datos de supervivencia de cada especie evaluada a los 12 meses de la primera medición.

Cuadro 3.1. Promedios de supervivencia de las especies estudiadas en el ejido El Limón.

Especies	Individuos 1ra. medición 2016	Individuos 2da. medición 2017	Supervivencia (%)
Copal ancho	7	3	43
Palo dulce	6	2	33
Tecolhuixtle	27	15	56
Tepemezquite o Tlahuitol	46	22	48
Otras	53	20	38
<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>62</b>	<b>45</b>

Se observa en el Cuadro 3.1. el BTC en el ejido El Limón presentó un promedio total de supervivencia del 45%, se considera como una supervivencia regular. Esto de acuerdo con Rizo y González (1999), quienes reportan los criterios para conocer el estado actual del ecosistema:

a) Bueno, cuando existe un 80 % o más supervivencia.

- b) Regular, cuando existe 40–80 % de sobrevivencia.
- c) Malo, cuando la sobrevivencia es menor de 40%.

También se observa que las especies, Copal ancho, Tecolhuixtle y Tepemezquite “o” Tlahuitol presentan una sobrevivencia regular, en cambio, Palo dulce y otras tienen una sobrevivencia mala. Núñez-Cruz y Bonfil (2013) reportan una sobrevivencia del 61 % en un año para Tepemezquite en un BTC del Estado de Morelos.

Álvarez y Williams-Linera (2012) mencionan que la tasa de sobrevivencia en este tipo de ecosistema es variable y baja, debido a la influencia de las condiciones, del deterioro del sitio y al estrés hídrico que enfrentan las plantas durante la temporada seca.

### 3.5.3. Crecimiento

La categoría que presentó el mayor crecimiento promedio fue la categoría compuesta por individuos de 1 a 10 cm de altura; esto a pesar de que Palo dulce ya no tuvo presencia (Figura 3.7). la especie que mayor crecimiento promedio tuvo en todas las categorías fue *Lysiloma divaricata* (43 cm), para esta misma especie se reportan incrementos medios anuales de hasta de 1.8 m en altura. Según la calidad de sitio, los incrementos medios anuales varían de 0.7-1.4 m en altura (OFI/CATIE 2003).

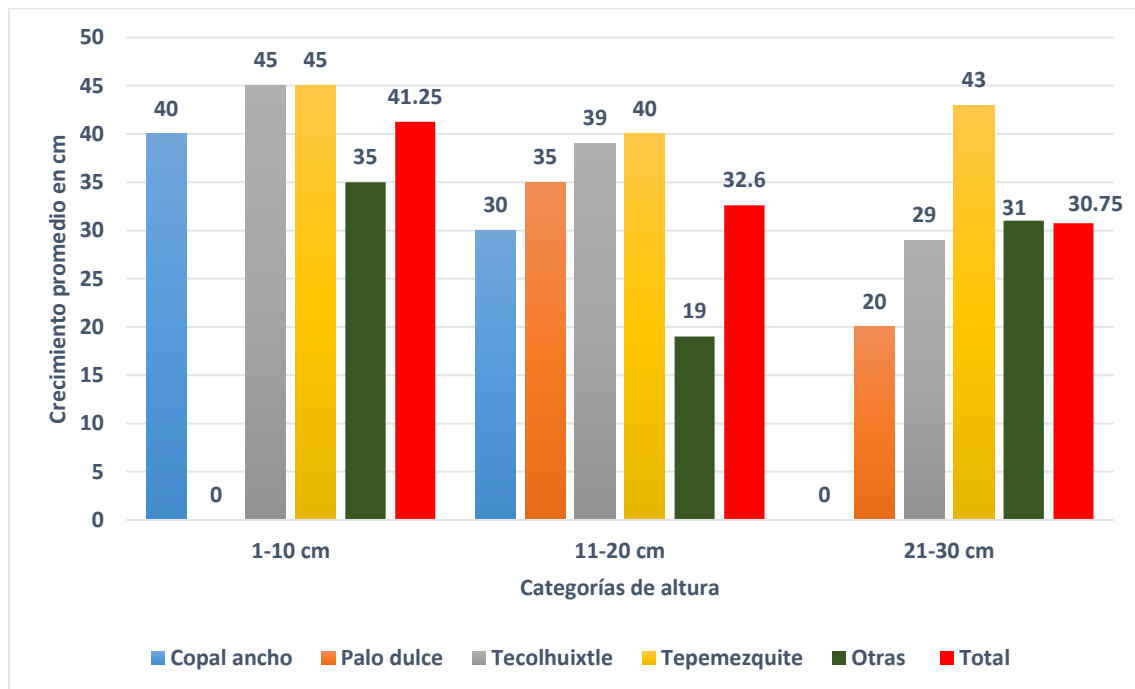


Figura 3.7. Crecimiento por especie y categoría de altura.

#### 4.5.4 Incorporación

Derivado del segundo levantamiento de datos se contabilizaron 92 nuevos individuos de los cuales, el 10% fueron Copal ancho (*Bursera copallifera*), 11% Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*), 18% Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), 46% Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*) y el 15% otras (Figura 3.8a). La distribución por altura tuvo la siguiente distribución de 1 a 10 cm (58%), de 11 a 20 cm (29%) y 21 a 30 cm (13%) (Figura 3.8b).

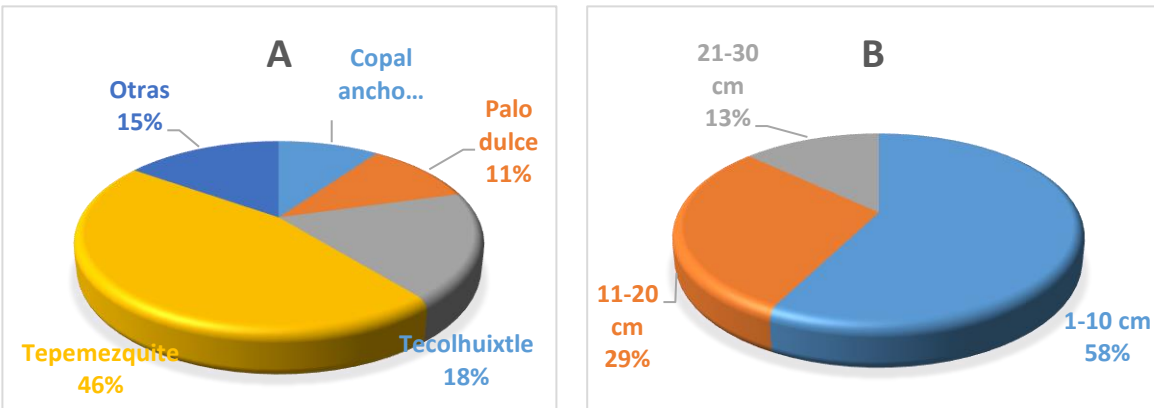


Figura 3.8. **A** Distribución porcentual de las especies incorporadas. **B** Distribución porcentual de los nuevos individuos con relación a su altura.

### 3.6. Conclusiones

Los resultados muestran que en lo referente a sobrevivencia, crecimiento e incorporación, las especies que mayor porcentaje presentaron fueron *Acacia bilimekii* (Tecolhuixtle) y *Lysiloma divaricata* (Tepemezquite o Tlahuitol), esto puede ser por su dispersión que es dada por viento y gravedad. La particularidad de *Lysiloma divaricata* es una gama de factores que la favorece haciéndola una especie importante en el lugar, aunque esto no rompe el equilibrio dentro de la estructura horizontal del bosque creando condiciones para su conservación.

Partiendo de estos resultados se sugiere mejorar las condiciones silvícolas que aumenten el potencial para realizar su manejo sostenible. También la introducción de especies que presenten altas tasas de sobrevivencia y crecimiento en sitios perturbados, ya que son una alternativa que ayudará a restablecer los procesos sucesionales en zonas perturbadas.

### 3.7. Literatura Citada

- Aguirre, O., J. J. Corral, B. Vargas, y J. Jiménez. 2008. Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (3): 281-289.
- Alcalá M., R. 2011. Origen, ecología, evolución de los bosques caducifolios: la otra cara de la diversidad biológica en los sistemas tropicales. *Memorias I Simposio "Ecología de la Selva Seca"*. pp. 9-11.
- Álvarez, A. C., and G. Williams-Linera. 2012. Seedling survival and growth of tree species: site condition and seasonality in tropical dry forest restoration. *Bot. Sci.* 90:341-352.
- Brassard, B. W., and H. Y. Chen. 2010. Stand structure and composition dynamics of boreal mixed wood forest: Implications for forest management. *Sustainable Forest Management Network*. Edmonton, AB. Canada. 19 p.
- Breceda A., V. Ortiz, and R. Scrosati. 2005. Mauto (*Lysiloma divaricatum*, Fabaceae) Allometry as an Indicator of Cattle Grazing Pressure in a Tropical Dry Forest in Northwestern Mexico. *Rangeland Ecol Manage* 58:85–88.
- Cervantes, S. M. A. y B. M. E. Sotelo. 2002. Guías técnicas para la propagación sexual de 10 especies latifoliadas de Selva Baja Caducifolia en el Estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP. 35 p.
- Cotler H, and M. P Ortega-Larrocea. Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico. *Catena*. 2006;65:107-117. Doi: 10.1016/j.catena.2005.11.004.
- Fajardo, L., J. P. Rodríguez, V. González, and J. M. Briceño-Linares. 2013. Restoration of a degraded tropical dry forest in Macanao, Venezuela. *J Arid Environ.* 2013;88:236-243. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2012.08.009.
- Manzanilla-Bolio, H., L. Vázquez-Guerrero, D. A. Moreno-González, y E. Talavera-Zúñiga. 1997. Sistema de manejo integrado de los recursos forestales. (CIRPAC Libro Técnico No. 1). INIFAP Guadalajara. México: SIMANIN. INIFAP.

- Noguera, Á. J., B. González, M. G. Castro, y A. W. Garth. 2002. Dinámica de crecimiento de dos especies forestales del bosque seco deciduo del refugio de vida silvestre Chacocente. *La Calera*, 2(2):29-32.
- Núñez-Cruz, A., y C. Bonfil. 2013. Establecimiento inicial de tres especies del Bosque Tropical Seco en un pastizal degradado: efectos del uso de acolchado y compost. *Agrociencia* 47: 609-620.
- OFI/CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. 681-684. En: [www.arbolesdecentroamerica.info](http://www.arbolesdecentroamerica.info)
- Rizo, G. J. 1999. Evaluación de las plantaciones forestales en Darío, Matagalpa. (Tesis) Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 64 p.
- Sheil, D., S. Jennings, and P. Savill. 2000. Long-term permanent plot observations of vegetation dynamics in Budongo: a Ugandan rain forest. *Journal of Tropical Ecology*. 16:765-800.
- Zepeda G. C., y M. E. Velázquez. 1999. El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botánica Mexicana*. 46 29- 55.



## CAPÍTULO IV. FENOLOGÍA DE CUATRO ESPECIES FORESTALES EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO

### 4.1. Resumen

El presente trabajo se llevó a cabo en el ejido El Limón el cual se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, en el Municipio de Tepalcingo, Morelos. El objetivo de este estudio fue, determinar la fenología de cuatro especies de importancia en el Bosque Tropical Caducifolio: Copal manso (*Bursera copallifera*); Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*); Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*). Después de un recorrido por el área de estudio, se seleccionaron e identificaron, y los individuos a monitorear tomando en cuenta los árboles ya localizados durante el levantamiento de datos del inventario, así como su cercanía a los caminos de acceso. Se observó bimestralmente el estado fenológico en que se encontraban las especies seleccionadas. Los estados fenológicos a evaluar fueron: Reposo (con follaje), Vegetativo (sin follaje), Floración (cantidad de flores), Fructificación (cantidad de frutos), Semillación (cantidad de semilla en árbol y en suelo). El número total de árboles monitoreados fue de 80 individuos. La especie que presentó un mayor número de individuos fue *Acacia bilimekii* (25). La especie con menor cantidad de árboles fue *Eysenhardtia polystachya* (12). De las cuatro especies observadas, todas las especies perdieron algo de follaje en algún momento del año. Solo *Acacia bilimekii* lo mostro de forma continua.

La especie que presentó el mayor porcentaje promedio de floración fue *Acacia bilimekii* (56%); de igual forma presento un 54% de semillación; en cuanto a fructificación *Eysenhardtia polystachya* (48%) obtuvo el mayor porcentaje promedio. Se concluye que los estudios de fenología, proveen de información básica que puede ser aplicada para establecer programas de restauración, por ejemplo, para la producción de plántulas de especies nativas.

**Palabras clave:** Reposo, Vegetativo, Floración, Fructificación, Semillación.

## 4.2. Abstract

The present work was carried out in el ejido El Limón which is located within the Sierra de Huautla Biosphere Reserve, in the Municipality of Tepalcingo, Morelos. The objective of this study was to determine the phenology of four important species in the Tropical Deciduous Forest (TDF); Copal manso (*Bursera copallifera*); Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*); Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite "or" Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*).

After a tour of the study area, were selected and identified, and the individuals to monitor taking into account the trees already located during the inventory data collection, as well as their proximity to the access roads. The condition was observed bimonthly phenologic in that they were finding the selected species. The phenological stages to be evaluated were: Rest (with foliage), Vegetative (without foliage), Flowering (quantity of flowers), Fruiting (number of fruits), Seeding (amount of seed in tree and soil). The total number of trees monitored was 80 individuals. The specie that presented a greater number of individuals was *Acacia bilimekii* (25). The species with the lowest number of trees was *Eysenhardtia polystachya* (12). Of the four species observed, all species lost some foliage at some time during the year. Only *Acacia bilimekii* showed it continuously.

The species that presented the highest average percentage of flowering was *Acacia bilimekii* (56%); In the same way I present a 54% Seed; in terms of ructification *Eysenhardtia polystachya* (48%) obtained the highest average percentage. It is concluded that the studies of phenology, provide basic information that can be applied to establish restoration programs, for example, for the production of seedlings of native species.

**Key words:** Rest, Vegetative, Flowering, Fructification, Seed.

### 4.3. Introducción

Las actividades humanas afectan las condiciones ambientales en todo el mundo. Producen cambios en las poblaciones vegetales, como: cambios en sus áreas de distribución, su composición, su estructura y su funcionamiento.. Feeley *et al.* (2007), afirmaron que debido a la alta diversidad, la importancia ecológica y económica de los Bosques Tropicales Caducifolios (BTC), es fundamental entender las respuestas de estos ante los cambios que ocurran.

La fenología comprende el estudio de los eventos biológicos cualificables o cuantificables que ocurren cíclicamente a lo largo de la vida de las plantas, los cuales están determinados por un conjunto de factores climáticos, edáficos y bióticos (Gómez-Restrepo, 2010-2011). El rebrote de nuevas hojas, la floración, la fructificación y la caída del follaje durante diferentes estaciones, son ejemplos de eventos fenológicos.

Cada evento fenológico (fenofase), comprende fenómenos reproductivos, vegetativos y de crecimiento de las plantas, que pueden asociarse a un alto número de factores causales bióticos y abióticos (climáticos, edáficos, geográficos, entre los más dominantes), que varían en grados de complejidad (Gómez-Restrepo, 2010-2011).

Las plantas están expuestas estacionalmente a cambios regulares y periódicos en la calidad y abundancia de los recursos, los cuales juegan un papel solo o en combinación, en la activación de cambios fenológicos en las especies tropicales. Específicamente, para las plantas de BTC, se ha relacionado a la producción o abscisión de hojas con cambios de ciertos factores abióticos tales como la cantidad de agua almacenada, la variación estacional en las lluvias, la temperatura, el fotoperiodo, la radiación o eventos climáticos esporádicos (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003).

Estos cambios estacionales, pueden generar fluctuaciones en la frecuencia y abundancia de polinizadores, agentes dispersores de semillas, depredadores y competidores, los cuales son considerados reguladores de la intensidad y duración de la producción de hojas y flores (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003). En este sentido, Van Vliet y Schwartz (2002) argumentaron que la comprensión de los patrones fenológicos puede ayudar a predecir las respuestas de las comunidades específicas al cambio climático global.

El cambio climático, que se define como una alteración del clima atribuido directo o indirectamente a la actividad humana, que modifica la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Organización de las Naciones Unidas (ONU) 1992). Estas variaciones han alterado el calendario de las principales transiciones del ciclo vital, como el inicio de la reproducción; tanto así que, la plasticidad fenotípica y la evolución adaptativa puede subyacer en rápidos cambios fenológicos como respuesta a las modificaciones del ambiente (Anderson *et al.*, 2012).

El conocimiento y la comprensión de los patrones fenológicos de especies arbóreas en ecosistemas naturales son de interés básico en estudios ecológicos sobre biodiversidad y productividad; además reviste gran importancia en programas de conservación de recursos genéticos, manejo forestal y planificación de áreas silvestres. Por lo cual el objetivo de este estudio fue, determinar la fenología de cuatro especies de importancia en el Bosque Tropical Caducifolio del Ejido El Limón en Tepalcingo Morelos.

#### **4.4. Materiales y métodos**

El presente estudio se realizó en los terrenos ejidales de El Limón de Cuauchichinola, en el Municipio de Tepalcingo, Estado de Morelos. Sus colindancias son los ejidos de Los Sauces y Pitzotlan (norte), Ajuchitlan Santiopa (sur), Ixtlilco El Chico y San Miguel Ixtlilco el Grande (este), Quilamula y San José de Pala (oeste).

El predio se encuentra inmerso en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. Aproximadamente 95% de su superficie corresponde a zonas de vegetación forestal (Bosque Tropical Caducifolio) y el resto a la zona agropecuaria y urbana (INEGI, 1999).

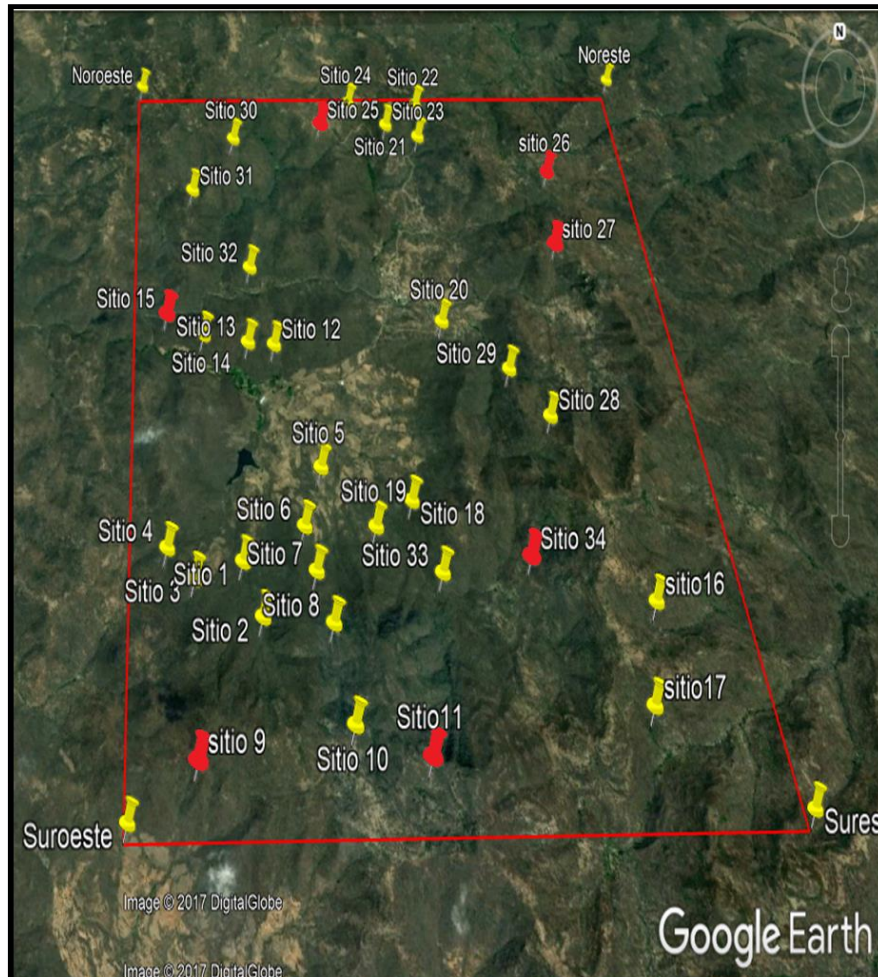
Las especies se seleccionaron tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Especies de alto valor ecológico
- Importancia de usos para los pobladores

Las cuatro especies seleccionadas por su importancia en la zona fueron (Copal manso (*Bursera copallifera*), Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya*), Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*), Tepemezquite “o” Tlahuitol (*Lysiloma divaricata*)).

#### 4.4.1 Ubicación y selección de los individuos

Los individuos a monitorear se identificaron, ubicaron y seleccionaron tomando en cuenta los árboles de las especies ya localizados durante el levantamiento de datos del inventario y su cercanía a los caminos de acceso (Figura 4.1).



*Figura 4.1. Sitios en color rojo es donde se localizan los individuos monitoreados para la determinación de las etapas fenológicas.*

#### 4.4.2. Medición de las características fenológicas

Se observó bimestral el estado fenológico en que se encontraban las especies seleccionadas: los estados a evaluar fueron: Reposo (con follaje), Vegetativo (sin follaje), Floración (cantidad de flores), Fructificación y Semillación, que presentó cada individuo aplicando la metodología de Fournier (1974).

Esta metodología facilita la evaluación cuantitativa de las diferentes características fenológicas de cada miembro en una muestra, y permite obtener gráficamente los períodos del comportamiento de las especies de árboles (Vilchez *et al.*, 2004).

Esta metodología consiste en la aplicación de la siguiente escala:

No.		Rango
0	ausencia de la característica	0
1	presencia de la característica, con una magnitud entre	1-25%
2	presencia de la característica, con una magnitud entre	26-50%
3	presencia de la característica, con una magnitud entre	51-75%
4	presencia de la característica, con una magnitud entre	76-100%

La descripción de los estados fenológicos se realizó un cuadro y una figura para cada una de las especies, en el cuadro se describe porcentualmente el número de árboles observados en algún estado fenológico (en algunos meses se sobreponen hasta tres estados fenológicos).

En la figura se describe el estado con mayor porcentaje, mediante la aplicación de la metodología de Fournier (1974).

#### **4.5. Resultados y Discusión**

El número total de árboles monitoreados fue de 80. La especie que presentó mayor número de individuos fue *Acacia bilimekii* (25). La especie con menor cantidad de árboles fue *Eysenhardtia polystachya* (12) (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Lista de especies y número de individuos por especie evaluadas en el monitoreo fenológico de árboles del Bosque Tropical Caducifolio, en El Ejido el Limón, Municipio de Tepalcingo Morelos.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Arboles (N)</b>
<i>Bursera copallifera</i>	Copal manso	22
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo Dulce	12
<i>Acacia bilimekii</i>	Tecolhuixtle	25
<i>Lysiloma divaricata</i>	Tepemezquite o Tlahuitol	21
<b>Total</b>	<b>--</b>	<b>80</b>

De las cuatro especies observadas, todas presentaron follaje en algún momento del año. Solo *Acacia bilimekii* lo mostro de forma continua.

#### 4.5.1. Copal ancho (*Bursera copallifera*)

En el 95.5% de los individuos de copal se observaron flores en el primer levantamiento de datos (junio de 2016) (Cuadro 4.2), de estos individuos el 46% se encontró dentro del rango 2 (26-50%) y solo el 9% se ubicó dentro del rango 4 (76-100%), también del total de estos individuos el 9% se encontró dentro del rango 0 lo que indica que presentaban ausencia de flor (Figura 4.2).

Los resultados de las observaciones fenológicas del segundo y tercer levantamiento (agosto y octubre de 2016), mostraron que en mayor porcentaje se encontraban en estado de fructificación solo que en el mes de octubre el 14% empezaba a presentarse semillación, para diciembre la mayoría ya se encontraba en estado de semillación solo el 18% ya se encontraba en estado de reposo y algunos comenzaban a perder las hojas (Figura 4.2).

En febrero de 2017 el 91% de los individuos se encontraba en estado de reposo y para abril, el 91% ya estaban en estado vegetativo; en junio el 87 ya presentaba algún porcentaje de floración (Figura 4.2).

Velázquez (2011), en su estudio acerca de la biología reproductiva de *Bursera copallifera* durante dos años, determino que el estado de floración sucedía de Mayo a julio, ya que el 29 de junio fue la última fecha en la que se observaron botones y flores maduras y el 7 de julio solamente se registraron flores senescentes, esto coincide con los resultados de este estudio.

Cuadro 4.2. Estados fenológico bimestral de junio 2016 a julio 2017 de *Bursera copallifera* del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón.

Especie	Jun-16	Ago-16	Oct-16	Dic-16	Feb-17	Abr-17	Jun-17
<i>Bursera copallifera</i>			13.6%	9.1%	91%		
				9.1%	4.5%	91%	
	95.5%	9%				9%	100%
	4.5%	91%	86.4%				
				81.8%	4.5%		

■ Reposo ■ Vegetativo ■ Floración ■ Fructificación ■ Semillación

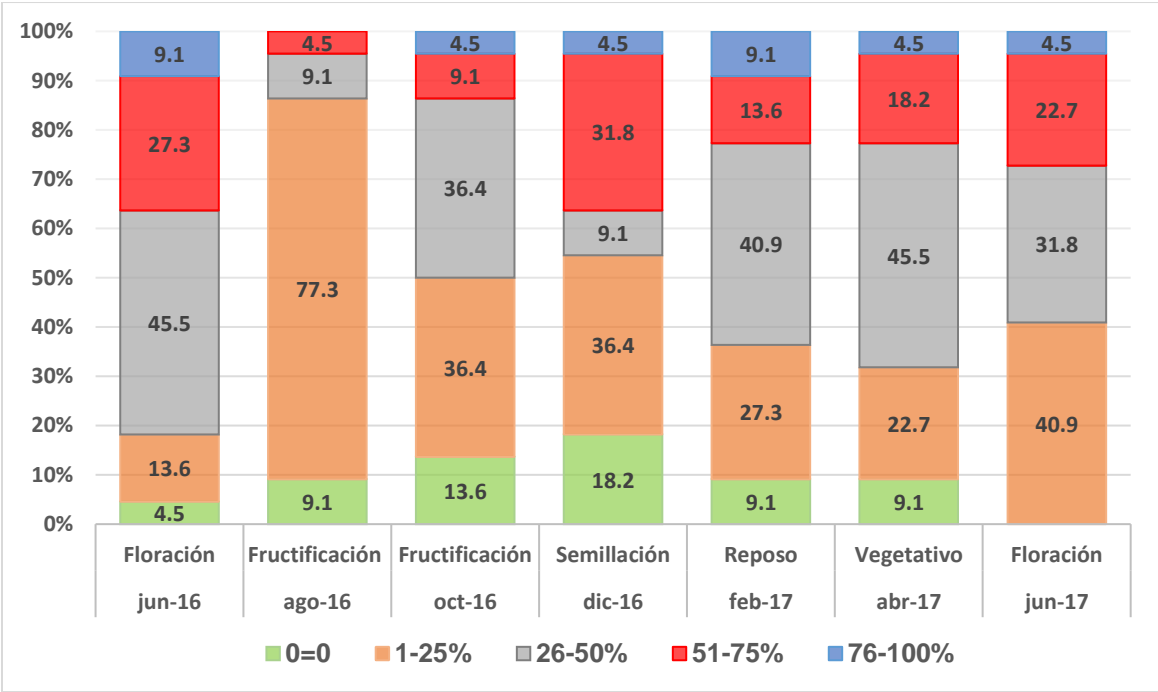


Figura 4.2. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para *Bursera copallifera*, descrito aplicando la metodología de Fournier (1974).

4.5.2. Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*)

Los resultados de las observaciones fenológicas en individuos de palo dulce en julio de 2016 mostraron que en un 66% se encontraba en estado vegetativo. El 33% de los individuos mostraba inicios de floración, en agosto de 2016 se encontró al 75% de los individuos en estado de floración, el 25% restante presentaba inicios de fructificación, en octubre se encontró que la mayoría de los individuos (83%) se encontraban en algún rango de fructificación (Figura 4.3).

Para diciembre de 2016, también ese 83% se encontraba en estado de semillación y para febrero y abril de 2017 estuvieron en reposo; otra vez, en junio de 2017 el 83% de los individuos se encontró en estado vegetativo (Cuadro 4.3).



Estos resultados se asemejan a lo reportado por Cervantes y Sotelo (2002), mientras tiene diferencia con lo encontrado en fichas técnica de esta especie publicadas por la CONABIO, ya que es estas se reporta que la fructificación es de noviembre a diciembre.

Cuadro 4.3. Estados fenológico bimestral de junio 2016 a julio 2017 de *Eysenhardtia polystachya* del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón.

Especie	Jun-16	Ago-16	Oct-16	Dic-16	Feb-17	Abr-17	Jun-17
<i>Eysenhardtia polystachya</i>				16.7%	100%	100%	
	66.7%						83.3%
	33.3%	75%	8.3%				16.7%
		25%	83.4%				
			8.3%	83.3%			

■ Reposo ■ Vegetativo ■ Floración ■ Fructificación ■ Semillación

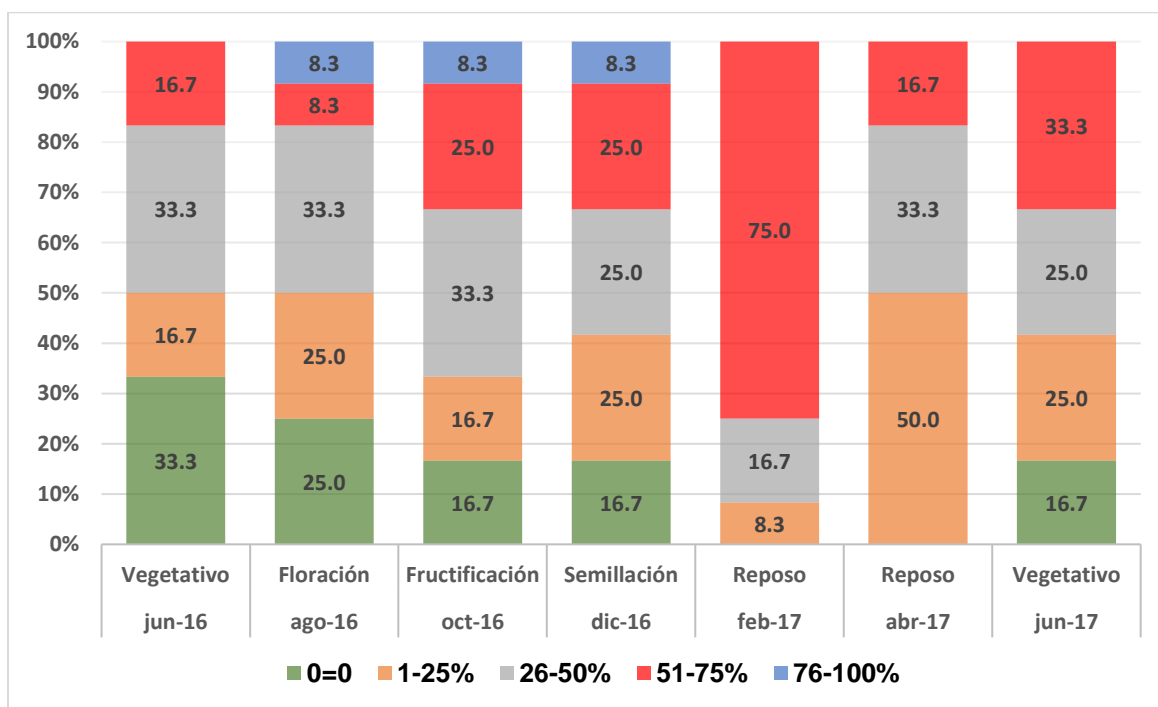


Figura 4.3. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para *Eysenhardtia polystachya* descrito aplicando la metodología de Fournier (1974).

#### 4.5.3. Tecolhuixtle (*Acacia bilimekii*)

Esta especie no perdió el follaje, totalmente en ningún momento por lo cual no estuvo en estado vegetativo, fue hasta diciembre de 2016 que se observaron flores en el 96% de los individuos (Cuadro 4.4), para febrero de 2017 el 76% de los individuo ya presentaba

fructificación en algún rango (Figura 4.4) y en abril ya estaban en estado de semillación; en junio de 2017 el 96% se encontraba en estado de reposo (Cuadro 4.4).

Estos resultados son similares a los reportados por Jiménez (2003) que menciona, que la fenología reproductiva de esta especie fue relativamente sincronizada con un periodo marcado de floración de (enero a abril) y uno de fructificación (de marzo a julio). Es importante mencionar que los periodos reproductivos de las plantas generalmente están asociados a los ciclos de disponibilidad de agua y nutrientes de cada sitio así como de otros factores climáticos, edáficos y bióticos.

Cuadro 4.4. Estados fenológicobimestral de junio 2016 a julio 2017 de *Acacia bilimekii* del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón.

Especie	Jun-16	Ago-16	Oct-16	Dic-16	Feb-17	Abr-17	Jun-17
<i>Acacia bilimekii</i>	100%	100%	100%	4%			96%
				96%	16%		
					76%	4%	
					8%	96%	4%

■ Reposo ■ Vegetativo ■ Floración ■ Fructificación ■ Semillación

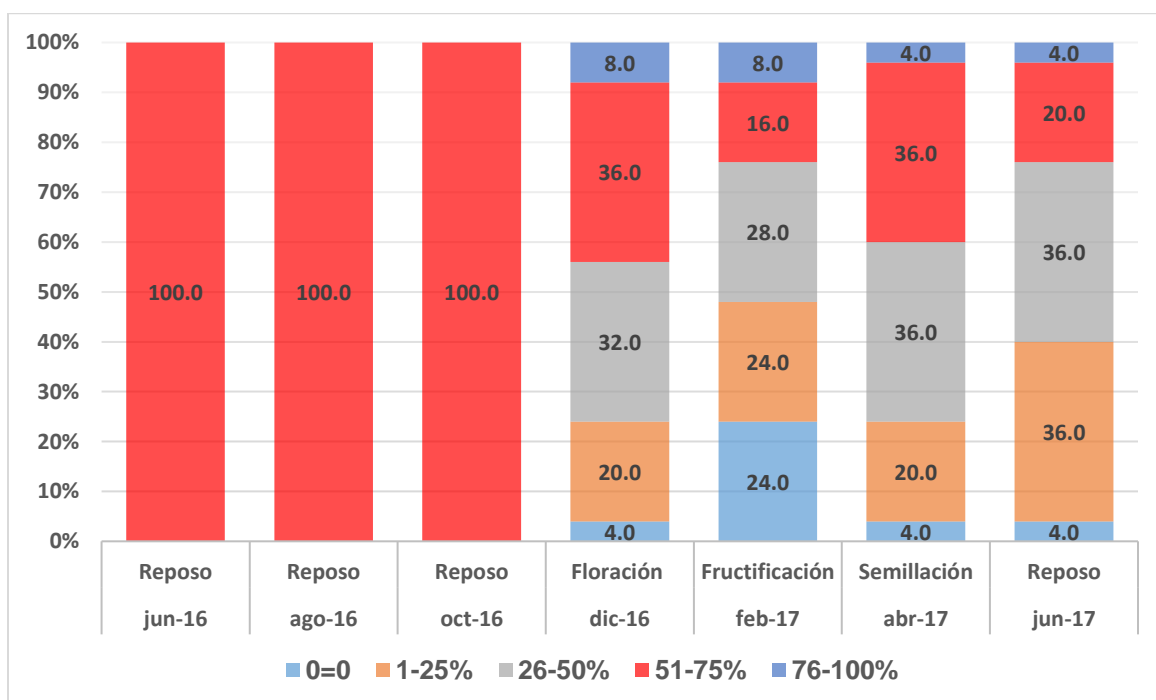


Figura 4.4. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para *Acacia bilimekii* descrito aplicando la metodología de Fournier (1974).

#### 4.5.4. Tepemezquite (*Lysiloma divaricata*)

En cuanto a las observaciones fenológicas en junio de 2016, el 91% de los individuos de Tepemezquite se encontró en estado vegetativo, el 9% restante comenzaba a presentar floración; para agosto de 2016 el 86% ya se encontraba en floración; en octubre de 2016 el 91% estaba en fructificación en algún rango (Figura 4.5).

En diciembre de 2016 se encontró al 95% en algún rango de semillación para febrero y abril la mayoría ya se encontraba en estado de reposo (Cuadro 4.5. Para junio de 2016 el 85.7% de los individuos ya estaba en estado vegetativo.

Cervantes y Sotelo (2002), coinciden con nuestros resultados, ellos encontraron que esta especie por lo regular permanece en reposo de noviembre a abril y puede entrar en estado vegetativo de mayo a octubre, teniendo su época de floración en el periodo que comprende de junio a septiembre, y que la mejor época para la recolección de semilla es de noviembre a marzo.

Cuadro 4.5. Estados fenológicobimestral de junio 2016 a julio 2017 de *Lysiloma divaricata* del Bosque Tropical Caducifolio, del Ejido El Limón.

Especie	Jun-16	Ago-16	Oct-16	Dic-16	Feb-17	Abr-17	Jun-17
<i>Lysiloma divaricata</i>				4.8%	66.7%	100%	
	90.5%	14.3%	9.5%				85.7%
	9.5%	85.7%					14.3%
			90.5%				
				95.2%	33.3%		

■ Reposo ■ Vegetativo ■ Floración ■ Fructificación ■ Semillación

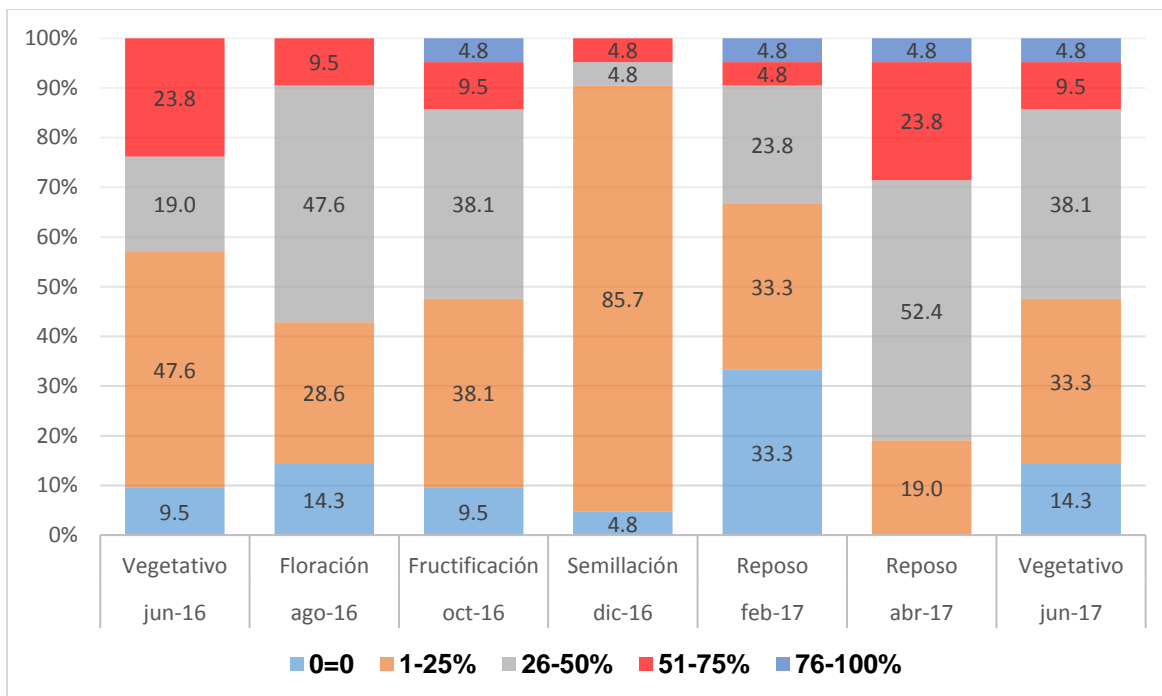


Figura 4.5. Máximo porcentaje de estado fenológico, bimestral para *Lysiloma divaricata* descrito aplicando la metodología de Fournier (1974).

#### 4.6. Conclusiones

El estudio de la fenología es trascendental para el entendimiento de la dinámica, coexistencia y conservación de las numerosas especies de los bosques tropicales secos.

Los eventos fenológicos de las especies arbóreas, estudiadas, responden de forma diferente a las condiciones climáticas conforme aumenta la época seca.

La cuantificación de la fenología, permite conocer la productividad y disponibilidad de frutos y semillas de cada sitio, árbol y especie.

La especie que mayor porcentaje promedio de Floración (56%) y Semillación (54%) obtuvo fue *Acacia bilimekii* (Tecolhuixtle), y *Eysenhardtia polystachya* (Palo dulce) (47.9%), presento la mayor Fructificación.

Fisonómicamente, la SBC está dominada por árboles de talla baja a mediana (5 a 15 m), que presentan una fenología muy marcada, asociada a la alta estacionalidad de la precipitación, es decir, presentan follaje en la época de lluvias, luego pierden las hojas y entran en estado de reposo durante la época seca del año.

#### 4.7. Literatura Citada

- Anderson, J. T., D. W. Inouye, A. M. McKinney, R. I. Colautti, and T. Mitchell-Olds. 2012. Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 279:3843–3852.
- Cervantes, S. M. A., y B. M. E. Sotelo. 2002. Guías técnicas para la propagación sexual de 10 especies latifoliadas de Selva Baja Caducifolia en el Estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP. 35 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad ). Consultado: 02/06/2018. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf)
- Feeley, K. J., S. J. Wright, M. N. Nur Supardi, A. R. Kassim, and S. J. Davies. 2007. Decelerating growth in tropical forest trees. *Ecology Letters*10(1):1-9.
- Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas de árboles. *Turrialba*. 24:422-423 (en línea). Consultado 22 de mayo de 2018: <http://es.scribd.com/doc/52137347/Intensidade-de-Fournier-1974>
- Gómez-Restrepo, M. L. 2010-2011. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, un paso hacia su conservación. 2 Volúmenes. Medellín: Corantioquia. 219 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1999. Ortofoto Digital. Escala 1:20000.
- Jiménez, L. V. 2003. Dinámica poblacional de *Acacia bilimekii* Macbr. (Mimosoideae) en Zapotitlan Salinas Puebla. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 93p.
- McCarty, J. P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15(2):320-331.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). UNFCCC. 26 p.

- Sánchez-Azofeifa, A., M. E. Kalacska, M. Quesada, K. E. Stoner, J. A. Lobo, and P. Arroyo-Mora. 2003. Tropical dry climates. *In*: Schwartz M. D, editor. Phenology: an integrative environmental science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp. 121-137.
- Van Vliet, A. J. H., and M. D. Schwartz. 2002. Phenology and climate: the timing of life cycle events as indicators of climate variability and change. *International Journal of Climatology*, 22:1713-1714.
- Velázquez, H. J. 2011. Biología reproductiva de dos especies del género *Bursera*. Tesis para obtener el título de Bióloga. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.
- Vilchez, B., R. Chazdon, y A. Redondo. 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. (en línea). Kurú: Revista Forestal: 1(2). Consultado 18 set 2012. Disponible en [http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista\\_Kuru/anteriores/anterior2/pdf/Articulo%201.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior2/pdf/Articulo%201.pdf)

## CONCLUSIONES GENERALES

En la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, específicamente en el ejido el Limón se encontraron 50 especies arbóreas pertenecientes a 20 familias botánicas, la familia que más presenta especies es la Fabaceae, esto propio de un bosque seco en donde la composición florística cuenta con un número no muy alto de especies.

La estructura horizontal encontrada es la de un bosque heterogéneo irregular natural no manejado en pleno desarrollo, el cual ha estado sujeto a perturbaciones de origen antropogénicos.

*Lysiloma divaricata* obtuvo el primer sitio en el Índice de Valor de Importancia (IVI) esta es una especie que posee importancia ecológica. La leña es el uso que más hace la población de las especies y de las más utilizadas están: *Mimosa benthami* y *Bursera copallifera*, hay que mencionar que algunas especies están siendo favorecidas (durante las prácticas de limpieza, corte o chapeo de las parcelas, los pobladores seleccionan esas especies y las dejan intencionalmente, favoreciendo su presencia), ya que las especies identificadas como dominantes tienen un alto valor de uso para los pobladores, quienes las emplean como leña, cercas vivas o postes. U otras especies como *Conzattia multiflora*, que no son explotadas pero su capacidad de establecimiento las lleva a desplazar a especies nativas.

El crecimiento de los árboles del Bosque Tropical Caducifolio está determinado por factores internos (genéticos), externos (sitio) y por el tiempo. Por lo general sigue una curva en forma sigmoideal. Inicialmente crecen lento, después crecen rápidamente y luego la velocidad de crecimiento se reduce nuevamente. Los datos encontrados podrían servir como una base para calcular las posibilidades anuales de producción de leña doméstica. Sin dejar de lado que este estudio se llevó acabo solo por doce meses y en condiciones ambientales particulares.

En cuanto a la dinámica del Bosque Tropical Caducifolio se encontró un mosaico complejo natural y cultural, por lo que este ecosistema es frágil y de baja resiliencia debido a la intensidad de uso ya sea por la extracción de madera para diferentes usos como por la carga animal (doméstico y silvestre) que soporta.



En cuanto a las evaluaciones fenológicas no se observó variaciones muy grandes, es decir valores extremos a pesar de que no fueron hechas en árboles de iguales características (edad, ubicación), en general coincidió con estudio realizado en ecosistemas similares.

Básicamente los BTC poseen, característicamente estacionales, con coberturas vegetales bajas y abiertas, además de afectadas por claros signos de perturbación. Desafortunadamente son vistos con menor interés paisajístico y económico, por lo cual es necesario que se conozca su estructura dinámica y diversidad para entender su historia natural y los usos actuales y potenciales de los mismos, estos sitios solo pueden ser valorados si los conocemos.

Por lo anterior se debe continuar con las mediciones para evaluar la dinámica de desarrollo del bosque utilizando las parcelas muestreo permanente ya establecidas un monitoreo anual como mínimo.