



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**Evaluación del estado poblacional de  
*Amphipterygium adstringens* en diez sitios de su  
distribución en México**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**KATIA ISIDRA FLORES**

Director de tesis:

**DRA. ANA MARÍA CONTRERAS GONZÁLEZ**



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla Edo. de México, 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Agradecimientos

A la UNAM, por brindarme educación, aprendizaje, crecimiento y oportunidades, por esta maravillosa oportunidad del conocimiento.

A la Dra. Ana María Contreras González mi asesora y tutora. Por aceptarme, por leerme incontables veces, por guiarme, corregirme e instruir en esta última etapa de mi formación, por su paciencia, dedicación, amabilidad y entusiasmo. Por ser ese docente que todos necesitamos. Por todas las experiencias, las historias y anécdotas contadas y vividas, y por llevarme a campo y haber hecho que lo apreciara mucho más.

A los miembros del jurado: Dr. Juan Pablo Castillo Landero, Dr. Francisco Alberto Rivera Ortiz, Dra., María del coro Arizmendi Arriaga y Dra. María Félix Ramos Ordoñez, por su apoyo y entusiasmo, por su compromiso, tiempo, y por sus aportaciones, para que este trabajo mejorara.

Al proyecto **FESI-DIP-PAPCA-2016-4** y a todos los colaboradores e involucrados, por la participación y apoyo para la realización de dicho proyecto.

## Dedicatorias

A mi Padres, Cirilo y Luisa, por su amor, paciencia, por educarme, por las noches desveladas, por cada regaño, por confiar en mí, y apoyarme siempre en cada una de mis decisiones, por escucharme, por enseñarme el valor de la humildad, el esfuerzo, la valentía, el amor, la justicia, y la libertad, por ser mi ejemplo y por ser el mejor regalo de la vida.

A mis hermanos, Citlali, Diego y Maritsa, por llenar mi vida de alegrías, buenos y malos momentos, por ser la esperanza y la dulzura de la vida.

A Omar por su cariño, ternura, paciencia, amabilidad, por siempre cuestionarme, por enseñarme, y mostrarme un mundo diferente, por su apoyo, por motivarme e inspirarme y por ver aquello que nadie ve en mí.

A mis amigos, Luis, Angy, Deli, Brenda, Aremi, Mariana, Hugo, Alexis, y a mis compañeros con los que tuve oportunidad de sonreír, compartir, conocer y aprender. Por hacer una experiencia maravillosa en este camino del aprendizaje.

No soy especial  
Soy uno más  
Un animal, buscando paz  
Cohabitar  
Soy uno más, un animal  
En círculo.

Juan Pablo Corcuera  
& Caloncho

# ÍNDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	9
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES .....	9
<b>4. MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
4.1. ESPECIE DE ESTUDIO .....	10
4.2. ÁREAS DE ESTUDIO .....	12
4.2.1. <i>Michoacán</i> .....	13
4.2.2. <i>Guerrero</i> .....	14
4.2.3. <i>Morelos</i> .....	14
4.2.4. <i>Puebla</i> .....	15
4.2.5. <i>Oaxaca</i> .....	16
4.3. OBTENCIÓN DE DATOS .....	17
4.3.1. <i>Densidad y distribución</i> .....	17
4.3.2 <i>Estructura de tamaños</i> .....	17
4.3.3 <i>Individuos juveniles asociados a una planta perenne</i> .....	18
4.3.4. <i>Marcas de descortezamiento en los tallos de los individuos de A. adstringens</i> .....	18
4.4. ANÁLISIS DE DATOS .....	19
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>20</b>
5.1. DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN .....	20
5.2. ESTRUCTURA DE TAMAÑOS.....	20
5.3. INDIVIDUOS JUVENILES ASOCIADOS A UNA PLANTA PERENNE: DISTANCIA Y ORIENTACIÓN.....	24
5.4. MARCAS DE DESCORTEZAMIENTO EN LOS TALLOS DE LOS INDIVIDUOS DE <i>A. ADSTRINGENS</i> .....	30
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>32</b>
6.1. DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN .....	32
6.2. ESTRUCTURA DE TAMAÑOS.....	34
6.3. INDIVIDUOS JUVENILES ASOCIADOS A PLANTAS PERENNES: DISTANCIA Y ORIENTACIÓN .....	36
6.4. MARCAS DE DESCORTEZAMIENTO EN LOS TALLOS DE LOS INDIVIDUOS DE <i>A. ADTRINGENS</i> .....	39
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>40</b>
<b>8. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>42</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>55</b>
9.1. ANEXO I .....	55
9.2. ANEXO II .....	55

## Índice de Figuras

Figura 1. Distribución de AMPHIPHYTERGIUM ADSTRINGENS en México. ....	10
Figura 2. Especie de estudio, A. ADSTRINGENS en el bosque tropical caducifolio. ....	11
Figura 3. Especie de estudio A. ADSTRINGENS. A- Hojas B- Flor femenina C- Flor masculina, D- Fruto E- Corteza .....	12
Figura 4. Mapa que muestra las diez localidades de estudio .....	13
Figura 5. Individuos de A. ADSTRINGENS con marcas de extracción de la corteza. ....	18
Figura 6. Estructura de tamaños de A. ADSTRINGENS en las localidades Ostula y Pómaro, Michoacán.....	21
Figura 7. Estructura de tamaños de A. ADSTRINGENS s en las localidades de Cuambio y Papalutla, Guerrero.....	22
Figura 8. Estructura de tamaños de A. ADSTRINGENS en las localidades Tlayca y Tlayecac, Morelos. ....	22
Figura 9. Estructura de tamaños de A. ADSTRINGENS en las localidades Tilapa y Coxcatlán, Puebla. ....	23
Figura 10. Estructura de tamaños de A. ADSTRINGENS en las localidades, El Cascalote, y El cañón del Sabino, Sta. María Tecomavaca, Oaxaca. ....	24
Figura 11. Porcentaje de individuos juveniles asociados y no asociados a plantas perennes. ...	25
Figura 12. Orientación de los individuos juveniles de A. ADSTRINGENS con respecto al tallo de las especies de las plantas perennes con las que se asocia. ....	28
Figura 13. Porcentajes de distancia en la que se establece A. ADSTRINGENS en relación con la copa de las plantas perennes, en los sitios Cuambio y Papalutla en Guerrero. ....	29
Figura 14. Porcentajes de distancia en la que se establece A. ADSTRINGENS en relación con la copa de las plantas perennes, en los sitios Tilapa y Coxcatlán en Puebla.....	29
Figura 15. Porcentajes de distancia en la que se establece A. ADSTRINGENS en relación con la copa de las plantas perennes, en los sitios El Cascalote, y El cañón del Sabino, Oaxaca. ....	30
Figura 16. Porcentaje de individuos de A. ADSTRINGENS que presentaron marcas de descortezamiento.....	31

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Densidad y distribución de individuos de A. ADSTRINGENS en cada uno de los sitios .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Cuadro 2. Valores estadísticos de cada sitio en el número de individuos juveniles asociados y no asociados a una planta perenne. ....	25
Cuadro 3. Especie de plantas perennes registradas, con las que se asocia A. ADSTRINGENS ....	27

## 1. Resumen

La especie *Amphipterygium adstringens* es conocida comúnmente como cuachalalate, es una especie que se encuentra en el bosque tropical caducifolio, y se distribuye en México desde Sinaloa hasta Chiapas. Esta especie se utiliza tradicionalmente para curar más de 30 enfermedades, entre ellas, la malaria, cáncer estomacal, además de servir como antiséptico y aliviar la fiebre, entre otras enfermedades, lo cual ocasiona que exista una elevada demanda de su corteza, una recolección de aproximadamente 57.5 toneladas anuales. Actualmente hay muy poca información sobre el estado poblacional del cuachalalate, por lo que el objetivo del presente trabajo fue, evaluar el estado actual de las poblaciones de *A. adstringens* en diez sitios de su distribución en México. Para lo cual, se analizaron datos de diez sitios, correspondientes a Ostula y Pómaro en Michoacán, Cuambio y Papalutla en Guerrero, Tlayca y Tlayecac en Morelos, Tilapa y Coxcatlán en Puebla y El Cascalote y El cañón el Sabino en Oaxaca. En el presente estudio, en cada sitio se determinó la densidad, distribución y estructura de tamaños de la especie, para esta última, se establecieron seis categorías de tamaños correspondientes a: Categoría 1 (DAB: 0.1-2.6 cm y altura: 3-150 cm), Categoría 2 (DAB: 2.7- 5 cm y altura 150.1-300 cm), Categoría 3 (DAP: 5-10 cm), Categoría 4 (DAP: 10.1-18 cm), Categoría 5 (DAP: 18.1-35 cm, Categoría 6 (DAP: >35.1 cm). También se determinó si el patrón de establecimiento de individuos juveniles ocurre bajo el dosel de una planta perenne. En caso de presentar una asociación de los individuos juveniles del cuachalalate, se analizó si estos se establecen en una orientación en particular, y si los individuos juveniles se establecen cerca del centro de las plantas perenes o se establecen en las orillas de las copas. Además, se determinó el porcentaje de individuos con marcas de descortezamiento en seis sitios de estudio, a través del conteo de individuos que presentaron marcas como evidencia de extracción.

Se encontró que la densidad de individuos en los sitios estudiados varió de 200 a 1116.66 individuos/ha, y los individuos presentaron una distribución agregada en los 10 sitios. La estructura de tamaños, en los estados de Puebla y Oaxaca predominan las tallas pequeñas (Categoría 1 y 2), mientras que en Morelos y Michoacán predominan las tallas mayores (Categoría 4, 5 y 6), y en el estado de Guerrero se encontró una

composición de individuos de tallas pequeñas y grandes. En relación con el establecimiento de individuos juveniles, se encontró que *A. adstringens* presentó un establecimiento tanto bajo el dosel de una especie de planta perenne como en espacio abierto. Se registró un total de 31 especies de plantas perennes con las cuales se asocian los individuos juveniles de *A. adstringens*, y se encontró que se establecen a cualquier distancia del centro de la planta perenne a la orilla del dosel de estas, por otra parte, solo en el estado de Puebla, se encontró que los individuos juveniles se establecen principalmente al noroeste. Se encontró que en los sitios de estudio existió un bajo grado de extracción de la corteza, ya que solo el 7.03% de todos los individuos muestreados presentaron marcas de descortezamiento en el tallo.

En base en lo obtenido, en la actualidad las poblaciones de *A. adstringens*, presentan diferencias en cuanto a su densidad y estructura de tamaños. Debido a factores como el tamaño y variabilidad poblacional, localización biogeográfica, heterogeneidad ambiental y grado de disturbio. En los sitios de Guerrero, Puebla y Oaxaca, se podría hablar de una población en crecimiento debido a la presencia de individuos de las primeras categorías, y en los sitios de Michoacán y Morelos, las poblaciones presentan un bajo reclutamiento de individuos, que indica que, en algún futuro, las poblaciones irán en decaimiento. Por otro lado, *A. adstringens* no presentó un patrón para su establecimiento, ya que se establece tanto bajo el dosel de plantas perennes como en espacios abiertos, esto como respuesta a diversas adaptaciones que presentan los individuos. Finalmente, no hay evidencia suficiente que nos indique que los sitios de estudio atraviesan por una extracción intensiva de corteza, sin embargo, no se descarta la posibilidad que en otros sitios de su distribución esté ocurriendo.

**Palabras clave:** Cuachalalate, densidad, distribución, estructura de tamaños, asociación, bosque tropical caducifolio.

## 2. Introducción

El bosque tropical caducifolio conocido también como selva baja caducifolia, que se localiza desde el nivel del mar hasta los 2,000 msnm. Presenta un clima cálido subhúmedo (Murphy y Lugo, 1986; Trejo, 2005; Rzedowski, 2006; Meave et al., 2012). En México presenta una extensión de 14,560,176 ha, que representa el 10.56% de la superficie forestal nacional (CONAFORT, 2018). Este tipo de vegetación presenta una distribución principalmente en laderas de las sierras y lomeríos de la vertiente del Pacífico, desde el sur del estado de Sonora hasta Chiapas, así como en la parte centro-sur de México (Trejo, 2005).

El bosque tropical caducifolio era considerado como una comunidad densa, que alberga un número de endemismos considerables, de los cuales las especies arbóreas son dominantes (Ceballos y García, 1995; Sánchez-Velázquez et al., 2002; Rzedowski, 2006). Dentro de las especies dominantes en este tipo de vegetación se encuentran las especies de familia, Burseraceae, Cactaceae, y Fabaceae, y en menor medida, Anacardiaceae, Capparidaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae y Zygophyllaceae (Valiente-Banuet et al., 2009; Osorio, 2012; Dzib-Castillo et al., 2014; Méndez-Toribio et al., 2014).

Este tipo de ambientes es de gran importancia porque presenta la mayor proporción de los bosques tropicales en México, y presenta un gran número de endemismos (CONABIO, 2019). Además de brindar servicios ambientales como la conservación del suelo, el reciclaje de nutrientes, la preservación de la biodiversidad, mantenimiento del ciclo hidrológico, la captura de CO<sub>2</sub> (Chopra, 1993), la regulación biológica de polinizadores (Meave et al., 2012), además de proveer bienes y servicios culturales (Balvanera et al., 2011; Meave et al., 2012), ya que la cantidad de recursos no maderables aprovechados, es mayor en comparación con los bosques húmedos (Osorio, 2012).

El bosque tropical caducifolio es un ambiente con una estacionalidad muy marcada, con un periodo de lluvias y otro de sequías, el primero abarca generalmente cuatro meses, en México va de junio a octubre, mientras que el periodo de sequías va de noviembre a mayo (Trejo, 2005; Meave et al., 2012), pero puede llegar a durar ocho meses y convertirse en temporadas muy severas (Gallardo-Cruz et al., 2005). Durante el periodo de sequía, el bosque tropical caducifolio se caracteriza por presentar un aumento en la temperatura y una disminución en la humedad, por lo que las especies vegetales muestran una pérdida de las hojas y entran en una etapa de dormancia en

donde surge una modificación en los procesos celulares básicos (Borchert, 2000; Borchert, 2001; Rivera et al., 2002).

A pesar de los mecanismos que desarrollan las especies de zonas áridas y semiáridas, en temporadas de sequías tan extremas, la mortalidad de los individuos juveniles para algunas especies, aumenta cuando se encuentran en espacios desprovistos de vegetación (espacios abiertos) (Valiente-Banuet y Ezcurra 1991; Khurana y Singh, 2001; Cabin et al., 2002). Es por ello que algunas especies arbóreas y arbustivas, pueden jugar un papel importante sobre algunas especies de plantas durante la fase de germinación y establecimiento, ya que algunas especies de plantas vecinas, por su arquitectura arbórea, a través de sus hojas, ramas y tronco, proporcionan a las plántulas y juveniles sombra (Bazzaz, 1991; Tielbörger y Kadmon, 2000; De Villers et al., 2001).

Esta arquitectura arbórea regula la cantidad de luz a la que son expuestas las plántulas y juveniles, siendo uno de los factores clave para la supervivencia, establecimiento y crecimiento de algunas especies de plantas (Bazzaz, 1991; Khurana y Singh, 2001; Sánchez-Velásquez et al., 2002; Montgomery et al., 2010). Esto se debe a que la sombra proporcionada por el dosel de las especies vecinas y la presencia de estas en ambientes áridos y semiáridos, generan cambios microambientales importantes para el éxito de las plántulas y juveniles (Bazzaz, 1991; Cervera et al., 2006; Singh y Kushwana, 2006; Callaway, 2007; Montgomery et al., 2010; Moreno-Casasola et al., 2011; Encino-Ruiz et al., 2013). Entre los cambios se encuentran, una reducción en la velocidad del aire y de la radiación solar, una disminución en la temperatura, y un aumento en la humedad y la textura de la superficie del suelo, además de un incremento en la cantidad de materia orgánica y en la cantidad de nutrientes (Khurana y Singh, 2001; Singh y Kushwana, 2006; Callaway, 2007; Montgomery et al., 2010; Encino-Ruiz et al., 2013). Otro factor clave en el establecimiento de plantas es la distancia a la cual se encuentran las plántulas y juveniles con respecto a las especies vecinas, ya que la cantidad de recursos del centro del dosel hacia el exterior disminuye, y la radiación solar se incrementa (Moro et al., 1997; Dickie et al., 2005).

La supervivencia de las plántulas y de los individuos juveniles, influye en los patrones de distribución de las poblaciones de plantas (Cook, 1979; Hyatt et al., 2003). Es por ello que, en temas de conservación y restauración, es fundamental conocer que especies son idóneas para realizar actividades de restauración, ya que éstas van a

proporcionan refugio debajo de su dosel, y esto determinara el éxito en el establecimiento de las especies (Padilla y Pugnaire, 2006; Liao et al., 2015).

El bosque tropical caducifolio ha presentado una gran problemática, debido a la elevada pérdida de su extensión. En el 2007 se reportó una pérdida a nivel mundial de aproximadamente 294 mil hectáreas, el equivalente al 2% del total (FAO, 2010). Sin embargo, a pesar de que en México se estima una recuperación de 204,263 hectáreas en un periodo de tres años según el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2009-2014), los bosques tropicales caducifolios siguen presentando perturbaciones y modificaciones, lo cual ha generado un ambiente fragmentado (Khurana y Singh, 2001; Henao et al., 2018), a causa principalmente de las actividades agrícolas y ganaderas, y del aumento en el establecimiento de las poblaciones humanas (Ceballos y García, 1995; Calderón-Aguilera et al., 2012; Osorio, 2012).

El bosque tropical caducifolio es un ecosistema con una elevada extracción y aprovechamiento de especies de plantas (Sánchez-Velázquez et al., 2002; Ruiz et al., 2007; Castillo et al., 2009), debido a que posee especies que son explotadas como recursos no maderables, entre los que se encuentran la recolección y uso de madera, frutos, hojas, látex o la extracción de corteza de algunas especies arbóreas para el aprovechamiento de sus distintas propiedades (Chopra, 1993; Sánchez-Velázquez et al., 2002; Jimoh et al., 2013).

La perturbación de los bosques y el aprovechamiento de los recursos forestales puede ser perjudicial en la estructura de las comunidades (Shova y Chapman, 2010), y originar impactos ecológicos significativos (Ceballos y García, 1995; Fahring, 2003; Díaz, 2005; Dantas, 2012). La deforestación y sobreexplotación de estos recursos puede alterar la composición de las especies arbóreas, que podría conllevar a una declinación de las poblaciones nativas, que inclusive puede llevar a su extinción local (Sarmah, 2012), afectando la sostenibilidad ecológica de las especies y alterando la estructura de la comunidad vegetal del bosque (Neumann y Hirsch, 2000).

La pérdida acelerada de los bosques, demanda la obtención de estudios detallados del estatus actual de las poblaciones de las especies que componen el bosque tropical caducifolio (Peters, 1994). Sin embargo, los estudios poblacionales de los recursos forestales no maderables en estos bosques son escasos, debido a que es un ecosistema poco valorado (Johnston, 1998; Cuevas et al., 2008; Castillo et al., 2009; Díaz-Pérez et al., 2011; Ponce, 2013; González, 2019).

Entre las investigaciones reportadas, sobre estudios poblacionales de especies originarias del bosque tropical caducifolio que presentan algún impacto debido a la extracción, se encuentra las especies del género *Bursera*, de las cuales son extraídos aceites esenciales y resina, además de ser utilizado como leña, pegamento, y para la elaboración de artesanías, como lo son alebrijes en el estado de Oaxaca y Morelos, entre otros usos (Peters et al., 2003; Rzedowski, 2006; Ponce, 2013). Se ha descrito que la especie *Bursera palmeri*, presenta una distribución fragmentada a causa de la deforestación, lo que ocasiona escasez de individuos jóvenes (Ponce, 2013). Mientras que las poblaciones de *B. glabrifolia*, están constituidas por pocos individuos a causa de su lento crecimiento y a la falta de regeneración de la especie, lo que ha llevado a que la especie esté al borde de la extinción, así mismo, se ha descrito que estas poblaciones pueden soportar la remoción periódica de árboles adultos, si la recolección se realiza en una base extensiva, en lugar de intensiva (Peters et al., 2003).

Beltrán-Rodríguez et al. (2015), muestran que la especie *Hintonia latiflora*, que también es una especie utilizada en medicina tradicional como antidiabético y febrífugo, presenta una baja densidad de individuos que corresponde de 2 a 4 individuos por hectárea, lo que trae como consecuencia, la baja posibilidad de regeneración de las poblaciones de manera natural.

Laloo et al. (2006) mencionan que algunas plantas medicinales como *Camelia caduca*, *Cinnamomum pauciflorum*, *Stereospermum kunthianum* y *Parkia javanicaca*, presentaron una disminución sucesiva en sus poblaciones a causa de su explotación. En estas poblaciones predominan los individuos con un DAP menor a 5 cm, que corresponden en su mayoría a individuos jóvenes, mientras que los individuos adultos son escasos. Por otra parte, los autores indican que el grado de regeneración de estas especies está fuertemente relacionado con la perturbación, ya que, si esta sigue en aumento, hace difícil el reclutamiento y supervivencia de las plántulas.

Palacios et al. (2009), mencionan que especies como *Olneya tesota*, *Parkinsonia praecox* y *Guaiacum chuleria*, al presentar una extracción para utilizarlas como leña, fabricación de carbón y cercos ganaderos, en la cuenca del río Mayo en Sonora, ha generado la pérdida de la cobertura vegetal, ocasionando así la erosión del suelo, la pérdida del hábitat de la flora silvestre y el incremento en el flujo superficial del agua.

Por su parte, Quesada y Quiros (2003) indican que *Dalbergia retusa*, que es una especie utilizada en la industria maderera, presenta poblaciones fragmentadas, lo que ocasiona que existan problemas para mantener un germoplasma estable, que le

permita adaptarse a cambios por la presión, ejercida por actividades de explotación. Así mismo, los autores indican que las poblaciones de la especie mostrarán una variación dependiendo de las necesidades biológicas y de las condiciones edáficas, además del grado de afectación que hay en cada población.

Otra especie presente en este tipo de vegetación, que es utilizada por sus propiedades curativas es *Amphipterygium adstringens* (Schiede ex Schlecht.), conocido comúnmente como cuachalalate. El cuachalalate es considerado como una de las especies más utilizadas en México y con un alto valor de importancia tradicional (Beltrán-Rodríguez et al., 2015; Burgos et al., 2016; Sánchez et al., 2018; Gutiérrez-Grijalva y Heredia, 2019). En el estado de Morelos, ocupa el primer lugar de importancia de especies registradas por su uso en la medicina tradicional, mientras que, en Puebla y Guerrero, ocupa el segundo lugar, de importancia (García, 2009; Martínez-Pérez et al., 2012). Esta especie es utilizada para curar alrededor de 30 enfermedades, entre ellas se encuentran; la malaria, cáncer estomacal, úlcera de estómago, además de servir como antiséptico y aliviar la fiebre, entre otros usos (Gálvez y Solares, 2002; Solares-Arenas et al., 2006; Solares et al., 2012), lo que ha causado una elevada demanda de la especie. Se ha reportado que la recolección promedio de corteza de *A. adstringens* es de 57.5 toneladas anuales, provenientes principalmente de la parte sur del estado de Morelos, en la región de la Mixteca Poblana, al norte de la Cuenca de Balsas, y en Totolapan en Oaxaca (Solares et al., 2012).

Una alta demanda de la corteza de la especie genera una extracción desmedida y mal realizada en la mayoría de los casos (Solares y Gálvez, 2002). Un mal descortezamiento podría generar la presencia de plagas y enfermedades, (Martínez, 2015), una modificación en la producción de nutrientes y hormonas encargadas en la producción de flores y frutos (Cunningham, 2001), una disminución en la concentración de carbohidratos, (Martínez, 2015) y la destrucción de los tejidos conductores como el floema, además del cambium vascular, lo cual podría tener afectaciones en el desarrollo fisiológico del árbol, reduciendo o inhibiendo su capacidad de regeneración de la corteza (Solares et al., 2012), o limitar el crecimiento de los individuos (Beltrán-Rodríguez et al., 2015), e inclusive podría traer como consecuencias la muerte del individuo (Solares-Arenas et al., 2006), ya que el 80 % de los casos de un mal descortezamiento de *A. adstringens* ocasiona la muerte del individuo (Solares y Gálvez, 2002).

Algunos estudios han descrito que el cuachalalate es una especie que presenta asociaciones con otras especies vegetales, entre ellas especies del género *Bursera* y con *Pseudosmodium perniciosum* (Solares y Gálvez 2002; Guzmán-Pozos y Cruz-Cruz, 2014; González, 2019).

La especie *A. adstringens* cuenta con poca información acerca de su estado poblacional. Zamora (2003) reporta en el estado de Oaxaca, una densidad baja de individuos (40.9 individuos/ hectárea), y debido a que es una especie con una limitada distribución, y presenta una alta sobreexplotación, podría llegar a presentar problemas poblacionales, incluso la podría poner en riesgo de extinción. Por lo que, es importante realizar estudios que nos permitan analizar y determinar el estatus actual de las poblaciones de *A. adstringens*.

Debido a que la extracción de una parte de la planta, puede reducir la productividad del árbol, lo cual puede alterar la capacidad de regeneración de los individuos, y afectar la producción de flores y frutos, mostrando una disminución en el reclutamiento de nuevos individuos, lo que se podría afectar el crecimiento poblacional de la especie en algunos sitios, por lo que se esperaba en el estudio, la especie presentara densidades bajas de individuos en algunos sitios de su distribución, además de que se presentara una estructura poblacional distinta entre los diferentes sitios de estudio, debido a que la especie está sometida a diferentes condiciones en cada uno de los sitios de su distribución, y dependiendo del grado de afectación de las poblaciones.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Determinar la densidad, distribución y estructura poblacional de *Amphipterygium adstringens* en diez sitios de su distribución en México, para evaluar el estado poblacional actual de la especie.

#### **3.2. Objetivos particulares**

- Determinar la densidad poblacional y distribución espacial de *A. adstringens* en diez sitios de su distribución en México, para conocer el tamaño de las poblaciones en las localidades estudiadas.
- Determinar la estructura de tamaños de esta especie en cada uno de los sitios de estudio, para conocer la composición de individuos que presentan las poblaciones en cada uno de los sitios.
- Determinar si el establecimiento de individuos juveniles de *A. adstringens* ocurre debajo del dosel de las especies de plantas perennes, y determinar si esta ocurre en una orientación y distancia con respecto al tallo de la planta perenne con la cual se asocian, con el fin de obtener herramientas para la elaboración de futuros planes de conservación y restauración de la especie.
- Determinar el porcentaje de individuos que presentan marcas de extracción de la corteza de *A. adstringens* en seis sitios de estudio, para determinar el grado de extracción en estas poblaciones.

## 4. Métodos

### 4.1. Especie de estudio

La especie *A. adstringens* es conocida comúnmente como cuachalalate, pertenece a la familia Anacardiaceae. El cuachalalate se encuentra en el bosque tropical caducifolio, el bosque tropical subcaducifolio, y matorral subtropical, a una altitud entre 100 a 1,300 msnm (Solares y Gálvez, 2002; Cuevas, 2005). En México se distribuye en la vertiente del Pacífico, en los Estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Figura 1), y se ha registrado que se distribuye hasta la zona norte de Guatemala (Cuevas, 2001; Solares y Gálvez 2002; Cuevas, 2005; Guzmán-Pozos y Cruz-Cruz, 2014).



Figura 1. Distribución de *Amphipterygium adstringens* en México. (Imagen generada a través de gbig.org, 2019)

La especie *A. adstringens* crece de forma arbustiva o arbórea. Es una especie dioica que mide comúnmente de 4 a 8.5 metros de altura, y puede llegar a medir hasta 12 metros (Figura 2). Los individuos adultos presentan un diámetro a la altura al pecho (DAP) entre 10 cm y 20 cm, sin embargo, se ha reportado algunos individuos con un DAP de hasta 40 cm (Solares y Gálvez 2002; Pennington y Sarukhán, 2005). El tronco presenta ramas gruesas y torcidas ascendentes de tipo pilosas a glabrescentes en los extremos. Presenta hojas simples o compuestas de 3 a 7 folíolos de 10 cm de largo aproximadamente, son obovadas, sésiles y con el borde aserrado y piloso, están dispuestas en espiral, que nacen en las puntas de las ramas (Figura 3A). La especie presenta copa amplia y aplanada (Cuevas, 2001; Solares y Gálvez, 2002; Cuevas, 2005; Monroy y Castillo, 2007). Tiene una dormancia metabólica durante los meses secos de octubre a mayo, en donde se presenta la caída de las hojas (Solares y Gálvez, 2002).



Figura 2. Especie de estudio, *A. adstringens* en el bosque tropical caducifolio, en el estado de Guerrero (Fotografía de Daniel Flores Alta, 2018).

Las inflorescencias femeninas de la especie se encuentran en racimos de 1 a 1.5 cm de largo y se presentan generalmente de 2 a 4 flores por racimo (Figura 3B), mientras que las inflorescencias masculinas miden de 7 a 12 cm de largo, que se disponen en las axilas de las hojas de manera solitaria (Figura 3C). En ambos casos, las flores son blancas amarillentas (Solares y Gálvez, 2002; Cuevas, 2005). Los frutos de la especie son indehiscentes y fibrosos, que se disponen en racimos de 2.5 cm a 5 cm de largo (Solares y Gálvez, 2002; Cuevas, 2005). El fruto es seco de tipo sámara (Figura 3D), que presenta pedicelos aplanados y acrescentes en forma de ala que tiene la función de protección y dispersión (Guzmán-Pozos y Cruz-Cruz, 2014). En los pedicelos se encuentran una o dos semillas aplanadas de 5 mm de largo (Cuevas, 2005; Pennington y Sarukhán, 2005). Esta especie presenta un periodo de floración de junio a agosto, y un periodo de fructificación de agosto a enero. Sin embargo, su fenología puede variar dependiente la región donde se encuentre; por ejemplo, en Morelos se ha registrado una floración que va de marzo a junio, y la fructificación inicia en mayo-junio y puede concluir hasta marzo, y su madurez se presenta a mediados de noviembre a enero, y en Oaxaca se ha registrado que inicia en octubre y termina en febrero (Solares y Gálvez, 2002; Cuevas, 2005; Contreras-González, 2007).

La corteza del árbol es arrugada, ornamentada, extremadamente gruesa, compacta y dura, de color grisáceo a rojizo. Específicamente, la corteza externa es una capa delgada de color rojizo, y en algunos individuos presenta cambium de corcho en forma de triángulos o costillas (Figura 3E). La corteza interna es una capa muy gruesa de color rojizo a crema, sin embargo, esta varía dependiendo la etapa del año y del sexo.

Y presenta canales resiníferos, que al extraer la corteza, segrega una resina de color blanco (Solares y Gálvez, 2002).

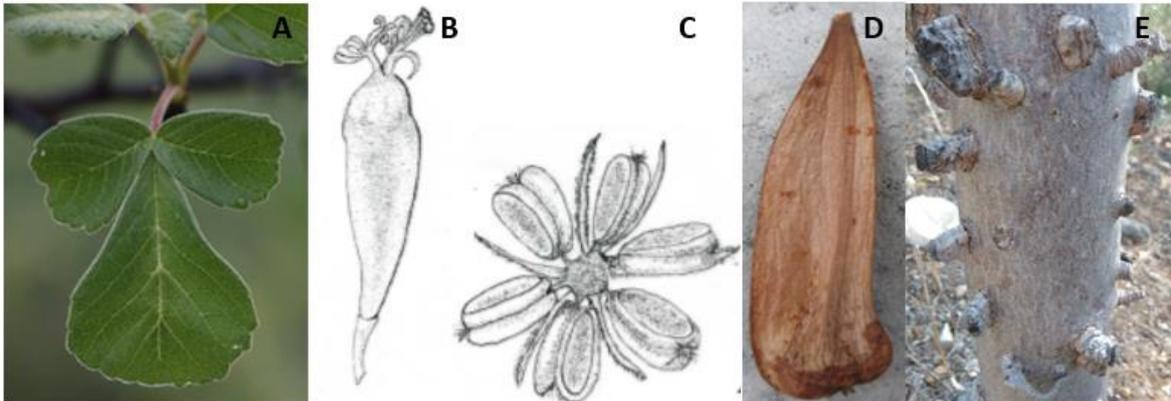


Figura 3. Especie de estudio *A. adstringens*. A- Hojas B- Flor femenina C- Flor masculina, D- Fruto E- Corteza (Esquemas tomados de Cuevas, 2001, fotografía A tomada por Contreras-González, 2019)

## 4.2. Áreas de Estudio

El presente estudio utilizó las bases de datos generadas por el proyecto FESI-DIP-PAPCA-2016-4 durante los años 2016-2017, en el cual los datos fueron obtenidos de 10 localidades que corresponden a cinco estados de la República Mexicana: Pómaro y Ostula en Michoacán, Cuambio y Papalutla en Guerrero, Tlayca y Tlayecac en Morelos, Tilapa y Coxcatlán en Puebla, El cañón del Sabino y El Cascalote en Oaxaca (Figura 4).

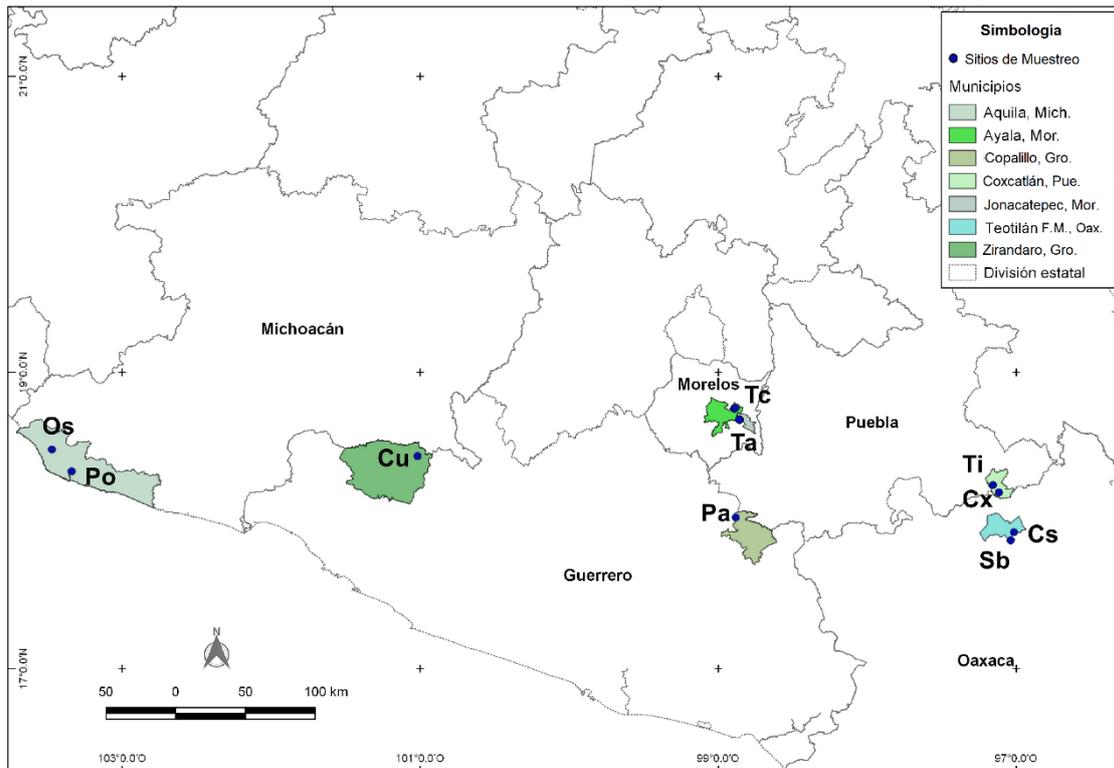


Figura 4. Mapa que muestra las diez localidades de estudio en cinco estados de la República Mexicana, en donde **Os**- Ostula en Aquila, Mich., **Po**- Pómaro en Aquila, Mich., **Cu**-Cuambio en Zirándaro, Gro., **Pa**-Papalutla en Copalillo, Gro., **Ta**- Tlayca en Jonacatepec, Mor., **Tc**-Tlayecac en Ayala, Mor., **Ti**- Tilapa en Coxcatlán Pue., **Cx**-Coxcatlán en Coxcatlán Pue., **Sb**-El cañón del Sabino y **Cs**-El cascalote en Teotitlán de Flores Magón, Oax.

#### 4.2.1. Michoacán

En el estado de Michoacán, las localidades de Pómaro y Ostula se encuentran dentro del municipio de Aquila ( $18^{\circ}04'$  y  $18^{\circ}42'$  N;  $102^{\circ}44'$  y  $103^{\circ}43'$  O), el cual colinda al norte con Coahuayana, Chinicuila y Coalcomán de Vázquez Pallares, al este con Coalcomán de Vázquez Pallares, Arteaga y Lázaro Cárdenas, al sur con Lázaro Cárdenas y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico y Coahuayana, la altitud va de los 0 msnm a 1,900 msnm. El tipo de clima presente es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de  $22^{\circ}\text{C}$ , y una precipitación media anual de 691.1 mm (CONAGUA, 2018). El tipo de vegetación presente es bosque tropical caducifolio, subcaducifolio, y pastizal. Las especies vegetales dominantes son *Acacia sp.*, *Attalea cohune*, *Bursera sp.*, *Cordia sp.*, *Cupania dentata*, *Euphorbia cotinifolia*, *Guettarda elliptica*, *Randia aculeata* y *Tropis raacemosa* (SEMARNAT, s.f.; INEGI, 2009).

#### **4.2.2. Guerrero**

En el estado de Guerrero la toma de datos se realizó en las localidades de Cuambio y Papalutla, la primera se encuentra en el municipio Zirándaro de los Chávez (18° 25' y 18° 26' N; 101° 00' y 100 59' O), que colinda al norte con el estado de Michoacán, al este y sur con el municipio de Coyuca de Catalán, y al oeste colinda con Coahuayutla de José María Izazaga. Dentro del municipio se encuentra el río Balsas de donde se origina el río del Oro. Este sitio presenta una altitud de 209 msnm a 324 msnm (INEGI, 2009). El tipo de clima es cálido subhúmedo y semicálido con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 28.9°C, y precipitación media anual de 753 mm. El tipo de vegetación presente es bosque tropical caducifolio y pastizal, en donde predomina el estrato arbóreo y arbustivo, y en los alrededores existen terrenos dedicados a la agricultura y ganadería (INEGI, 2009; Flores, 2018; Flores-Alta et al., 2019). Las especies vegetales dominantes son *Bunchosia lanceolata*, *Cordia elaeagnoides*, *Conzattia multiflora*, *Haematoxylum brasiletto*, *Lysiloma tergemina* y *Randia capitata*, por otra parte, las especies vegetales dominantes en cultivos ubicados en terrazas aluviales altas y bajas son, *Pithecellobium dulce* y *Psidium guajava* (Flores, 2018; Mendoza, in prep.).

La localidad de Papalutla se encuentra en el municipio Copalillo (18° 0.1' y 18° 03'N; 98° 53' y 98°55' O), el cual colinda al norte con el río Balsas en el margen del río Atoyac, y en la región es llamado río Mezcala, hacia el este colinda con Olinalá, al sur con Ahuacuotzingo y Zitlala y al oeste con Atenango del Río (INEGI, 2009). La localidad de estudio presenta una altitud de 630 msnm a 1,600 msnm. El tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 30°C y una precipitación media anual de 1,200 mm (INEGI, 2009). La vegetación presente es bosque tropical caducifolio, y bosque tropical subcaducifolio en las cañadas, las especies vegetales dominantes son *Ceiba aesculifolia*, *Cyrtocarpa procera*, *Jatropha dioica* y varias especies del género *Bursera*, y cactus columnares (Martínez et al., 1997; Rivera-Ortiz et al., 2008)

#### **4.2.3. Morelos**

En el estado de Morelos, la toma de datos se realizó en Tlayca y Tlayecac. Concretamente los datos obtenidos de Tlayca corresponden a la localidad conocida como el Organal (18° 41' y 18° 42' N y 98° 50' y 98° 51' O), que se ubica en el municipio de Jonacatepec, que colinda al norte con Ayala y Jaltenco, al este con

Jaltenco y Axochiapan, al sur con Axochiapan y Tepalcingo, y al oeste con Tepalcingo y Ayala. Se ubica dentro del eje Neovolcánico de la región hidrográfica de Balsas, entre la Cuenca del río Atoyac y río Grande de Amacuzac. Se encuentra rodeado de cultivos agrícolas y acuícolas; la altitud va de 1,271 msnm a 1,480 msnm (Piña, 2017). El tipo de clima presente es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura promedio anual de 24°C y precipitación media anual de 850 mm (Morales, 2017). La vegetación presente corresponde a bosque tropical caducifolio; las especies vegetales más representativas son las especies del género *Acacia*, *Ipomoea*, *Bursera*. Y especies como *Amphipterygium adstringens*, *Bursera copallifera*, *B. glabrifolia* y *Conzattia multiflora* (INEGI, 2009; Morales, 2017; Piña, 2017).

La localidad de Tlayecac (18° 34' y 18° 50' N; 98° 50' y 99° 06' O), se ubica en el municipio de Ayala, colinda al norte con Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al este con Yecapixtla, Temoac, Jantetelco, Jonacatepec y Tepalcingo, al sur con Tepalcingo, Tlaquiltenango y Tlaltizapán, y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec. Se encuentra presente el río Balsas, y la cuenca río Grande de Amacuzac. El sitio se encuentra una altitud de 800 a 1,800 msnm (INEGI, 2009), presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 24°C y una precipitación media anual de 900 mm. El tipo de vegetación presente es bosque tropical caducifolio, en donde las especies vegetales dominantes son *Acacia farnesiana*, *Agave angustifolia*, *Bursera copallifera*, *Bursera schlechtendalii*, *Crescentia alata*, *Haematoxylum brasiletto*, *Ipomoea wolcottiana*, *Gliricidia sepium*, *Havardia acatlensis*, y *Mimosa* sp. (INEGI, 2009; Ayuntamiento de Ayala, 2018).

#### **4.2.4. Puebla**

En el estado de Puebla, los dos sitios estudiados se encuentran localizados en los municipios Tilapa y Coxcatlán respectivamente, dentro de la Reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán. La localidad de Tilapa (18° 34' y 18° 40' N, 98° 28' y 98° 37 O) colinda al norte con Tlapanalá, al este con Tepexco, al sur con Atzala y Chietla, y al oeste colinda con Izúcar de Matamoros. Dentro del municipio se encuentran el río Nexapa y Atayoc. Se localiza a una altitud entre 924 msnm a 1360 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 23.6°C y una precipitación media anual de 776 mm (INEGI, 2009; UNESCO, 2012). El tipo de vegetación presente es bosque tropical caducifolio, bosque de pino-encino en las zonas altas y pastizal. Las especies vegetales dominantes son *Acacia*

*cochliacantha*, *Boerhavia coccinea*, *Brickellia laxiflora*, *Indigofera conzattii*, *Mimosa luisana*, *M. polyantha*, *Parkinsonia praecox*, *Prosopis laevigata* *Sanvitalia procumbens* y *Ziziphus mexicana* (SEMARNAT y CONAFOR, 2005; Hernández, 2017).

La localidad en el municipio de Coxcatlán (18° 08' y 18° 21' N, 97° 01' y 97° 13'O) colinda al norte con Ajalpan y Zoquitlán, al este con Coyomeapan, al sur con el estado de Oaxaca y al oeste con Zinacatepec y San José Miahuatlán. El sitio se encuentra a altitud que va desde los 800 msnm a los 2,700 msnm. El tipo de clima presente es seco, cálido, semiseco, semicálido, templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio anual es de 20°C y la precipitación media anual es de 394.6 mm (INAFED, S.A; INEGI, 2009). El tipo de vegetación dominante es bosque tropical caducifolio, y matorral xerófilo, las especies vegetales dominantes son: *Acacia cochliacantha*, *Agave macroacantha*, *Bursera aptera*, *B. morelensis*, *Cephalocereus columna-trajani*, *Ceiba aesculifolia* Subsp. *parvifolia*, *Escontria chiotilla*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Opuntia puberula* y *Pachycereus weberi* (Albino-García et al., 2011, González, 2019).

#### **4.2.5. Oaxaca**

En el estado de Oaxaca los sitios de estudio son, El cañón del Sabino (17° 52' 04.53" N y 97° 01' 01.56" O), y El Cascalote (17° 55' y 17° 54' N; 97° 00' y 97° 01' O), ambos se sitúan en la localidad de Santa María Tecomavaca, en el distrito de Teotitlán de Flores Magón, dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Los sitios colindan al norte con San Juan de los Cues, al este con San Juan Coyula y Pochotepec, al sur con Santiago Quiotepec, y al oeste con Santa María Ixcatlán. La localidad de Santa María Tecomavaca cuenta con alrededor de 1170 hectáreas de cultivo de riego y 500 de pastoreo. La altitud de El cañón del Sabino va de 610 msnm a 885 msnm, y la de El Cascalote va entre los 571 msnm y 649 msnm. El clima predominante es cálido húmedo, con una temperatura promedio anual de 32°C en verano, y en invierno con temperatura promedio anual de 18°C y una precipitación media anual de 360 mm. La vegetación presente es bosque tropical caducifolio, y las especies vegetales dominantes son *Bursera fagaroides*, *B. schlechtendalii*, *B. morelensis*, *Calipensis pallida*, *Cyrtocarpa procera*, *Ceiba aesculifolia* Subs. *parvifolia*, *Cnidocolus tehuacanensis*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Ferocactus latispinus*, *Hintonia standleyana*, *Jatropha dioica*, *Lysiloma divaricata*, *Mammillaria*, *Coryphantha*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Parkinsonia praecox*, *Pedilanthus* sp., *Plumeria rubra*,

*Pseudosmodingium multifolium* y *Setchellanthus caeruleus* (Contreras-González, 2007; Rivera-Ortiz et al., 2008; Contreras-González y Arizmendi, 2014).

### 4.3. Obtención de datos

Se analizaron los datos de diez localidades de *A. adstringens* obtenidos previamente durante los años 2016 y 2017. En cada sitio de estudio se trazaron aleatoriamente cuatro parcelas de 30 x 40 m (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En cada parcela se cuantificó el número de individuos de *A. adstringens* presentes, así mismo, para cada individuo se midió la altura, la cobertura mediante la fórmula de la elipse (radio menor x radio mayor x  $\pi$ ) (Rangel y Velázquez, 1997), el diámetro a la altura al pecho (DAP) (Mostacedo y Fredericksen, 2000), y para individuos menores a 1.4 m se obtuvo el diámetro a la altura de la base (DAB) (Rügnitz et al., 2009).

#### 4.3.1. Densidad y distribución

Con el número total de individuos registrados en cada una de las localidades, se calculó la densidad de individuos correspondiente para cada sitio de estudio, y fue calculado por hectárea. Por otra parte, se determinó la distribución de individuos en cada sitio mediante la fórmula Varianza/Media ( $\frac{s^2}{\bar{x}}$ ) en donde valores menores a uno indican una distribución homogénea, valores igual a uno indica distribución aleatoria, y valores mayores a uno indican distribución agregada (Matteucci y Colma, 1982).

#### 4.3.2 Estructura de tamaños

Con los datos de altura y DAB o DAP respectivamente en cada uno de los individuos, se realizó una clasificación para la estructura de tamaños, con base en una modificación a los cálculos realizados por Rangel y Velázquez (1997) y por Díaz-Pérez et al. (2011), para lo cual se determinó si existía una relación entre la altura y el DAB y la altura y el DAP. Para ello se realizó un análisis de correlación entre la altura y el DAB, y otro entre la altura y el DAP (Anexo I y II). Las categorías utilizadas, corresponden a: **Categoría 1** (DAB: 0.1-2.6 cm y altura: 3-150 cm), **Categoría 2** (DAB: 2.7-5 cm y altura 150.1-300 cm), **Categoría 3** (DAP: 5-10 cm), **Categoría 4** (DAP: 10.1-18 cm), **Categoría 5** (DAP: 18.1-35 cm, y **Categoría 6** (DAP: >35.1 cm).

### **4.3.3 Individuos juveniles asociados a una planta perenne**

Para determinar si durante el crecimiento de los individuos juveniles de *A. adstringens* requieren estar asociados a otra especie de planta perenne, se consideraron individuos juveniles, aquellos individuos con un DAP menor a 10 cm y altura menor a tres metros. A estos individuos se les tomó nota si tenían por encima de ellos a una especie de planta perenne que los cubriera, en dichos casos se registró la especie de planta perenne, además de la orientación y la distancia, en la que se encontraba cada individuo juvenil de *A. adstringens* con respecto al tallo de las plantas perennes, y en base en ello se realizó una categorización, que corresponde a: **i)** 0-20%; **ii)** 21-40%; **iii)** 41-60% **iv)** 61-80% y **v)** 81-100%. Donde 0 indica el tallo de planta perenne, y 100 indica la periferia de la copa de la planta perenne.

### **4.3.4. Marcas de descortezamiento en los tallos de los individuos de *A. adstringens***

En las parcelas establecidas en las localidades de Cuambio, Papalutla, Tilapa, Coxcatlán, El Cascalote y El cañón del Sabino, se cuantificó el número de individuos que presentaron evidencias de marcas de descortezamiento a lo largo del tallo de cada individuo como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Individuos de *A. adstringens* con marcas de extracción de la corteza. Fotografía tomada en la localidad de El cañón del Sabino.

#### 4.4. Análisis de datos

A todos los datos obtenidos se les aplicó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para establecer el tipo de prueba a realizar. Para determinar si existen diferencias en la densidad en el número de individuos entre las diferentes localidades, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Para evaluar si existen diferencias en el número de individuos en cada categoría de tamaños, entre las 10 localidades y por estado, se realizó una prueba de Chi-Cuadrada, y posteriormente se aplicó una prueba de residuales estandarizados (Infante y Zárate, 1990; Diez et al., 2014).

Para determinar si los individuos juveniles se establecen en espacio abierto o bajo el dosel de una planta perenne, y para determinar si existe una asociación de los individuos juveniles, con alguna especie en particular, con las cuales se encontraron asociados los individuos juveniles por sitio, los datos se analizaron ajustando mediante modelos lineales generalizados (GLM), utilizando una distribución de enlace de Poisson (Diez et al., 2014). Con los datos obtenidos, de la distancia y la orientación a la cual se encontraban los individuos de *A. adstringens* con respecto al tallo de la planta perenne asociada, se aplicó una Chi-Cuadrada y posteriormente se aplicó una prueba de residuales estandarizados (Infante y Zárate, 1990; Diez et al., 2014).

Finalmente, con los datos obtenidos de la cuantificación del número de individuos que presentaron evidencia de descortezamiento, para los tres estados analizados, se determinó si existían diferencias entre el número de individuos con marcas y sin marcas en los seis sitios, mediante un GLM, utilizando una distribución de enlace de Poisson (Diez et al., 2014). Para realizar los análisis mencionados anteriormente se utilizaron los programas estadísticos Microsoft Excel 2010, y el Software estadístico R versión 3.6.1(R. Development Core Equipo 2018).

## 5. Resultados

### 5.1. Densidad y distribución

De los sitios estudiados, con respecto a la densidad de individuos, Coxcatlán fue el sitio que presentó el valor más alto, seguido por Tilapa y El Cascalote, y el valor más bajo se encontró en Tlayca, seguido por Tlayecac (Cuadro 1). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el número de individuos encontrados entre los sitios estudiados ( $F_{9,30}=0.8945$ ;  $P>0.05$ ). Considerando la distribución de individuos obtenida para los diez sitios analizados, se encontró que los diez sitios presentaron una distribución agregada.

Cuadro 1: Densidad (número de individuos/hectárea) y distribución de individuos en cada uno de los sitios estudiados, en donde: ID<1: distribución aleatoria; ID= 1: distribución homogénea, ID >1: distribución agregada.

<b>Estado</b>	<b>Sitio</b>	<b>Individuos/ha</b>	<b>Distribución</b>
<i>Michoacán</i>	Ostula	466,66	25,38
	Pómaro	966,66	17,63
<i>Guerrero</i>	Cuambio	466,66	3,19
	Papalutla	633,33	44,31
<i>Morelos</i>	Tlayca	200	1,11
	Tlayecac	308,33	9,97
<i>Puebla</i>	Tilapa	1058,33	1,41
	Coxcatlán	1116,66	45,64
<i>Oaxaca</i>	El Cascalote	1000	13,62
	El cañón del Sabino	800	24,63

### 5.2. Estructura de tamaños

Con respecto a la estructura de tamaños, cada uno de los sitios muestreados mostró una composición diferente. De manera general, en los estados de Puebla y Oaxaca, predominan los individuos de tallas menores, mientras que en Michoacán y Morelos, predominan los individuos de tallas mayores ( $X^2=514.48$ ;  $GL=45$ ;  $P<0.05$ ). La prueba de residuales estandarizados mostró que las diferencias se encontraron en la categoría uno en los sitios de Cuambio, Tilapa, Coxcatlán y El Cascalote, en la categoría dos en Coxcatlán y El cañón del Sabino, en la categoría tres en los sitios de Papalutla y Tlayca; en la categoría cuatro en los sitios de Papalutla y Tlayecac; en la categoría cinco en el sitio de Ostula, Pómaro y Cuambio, y en la categoría seis en Pómaro y Papalutla.

En el estado de Michoacán, en ambos sitios estudiados, predominan los individuos de tallas mayores (categorías cuatro, cinco y seis) ( $X^2=36.90$ ;  $GL=5$ ;  $P<0.05$ ). En Pómaro se encontraron individuos principalmente en la categoría cuatro y cinco, y no se registró individuos en la categoría uno, mientras que en el sitio de Ostula fue posible encontrar individuos de tallas mayores y menores, aunque estos últimos en menor proporción, por otra parte, el número de individuos es similar en la categoría tres, cuatro y cinco (Figura 6).

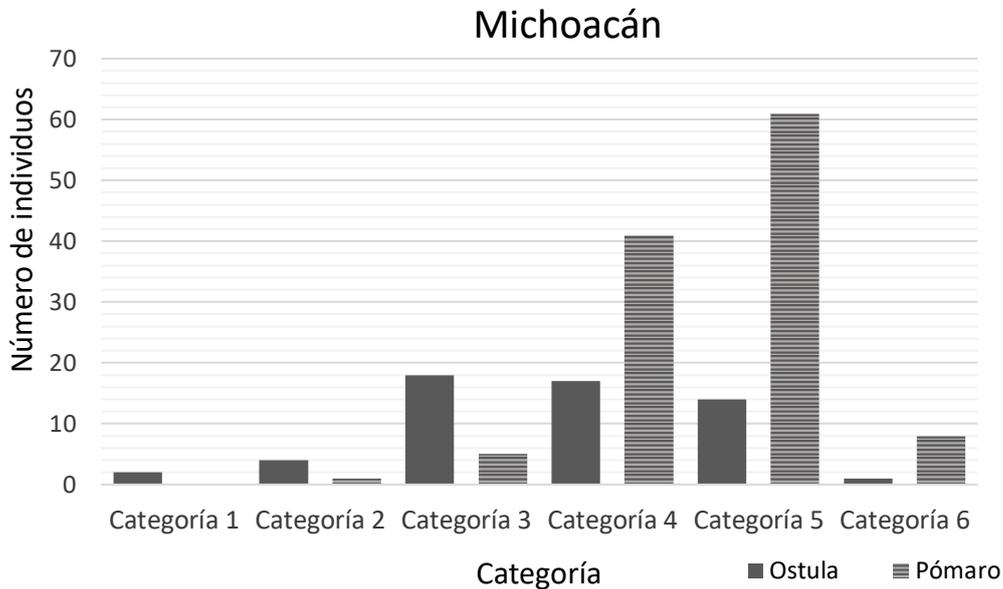


Figura 6. Estructura de tamaños de *A. adstringens* en las localidades Ostula y Pómaro, Michoacán.

En el estado de Guerrero, hay individuos tanto de tallas grandes como pequeñas ( $X^2=49.38$ ;  $GL=5$ ;  $P<0.05$ ). En Cuambio el mayor número de individuos se encontró en la categoría uno y cinco, y se encontró un número similar de individuos en la categoría dos y seis, mientras que en Papalutla en la categoría dos no se registró a ningún individuo, y la mayoría de los individuos se encontraron en las categorías intermedias (categoría tres y cuatro) (Figura 7).

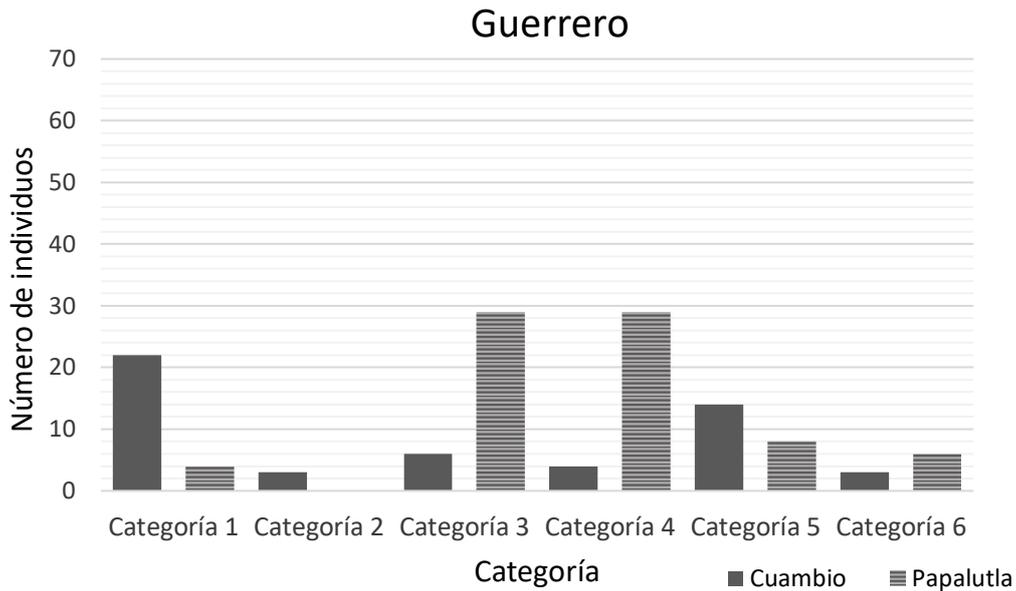


Figura 7. Estructura de tamaños de *A. adstringens* en las localidades de Cuambio y Papalutla, Guerrero.

En el estado de Morelos en ambos sitios estudiados el número de individuos de las primeras categorías fueron escasos ( $X^2=31.92$ ;  $GL=5$ ;  $P<0.05$ ). En Tlayca la mayoría de los individuos se encontraron en la categoría tres, y no se encontraron individuos en la categoría dos, cinco y seis. En Tlayecac el mayor número de los individuos se encontraron en las categorías cuatro y cinco, y no se registró individuos de la última categoría (Figura 8).

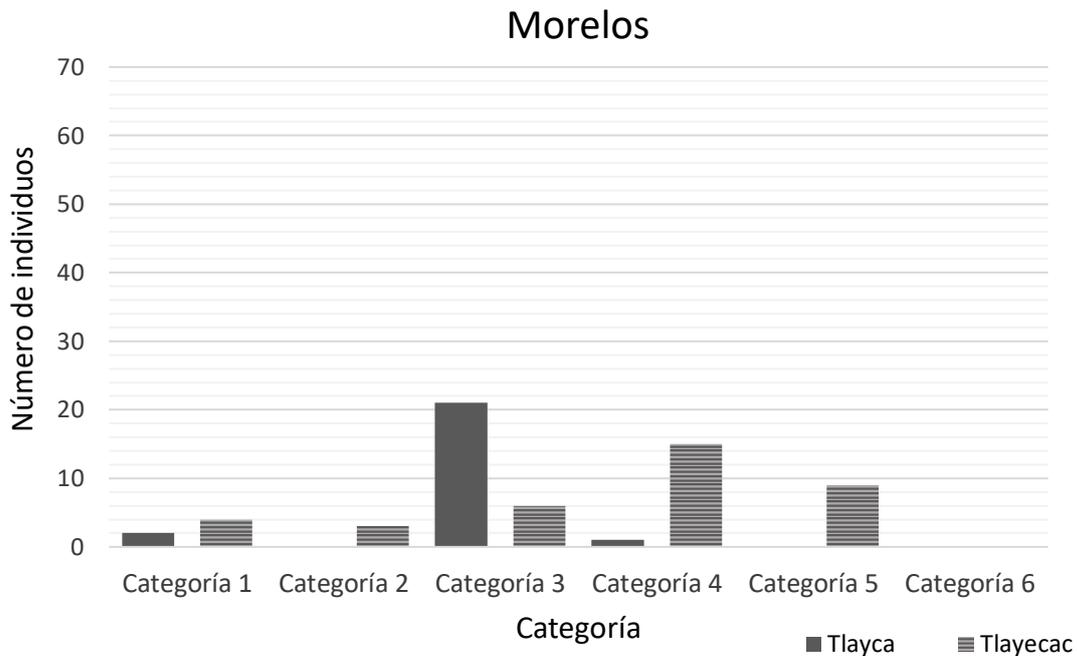


Figura 8. Estructura de tamaños de *A. adstringens* en las localidades Tlayca y Tlayecac, Morelos.

En el estado de Puebla en ambos sitios predominan los individuos pequeños, en su

mayoría corresponden a la categoría uno, y no se registraron individuos con un DAP mayor a 35 cm (categoría 6) ( $X^2=10.94$ ;  $GL=5$ ;  $P<0.05$ ). En Coxcatlán, existe un número similar de individuos de la categoría dos, tres y cuatro, mientras que, en Tilapa, hay un número similar de individuos de las categorías dos y tres (Figura 9).

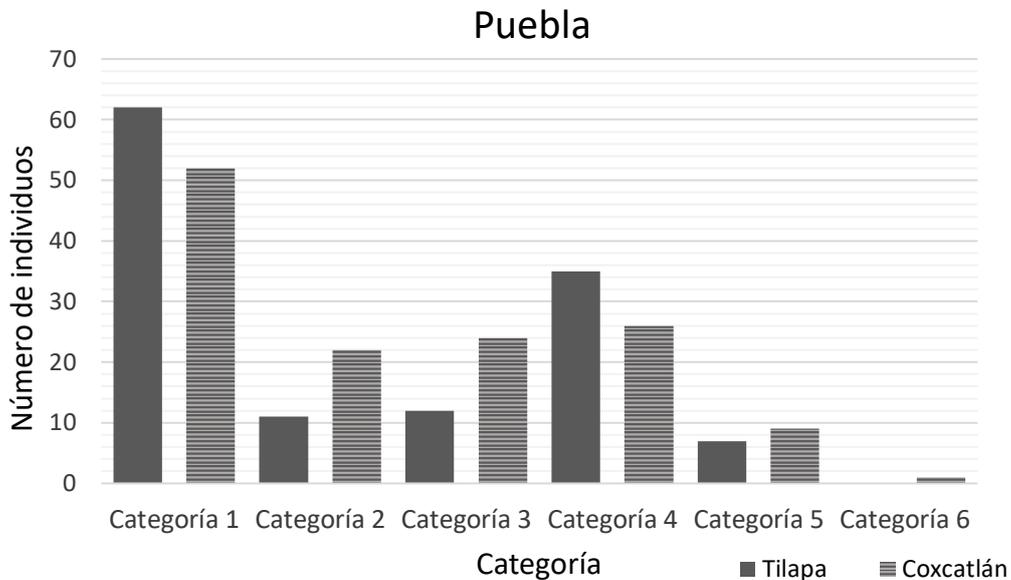


Figura 9. Estructura de tamaños de *A. adstringens* en las localidades Tilapa y Coxcatlán, Puebla.

En el estado de Oaxaca en ambos sitios, no se registró ningún individuo con un DAP mayor a 35 cm (categoría 6) y los individuos con un DAP mayor a 18 cm (categoría 5) son escasos. ( $X^2=18.43$ ;  $GL=5$ ;  $P<0.05$ ). El Cascalote presentó un mayor número de individuos de tallas pequeñas en comparación con El cañón del Sabino, estos individuos se centraron en la categoría uno, y existe un número similar de individuos de la categoría dos y cuatro. En El cañón del Sabino hay un número similar de individuos de la categoría uno, dos y tres (Figura 10).

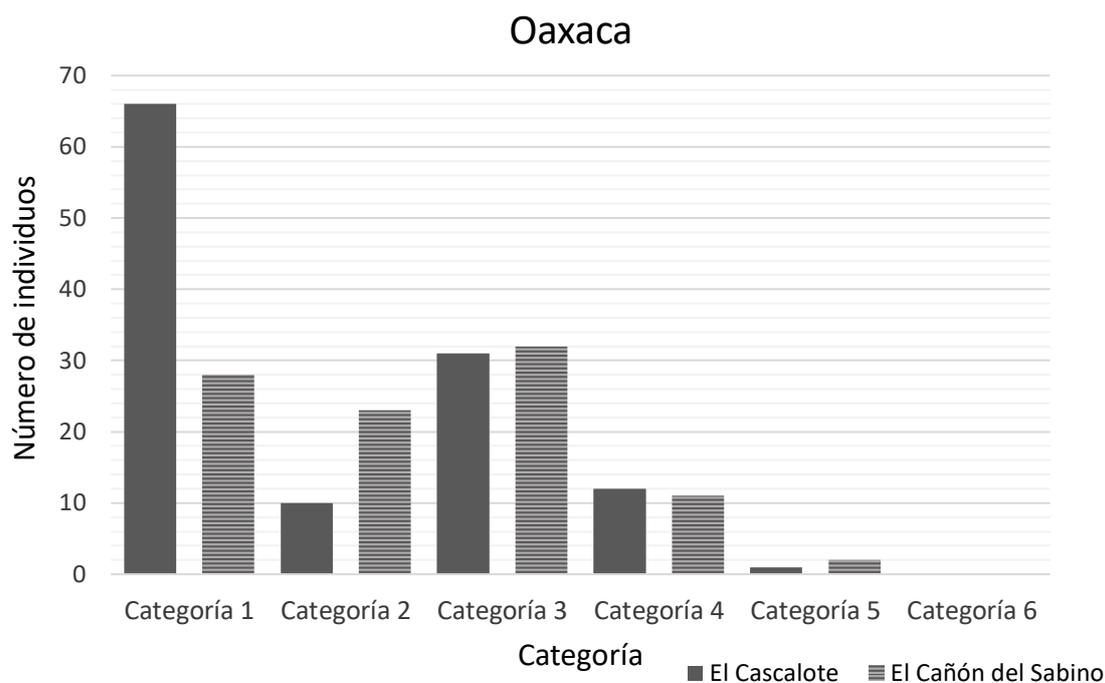


Figura 10. Estructura de tamaños de *A. adstringens* en las localidades, El Cascalote, y El cañón del Sabino, Sta. María Tecomavaca, Oaxaca.

### 5.3. Individuos juveniles asociados a una planta perenne: Distancia y Orientación

De los 10 sitios analizados, en el sitio de Pómaro no se registró ningún individuo juvenil, y en el sitio de Tlayecac, no se encontraron individuos juveniles asociados a una planta perenne, por otra parte, en Ostula sólo se encontró un individuo asociado (16.66%); y en Tlayca solo dos individuos se encontraron asociados (66.66%) (Figura 11). El porcentaje de los individuos juveniles asociados corresponde al 48.07% de los individuos juveniles encontrados, mientras que el 51.93% no se encontraron asociados, y no se encontraron diferencias significativas entre el número de individuos asociados y no asociados ( $\chi^2=0.205$ ; GL=78;  $P>0.05$ ). Así mismo, por sitio, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 2), en relación con el número de individuos asociados y no asociados.

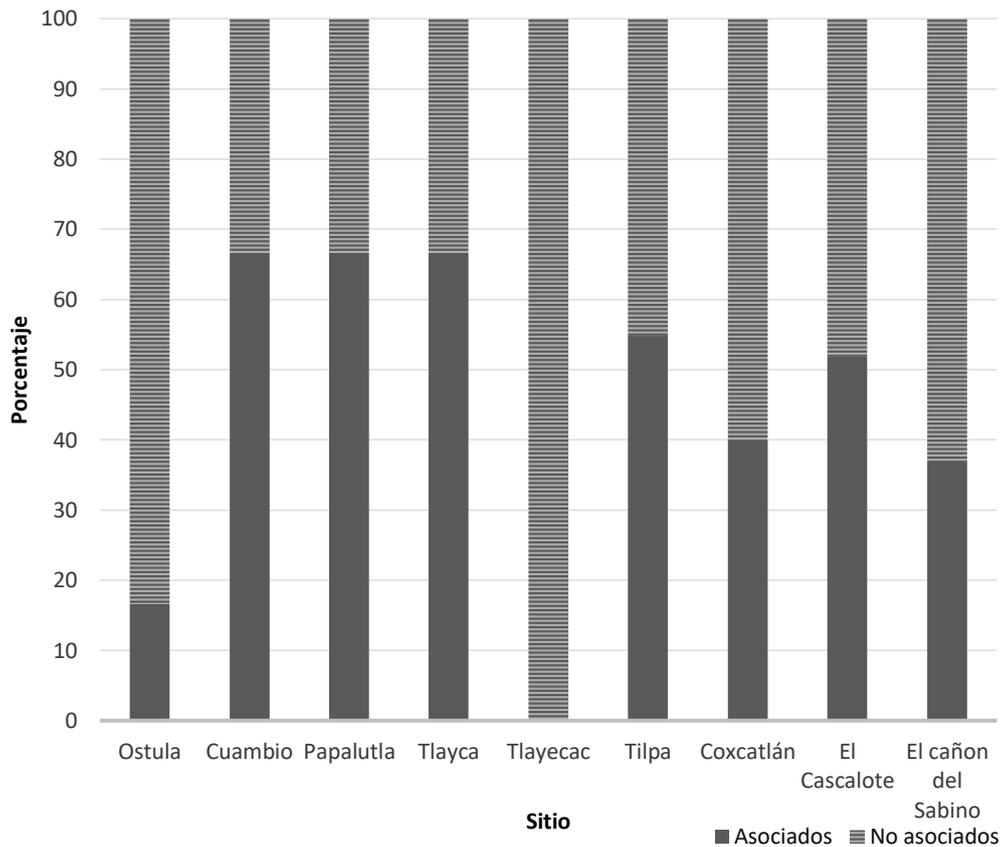


Figura 11. Porcentaje de individuos juveniles asociados y no asociados a plantas perennes.

Cuadro 2. Valores de las pruebas estadísticas aplicadas en cada uno de los sitios en relación con el número de individuos juveniles asociados y no asociados a plantas perennes.

Estado	Sitio	$\chi^2$	GL	P
Michoacán	Ostula	2.911	6	0.08
Guerrero	Cuambio	3.058	6	0.08
	Papalutla	0.339	6	0.55
Morelos	Tlayca	0.33	6	0.55
	Tlayecac	2.77	6	0.09
Puebla	Tilpa	0.67	6	0.41
	Coxcatlán	3.02	6	0.08
Oaxaca	El Cascalote	0.11	6	0.73
	El cañón del Sabino	3.16	6	0.07

Con respecto a las plantas perennes con las cuales se asocian los individuos juveniles de *A. adstringens*, se registraron un total de 31 especies, de las cuales 25 fueron identificados hasta especie, cinco a nivel de género y una especie arbustiva no se logró identificar. También se registró una asociación con una roca y un tronco muerto caído (Cuadro 3). Los sitios que presentaron un mayor número de especies distintas

fueron: El Cascalote con 11 especies, seguido por Coxcatlán con 10 especies, El cañón del Sabino con ocho especies y Tilapa con siete especies distintas de plantas perennes.

De las 31 especies registradas, el mayor número de individuos asociados se registró bajo la misma *A. adstringens*, asociándose en seis de los ocho sitios. De esta forma el 76.16% del total de los individuos juveniles asociados se encuentran bajo el dosel de *A. adstringens*. La segunda especie que se registró en más sitios corresponde a *Mimosa luisana* y *Parkinsonia praecox*, presentes en cuatro de los ocho sitios, seguido por *Bursera aptera* y *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* presente en dos sitios, y las 26 especies restantes se encontraron cada una de ellas solo en un sitio.

En el sitio de Cuambio, se registró un total de cinco especies distintas de plantas perennes, de las cuales *Senna skinneri* fue la especie que presentó el mayor número de individuos juveniles asociados de *A. adstringens*, que corresponde al 38.88%, mientras que el valor más bajo lo presentó la especie *Diphysa sp.*, con el 5.55%. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las especies con las que se asocian los individuos juveniles de *A. adstringens* ( $X^2=6.58$ ;  $GL=15$ ;  $P>0.05$ ). En Papalutla solo se registraron bajo el dosel de *Lysiloma sp.* y otra especie que no se logró identificar, esta última, fue la especie que presentó dos individuos asociados de los tres registrados ( $X^2=0.60$ ;  $GL=7$ ;  $P>0.05$ ). En el caso de Tlayca se registró a *Bursera bicolor* y *Bursera copallifera*, cada uno con un individuo asociado en cada especie ( $X^2=1$ ;  $GL=5$ ;  $P>0.05$ ).

En Tilapa, *A. adstringens* se encontró asociada a siete especies distintas, de las cuales *Fouquieria formosa* presentó el mayor porcentaje de asociación (35.5%) seguido por *Ceiba aesculifolia* Subsp. *parvifolia* con el 32.5%, y el porcentaje más bajo corresponde a las especies *Bursera aptera* y *Bursera submoniliformis*, con 2.5% para ambas especies ( $X^2=21.76$ ;  $GL=21$ ;  $P<0.05$ ), mientras que en Coxcatlán se encontró asociada a 10 especies distintas, de las cuales *A. adstringens* presentó el porcentaje más alto de asociación, correspondiente al 30%, mientras que el valor más bajo se encontró en *Myrtillocactus geometrizans*, *Mimosa polyantha* y *Parkinsonia praecox* con el 3.33% para cada una de las especies ( $X^2=13.18$ ;  $GL=30$ ;  $P>0.05$ ).

El sitio de Cascalote presentó un total de 11 especies distintas de las cuales la especie *A. adstringens* presentó el porcentaje más alto de asociación (32.5%) seguido por *Mimosa luisana*, con el 20% y el porcentaje más bajo corresponde a la especie *Bursera aptera* y *Pachycereus weberi* con un porcentaje del 2.5% para ambas especies ( $X^2=33.77$ ;  $GL=30$ ;  $P<0.05$ ), mientras que en el sitio El cañón del Sabino

presentó un total de ocho especies distintas, de las cuales la especie *A. adstringens* presentó el porcentaje más alto de asociación, correspondiente al 43.75% sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las especies ( $X^2=10.60$ ;  $GL=24$ ;  $P>0.05$ ).

Cuadro 3. Especies de plantas perennes registradas, roca y espacio abierto en los que se encontraron asociados los individuos juveniles de *A. adstringens*. Los sitios corresponden a: **Os**-Ostula, **Po**-Pómaro, **Cu**-Cuambio, **Pa**-Papalutla, **Ta**-Tlayca, **Tc**-Tlayecac, **Ti**-Tilapa, **Cx**-Coxcatlán, **Cs**-El Cascalote, **Sb**-El cañón del Sabino.

**Sitios de estudio**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Os</b>	<b>Po</b>	<b>Cu</b>	<b>Pa</b>	<b>Ta</b>	<b>Tc</b>	<b>Ti</b>	<b>Cx</b>	<b>Cs</b>	<b>Sb</b>
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i>	x		x				x	x	x	x
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>									x	
Bromeliaceae	<i>Hechtia sphaeroblasta</i>										x
Burseraceae	<i>Bursera aptera</i>							x		x	
Burseraceae	<i>B. bicolor</i>					x					
Burseraceae	<i>B. copallifera</i>					x					
Burseraceae	<i>B. coyucensis</i>			x							
Burseraceae	<i>B. morelensis</i>										x
Burseraceae	<i>B. schlechtendalii</i>										x
Burseraceae	<i>B. submoniliformis</i>							x			
Cactaceae	<i>Escontria chiotilla</i>								x		
Cactaceae	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>								x		
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.								x		
Cactaceae	<i>Opuntia pilifera</i>								x		
Cactaceae	<i>Pachycereus weberi</i>									x	
Cactaceae	<i>Stenocereus stellatus</i>								x		
Euphorbiaceae	<i>Argythamnia guatemalensis</i>									x	
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania pavoniana</i>									x	
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.									x	
Fabaceae	<i>Diphysa</i> sp.			x							
Fabaceae	<i>Lysiloma</i> sp.				x						
Fabaceae	<i>Senna skinneri</i>			x							
Fabaceae	<i>Caesalpinia caladenia</i>									x	
Fabaceae	<i>Mimosa luisana</i>							x	x	x	x
Fabaceae	<i>M. polyantha</i>								x		
Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i>							x	x	x	x
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria formosa</i>							x			
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> subsp. <i>parvifolia</i>							x	x		
Rubiaceae	<i>Randia capitata</i>			x							
Verbenaceae	<i>Lippia</i> sp.										x
	Sp.				x					x	x
	Roca				x					x	
	Tronco muerto caído				x						
	Espacio abierto	x		x	x		x	x	x	x	x

En cuanto a la orientación de donde se encuentran los individuos juveniles de *A. adstringens* con respecto a las plantas perennes, cada sitio presentó una condición distinta ( $\chi^2=74.2$ ;  $GL=49$ ;  $P<0.05$ ). En el caso de Ostula, se encontraron orientados al sureste de la planta perenne con la que se asocian. En Tlayca los individuos juveniles presentaron una orientación sur con *Bursera bicolor* y noreste con *Bursera copallifera*.

En Guerrero, los individuos se establecieron al noroeste y al sureste con respecto de las plantas perennes ( $\chi^2=13.46$ ;  $GL=7$ ;  $P>0.05$ ) (Figura 12A). En el caso de Puebla, los individuos se establecieron hacia el noreste ( $\chi^2=14.44$ ;  $GL=7$ ;  $P<0.05$ ), (Figura 12B). En Oaxaca, en El Cascalote la orientación se limitó en el norte, noreste y este, mientras que, en El cañón del Sabino, los individuos se establecieron al sur, oeste y este, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la orientación donde se encuentran los individuos juveniles de *A. adstringens* ( $\chi^2=10.68$ ;  $GL=7$ ;  $P>0.05$ ) (Figura 12C).

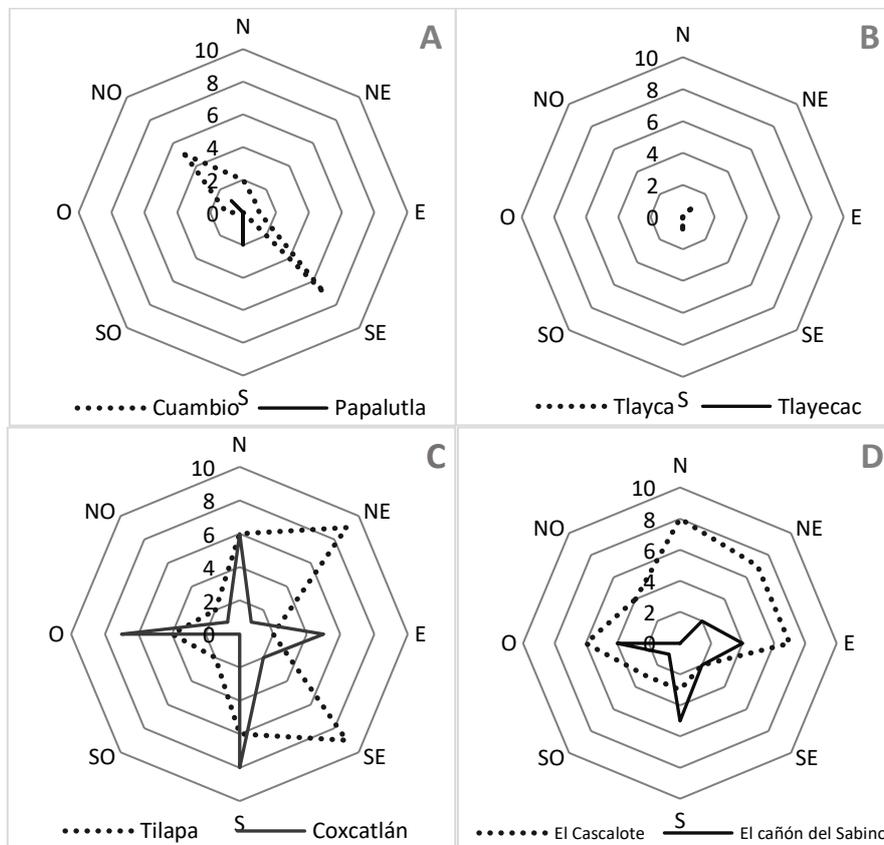


Figura 12. Orientación de los individuos juveniles de *A. adstringens* con respecto al tallo de las especies de las plantas perennes con las que se asocia. En donde: **A**-Guerrero; **B**-Morelos; **C**-Puebla y **D**-Oaxaca.

Con respecto a la distancia en el que los individuos juveniles se encuentran asociados, estos se establecieron en su mayoría de la mitad a la periferia de la copa de la especie perenne, el mayor número de individuos se establecieron en una distancia del rango que va del 81 al 100% de la copa es decir en la orilla de las copas, seguido por el rango de 41% a 60% (Figura 13, 14 y 15), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la distancia donde se establecen los individuos de *A. adstringens* ( $X^2=25.1$ ;  $GL=24$ ;  $P>0.05$ ).

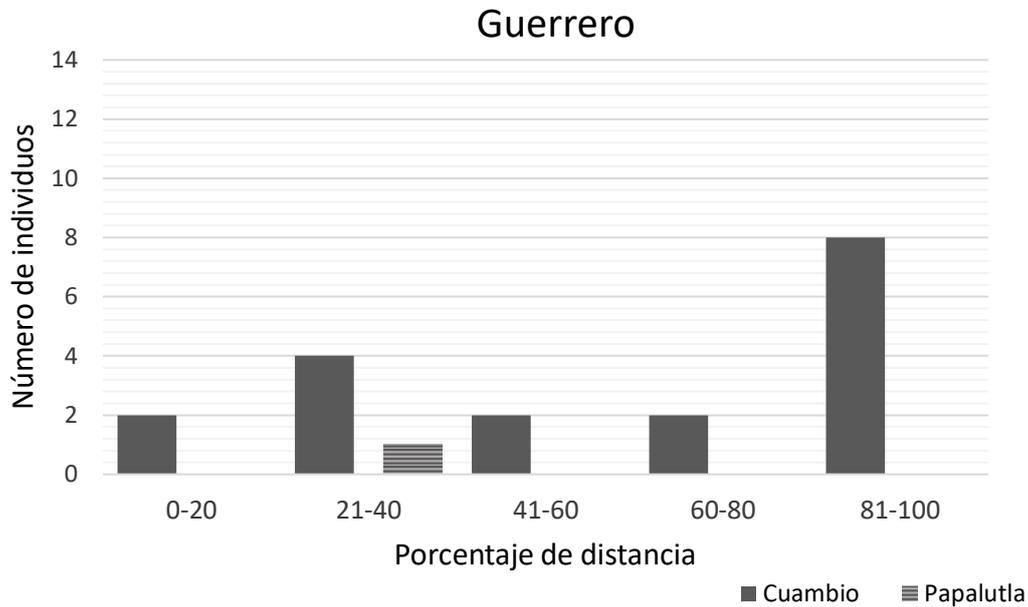


Figura 13. Porcentajes de distancia en la que se establece *A. adstringens* en relación con la copa de las plantas perennes, en los sitios Cuambio y Papalutla en Guerrero. Donde 0 representa la distancia junto al tallo de la planta perenne y 100 la periferia de la copa de la planta perenne.

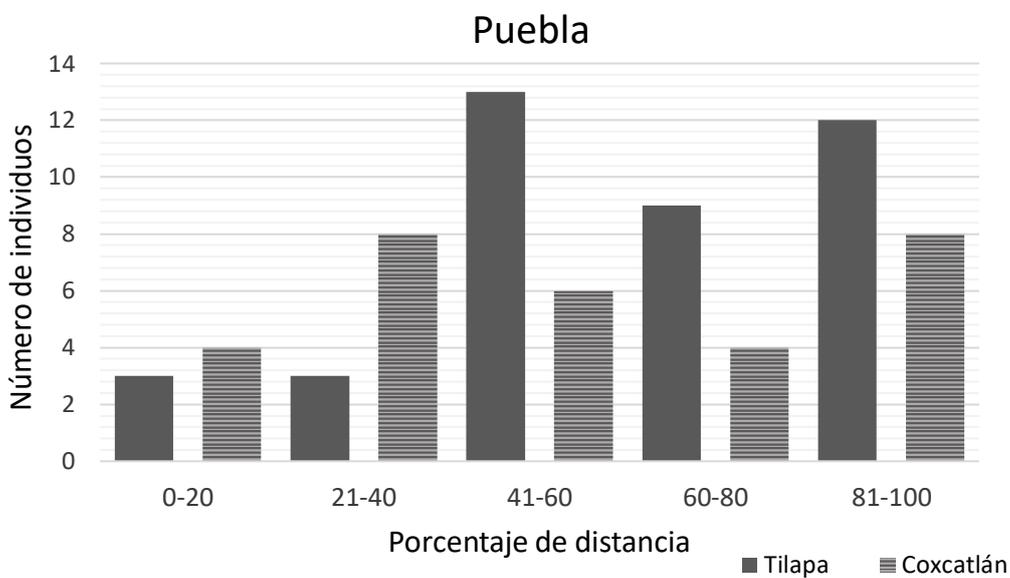


Figura 14. Porcentajes de distancia en la que se establece *A. adstringens* en relación con la copa de las plantas perennes, en los sitios Tilapa y Coxcatlán en Puebla. Donde 0 representa la distancia junto al tallo de la planta perenne y 100 la periferia de la copa de la planta perenne.

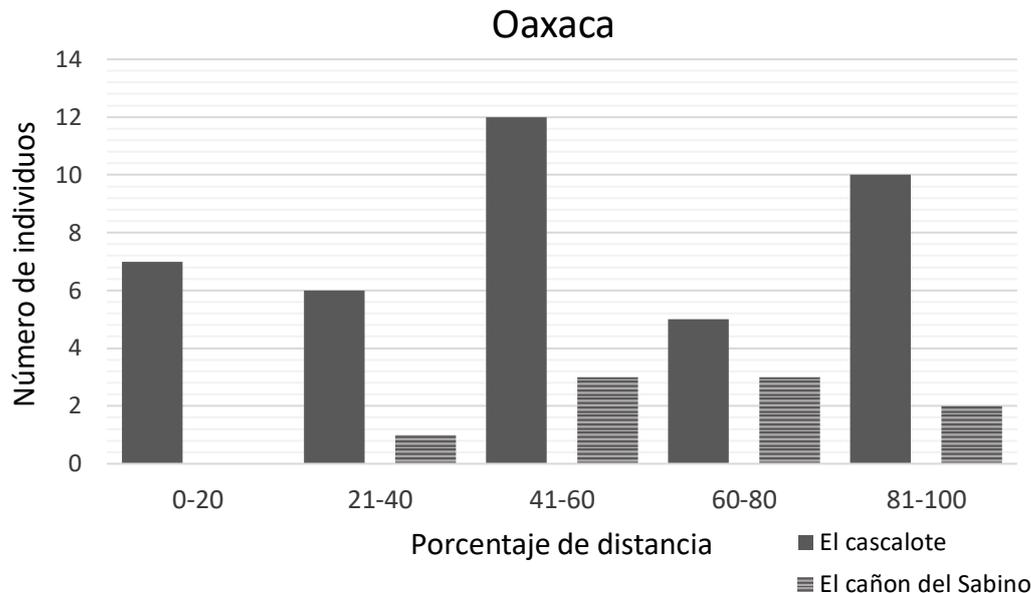


Figura 15. Porcentajes de distancia en la que se establece *A. adstringens* en relación con la copa de las plantas perennes, en los sitios El Cascalote, y El cañon del Sabino, Oaxaca. Donde 0 representa la distancia junto al tallo de la planta perenne y 100 la periferia de la copa de la planta perenne.

#### 5.4. Marcas de descortezamiento en los tallos de los individuos de *A. adstringens*

En la valoración del impacto de extracción a través de la presencia de marcas en la corteza en individuos de *A. adstringens*, de los seis sitios analizados (Figura 16). Solo El Cascalote, no presentó marcas de descortezamiento ( $X^2=166.35$ ;  $GL=6$ ;  $P<0.05$ ). En general, se observaron pocos individuos con marcas de descortezamiento en los seis sitios. Se encontró que solamente el 7.03% de todos los individuos de los seis sitios presentaron marcas de descortezamiento lo largo de su tallo ( $X^2=543$ ;  $GL=46$ ;  $P<0.05$ ).

Guerrero fue el estado que presentó el mayor número de individuos con presencia de extracción de corteza; Cuambio, con el 21.42% de los individuos que presentaron marcas de descortezamiento ( $X^2=19.43$ ;  $GL=6$ ;  $P<0.05$ ), mientras en Papalutla el 7.89% de los individuos presentaron marcas ( $X^2=63.37$ ;  $GL=6$ ;  $P<0.05$ ). Por otro lado, el estado de Puebla fue el estado que presentó un menor deterioro, ya que se encontró un menor número de individuos con marcas, en Tilapa del total de los individuos solo el 0.78% presentaron marcas ( $X^2=164.38$ ;  $GL=6$ ;  $P<0.05$ ), mientras que en Coxcatlán el 8.95 % de los individuos presentaron marcas de descortezamiento

( $\chi^2=104.96$ ; GL=6;  $P<0.0001$ ). En Oaxaca, en El cañón del Sabino el 10.41% de los individuos presentaron un deterioro ( $\chi^2=68.92$ ; GL=6;  $P<0.05$ ).

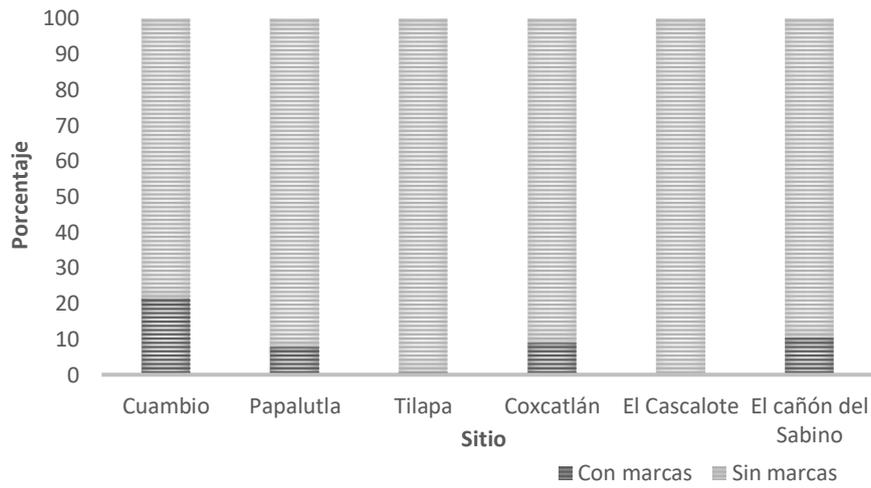


Figura 16. Porcentaje de individuos de *A. adstringens* que presentaron marcas de descortezamiento.

## 6. Discusión

El bosque tropical caducifolio es un ecosistema poco valorado (Meave et al., 2012; Ponce, 2013), y en la actualidad se conoce poco sobre el estado actual de las especies vegetales que lo componen. Por lo que al conocer la estructura poblacional de las especies que conforman estos ambientes, es de suma importancia, ya que, en México, este ambiente presenta una problemática debido a la reducción de su cobertura, a causa del cambio de uso de suelo (Palacios et al., 2017), por esta razón es de gran importancia ampliar las investigaciones enfocadas en determinar el estado poblacional de las especies, ya que al conocer la estructura poblacional actual de cada especie nos permite evaluar la viabilidad de una población a futuro (Agustín et al., 2006; Godínez-Álvarez et al., 2008).

### 6.1. Densidad y distribución

Los valores obtenidos en el presente estudio de la densidad poblacional de *A. adstringens* muestra que, en todos los sitios estudiados, las densidades fueron mayores a las reportadas para la misma especie para el estado de Oaxaca, con valores de 54.9 y 29.6 individuos por hectárea, y en el caso del presente estudio los valores menores de densidad encontrados fueron de 200 individuos por hectárea, para el sitio de Tlayca en el estado de Morelos. Así mismo, dichos valores son superiores a los reportados para otras especies de bosque tropical caducifolio, como es el caso de las especies: *Nectandra rudis* con 0.7 individuos/ha (Cuevas et al., 2008), *Crescentia alata* con 10 individuos/ha (Solares, 2004), *Cavanillesia chicamochoae* con 15 individuos/ha (Díaz-Pérez et al., 2011) *Acacia macilenta* con 18 individuos/ha (Linzaga-Román et al., 2011), *Spondias mombin* con 18.9 individuos/ha, *Bursera simaruba* con 19.3/ha, *Luehea speciosa* con 41.5 individuos/ha (Chapman y Chapman, 1990), *B. morelensis* con 12.5 individuos/ha, *B. aptera* con 27.08 individuos/ha, *B. fagaroides* con 52 individuos/ha y *B. submoniliformis* con 72.92 individuos/ha (González, 2019). Lo que parece indicar que las poblaciones de *A. adstringens*, no se encuentran deterioradas como es el caso de otras especies de plantas del bosque tropical caducifolio.

Por otra parte, en los sitios Ostula, Cuambio y Papalutla, *A. adstringens* presenta una densidad de individuos similar a *Acacia tenuifolia* con 550 individuos/ha (Linzaga-Román et al., 2011), mientras que en los sitios Tlayca y Tlayecac, presentan una densidad similar con especies como *Bursera schlechtendalii* con 337 individuos/ha (González, 2019), *Resinanthus aromaticus* con 277 individuos/ha (Palacios-

Wassenaar et al., 2016), y *Euphorbia schlechtendalii* con 120 individuos/ha (Linzaga-Román et al., 2011).

La notable diferencia en la densidad entre *A. adstringens* y otras especies puede estar relacionada propiamente con la biología de cada especie, y su estado de conservación (Odum, 1972; Emmel, 1975; Godínez-Álvarez et al., 2008). La alta densidad de *A. adstringens* con respecto a otras especies del bosque tropical caducifolio, y la variación entre cada uno de los sitios estudiados, puede ser una respuesta generada por los factores y presiones ambientales (Colinvaux, 2001), además de diversos aspectos tales como los factores físicos limitados (Odum, 1972), por ejemplo, el clima, que a su vez está asociado al entorno geológico, geográfico y topográfico que generan las condiciones edáficas de los sitios (Gurevitch et al., 2002; Palacios et al., 2017), así como la especialización del hábitat (Odum, 1972), la disponibilidad de agua (Balvanera et al., 2011), una limitada dispersión de semillas, y/o baja supervivencia de las especies (Peters et al., 2003). Además, pueden verse afectada directamente por procesos de herbívora, competencia (Krebs, 1985), y por las perturbaciones naturales y antrópicas que pudiesen presentar los sitios (Palacios et al., 2017).

El tipo de distribución agregada obtenida en los diez sitios coincide con los datos obtenidos por Zamora (2003) para la especie en el estado de Oaxaca. Así mismo, Balvanera et al. (2011), encontraron este mismo tipo de distribución para la especie en la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala en Jalisco, quienes indican que puede deberse al espacio, y no al medio ambiente, esto a causa de la dispersión por viento que presentan sus semillas, que puede limitar su distribución en el ambiente (Montañes et al., 2010; Balvanera et al. 2011). Por otro lado, Montañes et al. (2010), indican que la distribución agregada es representativa de las especies vegetales en estos ambientes. Del mismo modo, la distribución agregada puede sugerir la existencia de un patrón de mortalidad controlada por procesos determinísticos dentro de los bosques tropicales, como la baja dispersión de semillas, y la especialización del hábitat. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las especies pueden presentar patrones de distribución discontinuos, producidos por la variación espacial de las condiciones ambientales que determinan la calidad de sus hábitats (Santos y Tellería, 2006), ya que los individuos sobreviven mejor en zonas específicas de su medio (Krebs, 1985), o bien a causa de la alta mortalidad de los individuos juveniles por eventos inesperados (Díaz, 2005; Montañes et al., 2010).

## 6.2. Estructura de tamaños

Conocer de qué manera se conforman las poblaciones en número y en dominancia de algún atributo, tal como la estructura de tamaños, nos permite conocer el estado ecológico de una especie, además de determinar el efecto que presentaran las poblaciones en un futuro, ya que detecta el estado de deterioro y conservación (Odum, 1972; Ajbilou et al., 2003; Palacios-Wassenaar et al., 2016).

En el estudio realizado por Zamora (2003), en el estado de Oaxaca se registró una dominancia de individuos con un DAP menor a 10 cm, los cuales coinciden en los sitios de estudio Tilapa, Coxcatlán, El Cascalote y El cañón del Sabino, lo que parece indicar que estas poblaciones se encuentran en crecimiento, y que muestran una adecuada regeneración y mayor probabilidad de supervivencia de las poblaciones a largo plazo (Palacios-Wassenaar et al., 2016).

Esa dominancia de individuos de las categorías pequeñas, se ha registrado también para otras especies de bosque tropical caducifolio como: *Astronium graveolens* (Quesada y Quiros, 2003), *Alibertia macrophylla*, *Amaioua guianensis*, *Aspidosperma subincanum*, *Byrsonima intermedia* (Imaña et al., 2011), en donde se reporta una composición en la estructura de tamaños en forma de “j” invertida, es decir, en estos sitios predominan los individuos juveniles o de tallas pequeñas, mientras que los adultos o las tallas mayores son escasos. Este tipo de estructura se asocia a poblaciones ecológicamente estables y que inclusive pueden llegar a ser auto regenerativas, ya que es evidencia de que estas poblaciones se encuentran en proceso de desarrollo, crecimiento y productividad, debido a que los individuos jóvenes sustituirán a los individuos adultos que ya se encuentran en la fase senil, y que a su vez puede permitir el establecimiento de otras especies (Caldato et al., 2003; Gallegos et al., 2008; Imaña et al., 2011; Pérez-Férrea et al., 2012; Palacios-Wassenaar et al., 2016; Lezama, 2018). Por otra parte, algunos autores indican que esta estructura poblacional, puede ser reflejo de un proceso de recuperación natural después de haber atravesado por un proceso de disturbio (Ajbilou et al., 2003; Osorio, 2012).

No obstante, en los otros seis sitios estudiados del presente trabajo, se encontró una estructura de tamaños diferente. En el estado de Guerrero, existe una dominancia de individuos de las categorías intermedias, la cual es similar a las especies del género *Bursera* reportadas por Rodríguez-Godínez y Almazán-Núñez (2015), en donde predominan individuos con un DAP de 15 a 20 cm. La presencia de individuos de estos tamaños podría sugerir que el recambio de individuos en las poblaciones podría

ser bajo, sin embargo, no llega a ser tan bajo como las poblaciones donde predominan solo individuos adultos (Imaña et al., 2011).

En los sitios Ostula, Pómaro, Tlayca y Tlayecac predominan los individuos adultos al igual que en *Bursera palmeri* reportado por Ponce (2013), en donde predomina individuos adultos con un DAP mayor a 10 cm. Dicha estructura podría ser consecuencia de que, en algún momento dado, estas poblaciones atravesaron por un proceso de extracción selectiva de sus diversas clases diamétricas, sumado a ello una posible ineficiente y/o poco grado de regeneración que pudieron haber presentado estas poblaciones (Imaña et al., 2011). Además de una baja supervivencia de las plántulas, que ocasiona una mortalidad denso-dependiente, dejando así solo a los individuos adultos más representados (Cuevas et al., 2008).

Por otro lado, no hay que perder de vista que el estado de Morelos se caracteriza por ser un estado de alta demanda de recursos forestales no maderables por su cercanía a la ciudad de México (Sánchez et al., 2018). Así mismo, según datos registrados por la CONAGUA (2019), se han reportado precipitaciones bajas en el municipio de Aquila en Michoacán (a partir del año 2000), Ayala en Morelos (en los años 2000 y 2006), y en Zirándaro de los Chávez en Guerrero (durante los años 2000, 2004 y 2005), lo que pudo haber afectado a la supervivencia de individuos juveniles, ya que los cambios en las condiciones ambientales del sitio, afectan de manera significativa al desarrollo y reclutamiento de individuos de las poblaciones (Montgomery y Chazdon, 2002; Balvanera et al., 2011).

Otro factor involucrado es la alta fragmentación del hábitat que presentan estos ambientes, ya que este ambiente, es el que presenta un mayor cambio de uso de suelo ocasionado por perturbaciones humanas como la agricultura y ganadería (Ceballos et al., 2010; Calderón-Aguilera et al., 2012; Sánchez-Gutiérrez et al., 2017). Lo cual podría ocasionar una elevada tasa de mortalidad en los individuos más pequeños, que afectaría a las poblaciones y podría impedir que estas se regeneren (Montgomery y Chazdon, 2002; Suzán-Azpiri et al., 2017), afectando así el tamaño de las poblaciones efectivas, ya que genera una disyuntiva y provoca una pérdida en su variabilidad genética (Gurevitch et al., 2002; Quesada y Quiros, 2003; Santos y Tellería, 2006). Lo cual determina que se conviertan en poblaciones vulnerables ante eventos de perturbación, lo que podría llevar a futuro, a una reducción del tamaño poblacional y decrecer de manera drástica (Pérez-Férrea et al., 2012).

Es notorio que las poblaciones se conformen de maneras extremas, es decir, por un lado, tenemos la dominancia de individuos juveniles, como es en el caso de los sitios

de Tilapa, Coxcatlán, El Cascalote y El cañón del Sabino, mientras que, la dominancia de individuos adultos se centra en los sitios de Ostula, Pómaro, Tlayca y Tlayecac. Sin embargo, estas variaciones en la estructura de tamaños en los distintos sitios de estudio es común encontrarlas (Krebs, 1985; Rao et al., 1990; Balvanera et al., 2011), esto a causa de diversos factores, tales como el tamaño y variabilidad poblacional, grado del disturbio en el ambiente y especialización del hábitat, sensibilidad generada, localización biogeográfica y la heterogeneidad ambiental, que en conjunto, podría determinar el estado de vulnerabilidad de una especie (Santos y Tellería, 2006; Palacios-Wassenaar et al., 2016). Por otra parte, la variación entre poblaciones también se asocia con las barreras geográficas que limitan el flujo de genes entre ellas (Zamora, 2003). Además, puede deberse al tipo y edad de bosque en el que se encuentra la especie de estudio en los diferentes sitios de su distribución (Dupuy et al., 2012), dado que el reclutamiento de los árboles disminuye a medida que el bosque de sucesión madura (Avery y Burkhart, 1983; Chapman y Chapman, 1990), ya que crecen continuamente y tienen diferentes periodos reproductivos (Ige et al., 2013). Sin embargo, en un futuro estas notables diferencias en las distintas categorías de tamaños podrían afectar la capacidad de regeneración de las poblaciones (Godínez-Álvarez et al., 2008).

### **6.3. Individuos juveniles asociados a plantas perennes: distancia y orientación**

Los individuos juveniles se establecen tanto en espacios abiertos como bajo el dosel de plantas perennes. El establecimiento bajo una planta perenne también ocurre con otras especies de bosque tropical caducifolio, como *B. fagaroides* (Suzán-Azpiri et al., 2017) y *Acacia cochliacantha* que presentaron un desarrollo óptimo bajo el dosel de una planta, lo cual indica que existe facilitación en el bosque tropical caducifolio. Se ha descrito que diversas plantas pueden mostrar cierta plasticidad y habilidad para aclimatarse en el sitio en donde crecen (Khurana y Singh, 2001; Campanello et al., 2011), y así desarrollar flexibilidad para establecer una estrategia de crecimiento dependiendo de la disponibilidad de recursos en el ambiente (Bazzaz, 1991), lo cual les permitiría desarrollarse tanto en espacios abiertos como bajo el dosel de alguna especie.

Aquellos individuos que se encontraron asociados, no presentaron una tendencia para asociarse con una especie en particular, dado que la composición y diversidad de las especies vario en cada sitio, ya que está composición está fuertemente relacionada

con factores como, ubicación geográfica, clima, suelo, topografía y la limitación en la dispersión de las especies (Bell, 2001; González, 2004; Contreras-González, 2007; Rivera-Ortíz et al., 2013; Flores, 2018).

En el caso de los individuos que se establecen en espacio abierto, puede ser explicada, como respuesta a factores físicos (Campanello et al., 2011), como es el caso de la luz (Jiménez-Lobato y Valverde, 2006; Bruno et al., 2003), y posiblemente evitar también la herbivoría (Bruno et al., 2003), una estrategia común que desarrollan las especies de plantas en climas secos (Poorter y Markesteijn, 2008; Montgomery et al., 2010). Así mismo, se ha descrito que algunas especies de bosques secos tienden a establecerse en zonas abiertas, ya que muestran tolerancia ante condiciones estresantes, (Jiménez-Lobato y Valverde, 2006; Molina 2019; Godinez In prep). Esto se debe a que los individuos buscan una mayor incidencia de luz para incrementar sus tasas fotosintéticas (Murphy y Lugo, 1986; Suzán-Azpiri et al., 2017; Cuevas et al., 2008).

Los individuos de *A. adstringens* se establecen en cualquier distancia con respecto al centro de la planta perenne más cercana, sin embargo, se encontró en un sitio de estudio, que la especie se establece en determinada orientación con respecto a la planta perenne, contrario a lo reportado en las especies *Albizia occidentalis*, *Cedrela dugesii* y *Ceiba aesculifolia* (Encino-Ruiz et al., 2013). La tendencia para establecerse en determinada orientación, puede ser atribuido a que los individuos presentan una menor exposición a la radiación solar, cuando se encuentran en cierta orientación, en donde la arquitectura de la planta les proporciona sombra suficiente para su desarrollo (López-Gómez et al., 2012). En el presente trabajo, los individuos mostraron una preferencia hacía el lado sur y sureste, lo cual podría deberse a que en esta ubicación las condiciones de sombra y humedad son mayores (Méndez et al., 2006).

De manera particular, las especies pueden desarrollar una serie de mecanismos adaptativos fisiológicos, como respuesta a las condiciones de su hábitat, que les permite hacer frente a condiciones desfavorables, la cual puede ser observado en primer momento en la morfología de la semilla y el fruto (Jiménez-Lobato y Valverde, 2006; Mazzani y Rodríguez, 2009), ya que la producción, la dispersión y el éxito de las semillas dependen de condiciones favorables, y de no ser así, existe una limitación en el establecimiento de las especies (Wright et al., 2003; Uriarte et al., 2005), además del crecimiento de raíces, una mayor penetración en la profundidad del suelo (Poorter y Markesteijn, 2008), una rápida absorción de agua, tolerancia a déficit hídrico, así

como mecanismos de ajuste en las interrelaciones entre especies (Matteucci y Colma, 1977).

Algunos autores han establecido que las semillas y la supervivencia de estas, se desarrollan en micrositios específicos (Rincón y Huante, 1993; Nathan y Muller-Landau, 2000; Wricht et al., 2003), es decir, las semillas requieren condiciones específicas de factores bióticos y abióticos para su germinación y supervivencia (García-Sánchez y Monroy-Ata, 2005). Sin embargo, se ha reportado que las semillas de *A. adstringens* presenta una variación en el porcentaje de germinación que puede ir del 20% hasta más del 60% (Cid, 2008). Por otro lado, Arévalo (2014), reporta un porcentaje de germinación de hasta el 25% de semillas afectadas por la herbívora. De esta manera, se ha establecido que hay una alta variabilidad en el porcentaje de germinación a causa de factores ambientales, edad de la planta madre, posición de las semillas en el fruto, el reducido número de semillas viables (Cid, 2008), y el año y sitio de estudio, dado que las condiciones cambian constantemente (Arévalo, 2014). Así mismo, según Fernández (2014), *A. adstringens* no mostró diferencia en el crecimiento y altura de las plántulas en relación con la temperatura y la humedad, e incluso reporta que el porcentaje de supervivencia de las plántulas puede llegar a ser superior del 90%, lo cual podría confirmar que *A. adstringens* puede desarrollarse tanto en espacios abiertos, como bajo el dosel de una especie, ya que cuenta con heterogeneidad en sus semillas, conocido como polimorfismo estructural y fisiológico, debido a factores intrínsecos y ambientales (Cid, 2008). Por su parte, Solares y Gálvez (2002), asegura que las condiciones ambientales, tales como el clima y la topografía, han favorecido la presencia de la especie, particularmente en los estados de Guerrero, Puebla, Morelos y Oaxaca.

En el presente trabajo *A. adstringens*, no presentó una tendencia para asociarse con alguna especie en particular. Sin embargo, hay que tener en cuenta que determinadas especies juegan un papel importante, dado que facilita el establecimiento de otras especies tales como las del género *Bursera* y *Pseudosmodium perniciosum* (Solares y Gálvez, 2002; Guzmán-Pozos y Cruz-Cruz, 2014, González, 2019). De tal manera, que si *A. adstringens* llegara a presentar un decrecimiento poblacional podría desencadenar una serie de alteraciones ecológicas, que podrían provocar un desequilibrio ecológico irreversible en los ecosistemas (Quesada y Quiros, 2003), por ejemplo, podría afectar a la flora y fauna silvestre que interactúa con la especie, como lo son insectos y aves, además de afectar los ecosistemas adyacentes (Meave et al., 2012), así mismo, puede ocasionar la formación de claros, que a su vez pueden producir cambios en la disponibilidad de humedad en el suelo (Álvarez, 2006). Con los

datos obtenidos, podríamos pensar que la especie no requiere condiciones específicas para su establecimiento, por lo que *A. adstringens* podría ser considerada una especie importante en la restauración y reforestación de otras especies autóctonas del bosque tropical caducifolio (Rodríguez-Arévalo et al., 2016).

#### **6.4. Marcas de descortezamiento en los tallos de los individuos de *A. adstringens***

Se ha reportado que *A. adstringens* es extraído, principalmente de las regiones del estado de Morelos, la Mixteca Poblana y al norte de la Cuenca del Balsam, de donde se extraen alrededor de 57.5 toneladas anuales de corteza para uso medicinal tradicional (Solares et al., 2012), sin embargo, en el presente estudio en las localidades estudiadas no se encontraron diferencias entre el número de individuos que presentaron y los que no presentaron marcas de descortezamiento. No obstante, ya que es una especie de importancia médica, se podría esperar que las diferentes poblaciones, a lo largo de su distribución sufran deterioro debido al descortezamiento (Solares y Gálvez 2002; Solares et al., 2012), produciendo efectos negativos en la tasa de crecimiento de las poblaciones de la especie (Dantas, 2012).

A pesar de que la especie muestra regeneración de su corteza, esta puede verse alterada bajo condiciones desfavorables y cambiantes como en la baja disponibilidad de agua y aumento en la temperatura, como lo es el cambio climático (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez 2000; FAO, 2010; Alvarado-Solano y Otero, 2015; Cortes-Cabrera et al., 2018), lo cual afectaría a la especie en un futuro.

Actualmente existe un manual para el aprovechamiento de corteza de manera sustentable escrito por Solares y Gálvez (2002), además de algunas investigaciones sobre las características del fruto y en qué manera ocurre la regeneración de la corteza. Sin embargo, aún faltan legislaciones que limiten el aprovechamiento de esta especie que provoca la disminución de individuos y la pérdida del germoplasma existente en los bosques, ocasionando una erosión genética que disminuye el potencial de las especies para crecer en sus sitios naturales (Quesada y Quiros, 2003).

## 7. Conclusiones

En base en los resultados obtenidos, se puede observar que en la actualidad las poblaciones presentan diferencias en cuanto a su densidad y estructura de tamaños, ya que estos parámetros varían entre los sitios estudiados. Con respecto a la densidad, todos los sitios mostraron densidades altas, en comparación con otras especies del bosque tropical caducifolio, y la distribución encontrada corresponde a una distribución agregada, que podría deberse a los patrones de dispersión de semillas, y por las condiciones bióticas y abióticas presentes en el suelo.

Con respecto a la estructura de tamaños, los sitios de Puebla y Oaxaca predominan los individuos de tallas pequeñas, lo cual, muestra poblaciones en crecimiento, y se puede decir que son poblaciones viables a futuro, sin embargo, en los sitios de Michoacán y Morelos, podemos ver que las poblaciones presentan un bajo o nulo reclutamiento de nuevos individuos, ya que predominan solo individuos adultos, es decir son poblaciones viejas; y si a ello le sumamos la creciente tasa de disminución de los bosques, y la explotación del recurso de la corteza, es de esperarse que en algún momento dado estas poblaciones decrezcan de manera significativa, lo que podría afectar las poblaciones a futuro.

En cuanto a la asociación de los individuos juveniles con otras especies para lograr su establecimiento y supervivencia, *A. adstringens* no mostró una tendencia para su establecimiento, ya que se establece tanto en espacios abiertos como bajo el dosel de diferentes plantas perennes, debido a que parece desarrollar una serie de mecanismos que le permite crecer y establecerse en diversas condiciones, inclusive donde las condiciones microambientales pueden ser estresantes. Por otra parte, aquellos individuos juveniles asociados con una planta perenne, no mostraron una tendencia de asociarse con alguna especie de planta perenne en particular, debido a que la composición de especies vegetales de cada sitio fue diferente, así mismo tampoco se encontró alguna tendencia para establecerse a una determinada distancia del tronco de la planta perene más cercana, sin embargo, si mostró una preferencia para establecerse en una determinada orientación con respecto a la planta con la cual se asocia en algunos sitios, lo que posiblemente podría deberse a que en esta dirección las condiciones de sombra y humedad son mayores. Dado que *A. adstringens* se establece bajo distintas condiciones y bajo diferentes especies de plantas, podemos pensar que la especie podría ser viable para ser utilizada como una especie en la restauración de ambientes fragmentados en el bosque tropical

caducifolio, e inclusive para la restauración de otras especies afectadas por la fragmentación.

Finalmente, no se encontraron diferencias entre el porcentaje de individuos que presentaron un descortezamiento y los que no lo presentaron, lo que podría indicar que en los sitios analizados no existe mucha demanda de descortezamiento, por lo tanto, la extracción no es intensiva, sin embargo, no se descarta la posibilidad de un alto descortezamiento en otros sitios de su distribución.

Finalmente, con los datos poblacionales obtenidos de la densidad, distribución y composición de tamaños, se pudo dar una valoración del estado actual de la especie en 10 sitios de su distribución, sin embargo, es necesario evaluar parámetros de la dinámica poblacional, tales como supervivencia, crecimiento, fecundidad y mortalidad, para tener una valoración completa. Por otro lado, aún falta generar conocimiento que permita completar la información sobre el estado de las poblaciones, y conocimiento encaminado a la restauración de las poblaciones naturales tanto de esta especie como para otras, además de evaluar las condiciones específicas en las cuales puede lograrse una restauración viable, para otras especies y para el bosque tropical caducifolio. Finalmente, aún falta más información para el establecimiento de plantaciones comerciales que ayudaran a disminuir el efecto sobre las poblaciones naturales.

## 8. Literatura citada

- Agustín, J., Villagra P. E., Cony M. A., Cesca E. M. & Boninsegna J. A. (2006). Estructura y estado de los bosques de *Prosopis flexuosa* D. C. (Fabaceae, subfamilia: *Mimosoideae*) en el noreste de Mendoza (Argentina). *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 75-87.
- Ajbilou, R., Marañón T. & Arroyo J. (2003). Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación agraria: Sistema de Recursos Forestales* 12(2): 111-123.
- Albino-García, C., Cervantes H. López M., Ríos-Casanova L. & Lira R. (2011). Patrones de diversidad y aspectos etnobotánicos de las plantas arvenses del valle de Tehuacán-Cuicatlán: el caso de San Rafael, municipio de Coxcatlán, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1005-1019.
- Alvarado-Solano, D. P., & Otero J. T. (2015). Distribución espacial del bosque seco tropical en el valle del cauca, Colombia, *Acta biológica colombiana*. 20 (3):141-153.
- Álvarez, C. (2006). Simulación experimental del impacto de la tala selectiva en la viabilidad de poblaciones de dos especies nativas de bosque mesófilo de montaña. *Foresta Veracruzana*. 8 (2): 396-46.
- Arévalo, H. (2014). Variación Interpoblacional en la depredación de semillas de *Amphipterygium adstringens* (Schlttdl.) Standl. (*Anacardiaceae*) y su efecto en la germinación. Tesis de (Licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México.
- Avery, T. E. & Burkhart H. E. (1983). *Forest measurements*. New York. U.S.A. McGraw-Hill Book Company.
- Balvanera, P., Quijas S. & Pérez-Jiménez A. (2011). Distribution patterns of tropical dry forest along a mesoscale water availability gradient. *Biotropica*. 43(4): 414-422.
- Bazzas, F. A. (1991). Habitat selection in plants. *The American Naturalist*. 137: 116-130.
- Bell, G. H. (2001). Macroecology Neutral. *Science*. 293 (5539): 2413-2418.
- Beltrán-Rodríguez, L., Romero-Manzanares A., Luna-Cavazos M., Vibrans H., Manzo-Ramos F., Cuevas-Sánchez J. & García-Moya E. (2015). Historia natural y cosecha de corteza de quina amarilla *Hintonia Latiflora* (Rubiaceae). *Botanical Sciences*. 93(2): 261-272.
- Borchert, R. (2000) Organismic and environmental controls of bud growth in tropical trees. En Viéumont J. D & Crabbé J., *Dormancy in Plant behaviour to cellular control*. (87-108) New York USA: CABI Publishing.C.
- Borchert, R., & Rivera G., (2001). Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. *Tree Physiology*. 21. 213-221.

- Bruno, J. F., Stachowicz J. J. & Bertness M. D. (2003). Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in ecology and evolution*. 18 (3): 119-125.
- Burgos, B., Cruz A., Uribe M., Lara A. & Maldonado R., (2016). Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias agrícolas*. 16: 3277-3286.
- Caldato, S. V., Vera N. & Mac Donagh P. (2003). Estructura poblacional de *Ocotea puberula* en un bosque secundario y primario de la selva mixta misionera. *Ciência Forestal*. 13 (1): 25-32.
- Calderón-Aguilera, L. E., Rivera-Monroy V. H., Porter-Balland L., Martínez-Yrizar A., Ladah L. B., Martínez-Ramos M., Alcocer J., Santiago-Pérez A. L., Hernández-Arana H. A., Reyes-Gómez V. M., Pérez-Salicrup D. R., Diaz-Núñez V., Sosa-Ramírez J., Herrera-Silveira J. & Burquez A. (2012). An assessment of natural and human disturbance effects on Mexican ecosystems: current trends and research gaps. *Biodivers conserve*. 21: 589-617.
- Callaway, R. M. (2007). Positive interactions and interdependence in plant communities. University of Montana Missoula U.S.A. Springer.
- Campanello, P. I., Gatti M. G., Montti L. F., Villagra M., & Goldstein G. H. (2011). Ser o no ser tolerante a la sombra: economía de agua y carbono en especies arbóreas del Bosque Atlántico (Misioneros, Argentina). *Asociación Argentina de Ecología: Ecología Austral*. 21(3): 285-300.
- Castillo, A., Godínez, C., Schroeder, N., Galicia, C., Pujadas-Botey A. & Martínez L. (2009). Los bosques tropicales secos en riesgo: conflictos entre el desarrollo turístico, el uso agropecuario y la provisión de servicios ecosistémicos en la costa de Jalisco, México. *Interciencia*. 34(1): 844-850.
- Ceballos, G., & García, A. (1995). Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forest in western México. *Conservation Biology*. 9(6): 1349-1353.
- Ceballos, G., Martínez L., García A., Espinoza E., Creel J. B., & Dirzo R. (2010). Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. México: Fondo de Cultura Económica.
- Cervera, J. C., Andrade J. L., Simá J. L. & Graham E. A. (2006). Microhabitats, germination, and establishment for *Mammillaria gaumeri* (Cactaceae), a rare species from Yucatan. *International Journal of plant sciences*. 167(2):311-319.
- Chapman, C. A., & Chapman L. J., (1990) Density and growth rate of some tropical dry forest trees: Comparisons between successional forest types. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 117(3): 226-231.

- Chopra, K. (1993). The value of non-timber forest products: An estimation for Tropical Deciduous Forest in India. *Economic botany* 47(3): 251-257.
- Cid, K. S. (2008). Propagación sexual del cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), especie de uso medicinal. Tesis de (Licenciatura). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Colinvaux, P. A., (2001). Introducción a la ecología. (Primera edición) México: Limusa.
- CONAGUA (2018). Información climatológica por estado. Recurso en línea, última consulta el 4 de febrero, del 2018 en <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>
- CONAFORT (2018). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe de Resultados 2009-2014. CONAFORT, México.
- Contreras-González, A. M. & Arizmendi A. M. C. (2014) Pre-dispersal seed predation of columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae) by birds, in central México. *Ornitología Neotrop.* 25: 373-387
- Contreras-González, A. M. (2007). Dieta y disponibilidad de alimento de *Ara militaris* en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis (Maestría) Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cook R.E. (1979). Patterns of Juvenile Mortality and Recruitment in Plants. In: Solbrig O.T., Jain S., Johnson G.B., Raven P.H. *Topics in Plant Population Biology*. Palgrave, London.
- Cortes-Cabrera, H. E., Pérez-Domínguez R. P., Flores J., González-Tagle M., Cuellar-Rodríguez G. & Jurado E. (2018). Germinación de dos especies del género *Acacia* a temperaturas elevadas simulacro cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias forestales*. 9 (5): 304-322.
- Cuevas, X. M. (2001). La familia *Julianiaceae* en el estado de Jalisco, México. Universidad de Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara.
- Cuevas, X. M. (2005). A revision of the genus *Amphipterygium* (Julianiaceae) Ibuguna *Boletín IBUF* 13 (1) 27-47.
- Cuevas, R., García E., Vázquez A & Núñez N. M. (2008). Estructura poblacional y relaciones ambientales del árbol tropical *Nectandra rudis* (Lauraceae), una especie rara en el occidente de México. *Revista de Biología Tropical*. 56(1): 247-256.
- Cunningham, A. B. (2001). *Applied ethnobotany: people, wild plant use and conservation*. People and Plants. Conservation manual. London. Earthscan.
- Dantas, A. (2012). The ecological of Harvesting Non-Timber Forest Products from Natural Forests: a Review of the evidence. Brasil. *Econtro National da Anppas*.

- De Villiers, A. J., Van Rooyen M. W. & Theron G. K. (2001). The role of facilitation in seedling recruitment and survival patterns, in the Strandveld Succulent Karoo, South Africa. *Journal of Arid Environments*. 49: 809-821.
- Díaz, F. (2005). Evaluación del estado actual de las poblaciones de 23 especies forestales en bosques naturales en el municipio de El Castillo, San Juan, Nicaragua. Tesis (Maestría) Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza Tropical. Agricultural Research and Higher Education Center.
- Díaz-Pérez, C. Puerto-Hurtado M. A. & Fernández-Alonso J. L. (2011). Evaluación del hábitat, las poblaciones y el estatus de conservación del Barrigón (*Cavanillesia chicamochae*, Malvaceae-Bombacoideae). *Caldasia*. 33 (1): 105-119.
- Dickie, I. A., Schnitzer S. A., Reich P. B. & Hobbie S. E. (2005). Spatially disjunct effects of co-occurring competition and facilitation. *Ecology letters*. 8: 1191-1200.
- Diez, D. M., Barr C. D. & Çetinkaya-Rundel M. (2014). Introductory Statistics with Randomization and Simulation. Recurso en línea, consultado por última vez el 38 de mayo 2019 en <http://cran.r-project.org/web/packages/openintro>.
- Dupuy, J. M., Hernández-Stefanoni J. L., Hernández-Juárez R. A., Tatetla-Rangel E., López-Martínez J. O., Leyequién-Abarca E., Tun-Dzul F. J. & May-Pat F. (2012). Patters and correlates of tropical structure and composition in a highly replicated chronosequence in Yucatán, Mexico. *Biotropica*. 44(2): 151-162.
- Dzib-Castillo, B., Chantásing-Vaca C. & González-Valdivia N. A. (2014). Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 161-178.
- Emmel, T. C. (1975). *Ecología y biología de las poblaciones* (Primera edición) México. Nueva editorial interamericana.
- Encino-Ruiz, L., Lindig-Cisnero R., Gómez-Romero M. & Blanco-García A. (2013). Desempeño de tres especies arbóreas del bosque tropical caducifolio en un ensayo de restauración ecológica. *Botanical Sciences*. 91(1): 107-114.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 34: 487-515.
- FAO (2010). La gestión de los bosques ante el cambio climático. Recurso en línea, consultado por última vez el 10 de agosto 2019 en [www.fao.org/forestry](http://www.fao.org/forestry).
- Fernández, T. Y. (2014). Efecto del microclima en el crecimiento y supervivencia del cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht) en Chamela, Jalisco. Tesis de (Licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México. México.

- Flores, D. (2018). Interacción planta-animal de *Notocitellus adocetus* (Sciuridae) con algunas especies de bosque tropical caducifolio y zonas de cultivo de Zirándaro de los Chévez, Guerrero. Tesis de (licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Flores, L. S. (2018). Estructura de la comunidad de aves en un bosque tropical caducifolio del Estado de Morelos. Tesis (Licenciatura). Facultad de Estudios superiores Iztacala. Universidad Nacional autónoma de México. México.
- Flores-Alta, D., F. Rivera-Ortiz, A. M. & Contreras-González A. M. (2019). Record of a population and description of some aspects of the life history of *Notocitellus adocetus* in the north of the state of Guerrero, México. *Sociedad Brasileira de Mastozoología*. 26: 175-181.
- Gallardo-Cruz, J. A., Meave J. A., & Pérez-García A. (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.
- Gallegos, R. A., González-Cueva G. A., Hernández E. A. & Castañeda J. C. (2008) Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de Jalisco, México. Memoria del V Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales.
- Gálvez, M. C & Solares F. (2002). Manual para una producción sustentable de corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht). México: SAGARPA.
- García, A. (2009). Manejo social de la cancerina (*Hippocratea*), Planta medicinal de la selva baja caducifolia en la cuenca del Río Papagayo, Guerrero, México. Tesis de (Doctorado). Institución de Enseñanza e investigación en Ciencias agrícolas, México.
- García-Sánchez, R., & Monroy-Ata A. (2005). Micrositio del pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) en comunidades de pastizal y de matorral del altiplano mexicano. *Revista Especializada en Ciencias Químico-citológicas*. 8(2): 61-70.
- Godínez-Álvarez, H., Jiménez M., Mendoza M., Pérez F., Roldán P., Ríos-Casanova L. & Lira R. (2008). Densidad, Estructura poblacional, reproducción y supervivencia de cuatro especies de plantas útiles en el valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 393-403.
- González, F. (2004). Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología, México. Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología.
- González, T. G. (2019). Parámetros poblacionales de *Bursera* en una selva baja de Coxcatlán, México. Tesis de (Licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Gurevitch, J., Scheiner S. M. & Fox G. A. (2002). The ecology of plants (Segunda edition). Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates Inc.
- Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Herendia J. B. (2019). Plantas medicinales mexicanas: De la tradición a la ciencia. Recurso en línea, consultado por última vez el 26 de octubre 2019 en <https://www.ciad.mx/notas/>
- Guzmán-Pozos, A. & Cruz-Cruz E. (2014). Características físicas de frutos de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* (Schtdl.) Standl) de tres procedencias. Revista Fitotecnia Mexicana. 37 (3): 255-260.
- Henao, N., Torres A. M., Tafur J. C. & Guevara L. (2018). ¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical? Biota Colombiana. 19: 3-20.
- Hernández, A. (2017). Estructura de la comunidad vegetal de cuatro zonas de selva baja caducifolia sujetas a disturbio en el ejido de San José Tilapa, Coxcatlán Puebla (México). Tesis (licenciatura) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hyatt, L. A., Rosenberg, M. S., Howard, T. G., Bole, G., Fang, W., Anastasia, J., Brown, K., Grella, R., Hinman, K., Kurdziel, J. P. & Gurevitch, J. (2003). The distance dependence prediction of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis. Oikos 103: 590–602.
- Ige, P. O., Akinyemi, G. O. & Abi E. A. (2013). Diameter distribution Models for Tropical Natural Forest trees in Onigambari Forest Reserve. Journal of Natural Sciences Research. 12(3): 2224-3186.
- Imaña, J., Antunes O. & Rainier C. (2011). Estructura diamétrica de un fragmento del bosque tropical seco de la región del eco-museo del Cerrado, Brasil. Colombia Forestal. 14(1): 23-30.
- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Aquila, Michoacán. Recurso en línea, consultado el 30 de enero del 2018 en [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/16/16008.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16008.pdf).
- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Ayala, Morelos. Recurso en línea. Última consulta el 26 de enero del 2018 en [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/17/17004.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/17/17004.pdf)
- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Coxcatlán: Puebla, recurso en línea, consultado el 20 de enero 2018 en [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21035.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21035.pdf)

- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Tlaxcala, Puebla. Recurso en línea: Última consulta el 30 de enero 2018 en [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21176.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21176.pdf).
- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Zirándaro, Guerrero. Recurso en línea, consultado el 31 de enero 2018 en [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/12/12073.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/12/12073.pdf)
- Infante, G. S. & Zárate G. P. (1990). Métodos estadísticos: Un enfoque interdisciplinario. (2ed). México: Trillas.
- Jiménez-Lobato, V., & Valverde T. (2006). Population dynamics of the shrub *Acacia bilimekii* in a semi-desert region in central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 65: 29-45
- Jimoh, S. O., Amusa T. O. & Azeez I. O. (2013). Population distribution and threats to sustainable management of selected non-timber forest products in tropical lowland rainforests of south western Nigeria. *Journal of forestry research*. 24(1): 75-82.
- Johnston, M. (1998). Tree population studies in low-diversity forests, Guyana. II. Assessments on the distribution and abundance of non-timber forest products. *Biodiversity and Conservation*. 7: 73-86.
- Khurana, E. & Singh J. S. (2001). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation*, 28(1): 39-52.
- Krebs, J. C. (1985). Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. México. Editorial Harla S. A. México.
- Laloo, R., Khalkha L., Jeeva S. & Mishra B. (2006). Status of medicinal plants in the disturbed and the undisturbed sacred forests of Meghalaya, northeast India: population structure and regeneration efficacy of some important species. *Current Science*. 90 (2): 225-232.
- Lezama K. 2018. Caracterización de la regeneración natural de bosque en tres ambientes contrastantes en el retorno, Guaviare-Colombia. Tesis (Pregrado). Universidad distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio ambiente y recursos naturales, Colombia.
- Liao, J., Bogaert J. & Nijs I. (2015). Species interactions determine the spatial mortality patterns emerging in plant communities after extreme events. *Scientific Reports*. 5: 11229. 10.1038/srep11229.
- Linzaga-Román, B. E., Ángeles-Pérez G., Catalán-Heverástico C. & Hernández P. (2011). Estructura espacial de *Pachycereus weberi* (Coulter) Backeb. En la cañada de Zopilote, Guerrero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Ambientales*. 17(2): 189-196.
- López-Gómez, V., Zedillo-Avelleyra P., Anaya-Hong S. Y., González-Lozada E. & Cano-Santana Z. (2012). Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y

- ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). Botanical Sciences. 90(4): 453-457.
- Martínez M., S. Valencia, & J. Calónico (1997). Flora de Papalutla, Guerrero y de sus alrededores. Anales del instituto de Biología. 68 (2): 107-133.
- Martínez, J. (2015). Impacto de la cosecha de corteza de *Amphipterygium adstringens* (Schiede ex Schlecht.) Standl. Sobre funciones reproductivas (Floración y fructificación) en la localidad de San Rafael, Municipio de Coxcatlán, Puebla. Tesis de (Licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez-Pérez, A., López P. A., Gil-Muñoz A. & Cuevas-Sánchez J. A. (2012). Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la mixteca poblana, México. Acta Botánica Mexicana. 98: 73-98.
- Matteucci, S D. & Colma A., (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico Washington, D. C.
- Matteucci, S. D., & Colma A. (1997). Agricultura sostenible y ecosistemas áridos y semiáridos de Venezuela. Interciencia. 22(3): 123-130.
- Mazzani, E., & Rodríguez E., (2009). Estudio de la variabilidad presente en germoplasma de tártago (*Ricinus communis* L.) en cuanto a racimos, frutos y semillas. UDO agrícola. 9(4): 764-769.
- Meave, J. A., Romero-Romero M. A., Salas-Morales S.H., Pérez-García E. A. & Gallardo-Cruz J. A. (2012). Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. Ecosistemas. 21(1-2): 85-100.
- Méndez, M., Dorantes A., Dzib G., Arguez J. & Durán R. (2006). Germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus Gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. Boletín de la Sociedad Mexicana 79. 33-41.
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Cruz J., Cortés-Flores J., Rendón-Sandoval J. & Ibarra-Manríquez G. (2014). Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tzirtzícuar, Depresión de balsas, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 1117-1128.
- Mendoza (O. M. S. In prep.) Efecto del cambio de uso/cobertura del suelo sobre la biomasa y el almacén de carbono en la selva baja caducifolia de Zirándaro, Guerrero. Tesis de doctorado. Universidad Nacional autónoma de Mexico. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Molina, J. L. (2019). Demografía de *Stenocactus multicosatus* de La Cruz del Pastor de Guanajuato. Tesis de (Licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM.

- Monroy, C. & Castillo P. (2007). Plantas medicinales utilizadas en el estado de Morelos. (Segunda edición) Cuernavaca, Morelos, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos: CONABIO.
- Montañez R, Escudero C. & Duque A. (2010). Patrones de distribución de especies arbóreas en bosques de alta montaña del departamento de Antioquia, Colombia. Revista de la Facultad Nacional Agrícola de Medellín. 63(2): 5629-5638.
- Montgomery, R. A. & Chazdon R. L. (2002). Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia*. 131: 165-174.
- Montgomery, R. A., Reich P. B. & Palik B. J. (2010). Untangling positive and negative biotic interactions: views from above and below ground in a forest ecosystem. *Ecology*. 91(12): 3641-3655.
- Morales, A. (2017). Remoción de frutos por aves y sus implicaciones en la dinámica poblacional de *Bursera*, en una selva baja de Morelos, México. Tesis (Licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Moreno-Casasola, P., Mata D., & Madero-Vega C. (2011). Germinación y supervivencia de dos especies de acahual de selva baja para restaurar dunas costeras. *Revista Mexicana de Ciencias forestales*. 2(6): 19-36.
- Moro, M. J., Pgnaire F. I., Haase P., & Puigdefábregas J. (1997). Mechanisms of interaction between a leguminous shrub and its understory in a semi-arid environment. *Ecography*. 20: 175-184.
- Mostacedo, B. & Fredericksen T. S. (2000). Manual de Métodos básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. BOLFOR.
- Murphy, P. G. & Lugo A. E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual review old ecology and systematics*. 17: 67-88.
- Nathan, R. & Muller-Landau H. C. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Tree*. 15(7): 278-285.
- Neumann R. & Hirsch E. (2000). *Commercialization of Non-Timber Forest Products: Review and Analysis of Resource. cifor. Bogor, Indonesia: Cifor*.
- Odum, E. P. (1972). *Ecología* (3ra ed). México, D.F.: Nueva editorial interamericana.
- Osorio, B. (2012). Origen, evolución y ecología de la selva seca. [Versión electrónica]. Inventario, la génesis de la cultura universitaria en Morelos. 8(16) 61-70. Consultado el 20 de abril 2019 en <http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/351>.
- Padilla, F. M. & Pugnaire F. I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *The Ecological Society of America*. 4(4): 196-202.

- Palacios, J. E., Mejía E., Oropeza J. L., Martínez M. R. & Figueroa B. (2009). Impacto de las actividades económicas en los recursos suelo y vegetación. *Tierra latinoamericana*. 27(3). 247-255.
- Palacios, L. Y., Perea K., Bellido D. M., Calcedo H. Y., & Abadia D. (2017). Estructura poblacional de ocho especies maderables amenazadas en el departamento de Chocó-Colombia.
- Palacios-Wassenaar, O., Castillo-Campos G. & S. Vázquez-Torres (2016) Análisis de la estructura poblacional como indicador rápido del estado de conservación de especies arbóreas amenazadas. El caso de *Reninanthus aromaticus* en el centro de Veracruz, México. *Botanical Sciences*. 94 (2): 1-12.
- Pennington, T. D. & Sarukhán J. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. México. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de cultura económica.
- Pérez-Férrea, M. A., Hernández-Sandoval L., López-Cruz A., Espinosa-Jiménez J. A., López S., Zenteno-Cruz G., & Gómez-Domínguez H. (2012). Estructura, densidad poblacional y relaciones alométricas de *Beaucarnea goldmanii* Rose y *Beaucarnea sanctomariana* L. Hern. (Asparagaceae) en Chiapas y Oaxaca, México. *Lacandona*. 6(2): 7-17.
- Peters, C. M. (1994). Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forests: an ecological primer. Biodiversity Support Program, Washington, DC.
- Peters, C. M., Purata S. E., Chibnik M., Brosi B. J., López A. M. & Ambrosio M. (2003). The life and times of *Bursera glabrifolia* (H. B. K.) Engl. In Mexico: A parable for ethnobotany. *Economic Botany*. 57(4): 431-441.
- Piña, E. (2017). Red de interacciones planta-colibrí en "El organal", Jonacatepec, Morelos. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ponce, O. (2013). Efecto de la fragmentación del bosque tropical caducifolio sobre la estructura poblacional y éxito reproductivo de *Bursera fagaroides* y *B. palmeri*. Tesis (Maestría). Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro, México.
- Poorter, L. & Markesteijn L. (2008). Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. *Biotropica*. 40(3): 321-331.
- Quesada, R. & K. Quiros. (2003). Estudio de Especies Forestales con poblaciones reducidas o en peligro de extinción. Nicaragua: Escuela de ingeniería forestal.
- Rangel C. H. & Velázquez J. O. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. Pp. 59-87 En: J. O. Rangel-Ch, P. Lowy & M. Aguilar (eds.). Colombia. *Diversidad biótica II: tipos de*

vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-IDEAM, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.

- Rao, P., Barik, S.K, Pandey, HN & Tripathi R. S. (1990). Community composition and tree population structure in a sub-tropical broad-leaved forest along a disturbance gradient. *Vegetation*. 88:151-162.
- Rincón, E. & Huante P. (1993). Growth responses of tropical deciduous tree seedlings to contrasting light conditions. *Trees*. 7: 202-207.
- Rivera G., Elliott S., Caldas L. S., Nicolossi G., Coradin V. T. R., & Borchert R. (2002). Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees* 16. 445-456.
- Rivera-Ortiz, F. A., Contreras-González, A. M., Soberanes-González, C. A., Valiente-Banuet, A., & Arizmendi, A. M. del C. (2008) Seasonal abundance and breeding chronology of the Military Macaw (*Ara militaris*) in a semi-arid region of central Mexico. *Ornitol Neotrop*. 19: 255-263
- Rodríguez-Arévalo, I., Mattana E., García L., Liu U., Lira R., Dávila P., Hudson A., Prichard H. W. & Ulian T. (2016). Conserving seeds of useful wild plants in Mexico: main issues and recommendations. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 64: 1141-1190.
- Rodríguez-Godínez, R. & Almazán-Núñez, R. C. (2015). Composición florística y estructura de la familia Burseraceae en un bosque tropical caducifolio Atenango del Río, Guerrero. *Revista de Ciencias Naturales Agropecuarias*. 5 (2): 685-689.
- Rügnitz, T. M., Chacón L. M. & Porro R., (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Perú, Ministerio de Agricultura
- Ruiz, M., C. García, & J. Sayer, (2007) Los servicios ambientales de los bosques, *Ecosistemas*, 16(3): 81-90.
- Rzedowski, J., (2006) *Vegetación de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez, M. A., Fierros A. M., Velázquez A., Santos H. M., Aldrete A., & Cortes E. (2018). Estructura, riqueza y diversidad de especies de árboles en un bosque tropical caducifolio en Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9 (46): 131-156.
- Sánchez-Gutiérrez, F., Valenzuela-Gómez A., Valdez-Hernández J. I., & González- González C. A. (2017). Estructura y diversidad de especies arbóreas en el sitio arqueológico "El mirador", selva Lacandoda, Chiapas. *Polibotanica*. 44: 79-94.
- Sánchez-Velásquez, L., Hernández-Vargas G., Carranza M., Pineda-López R., Cuevas R. & Aragón F. (2002). Estructura Arborea del bosque tropical caducifolio usado para la

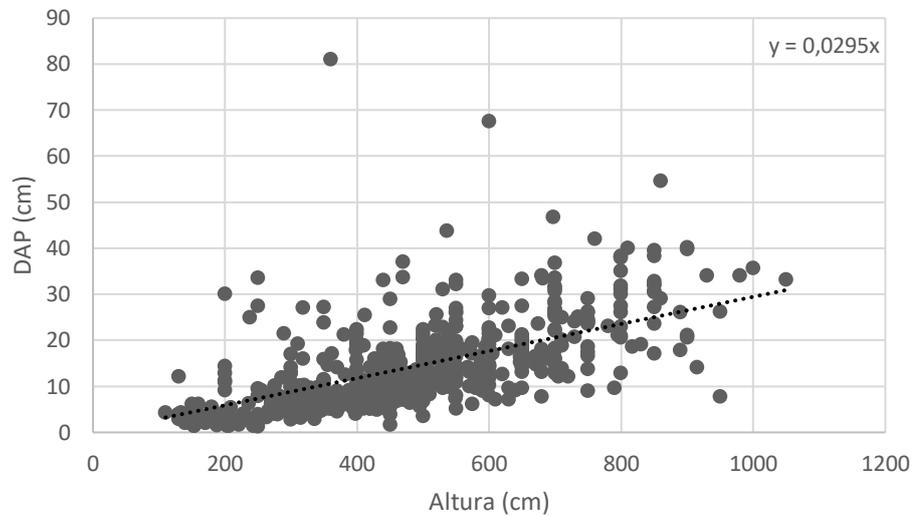
- ganadería extensiva en el norte de la Sierra de Mazatlán México antagonismo de usos. *Polibotanica*. 13(1): 25-45.
- Santos, T. & Tellería J. L. (2006). Perdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 2: 3-12.
- Sarmah, R., (2012). Non-timber forest products: Extraction and impact on plant community structure in and around Namdapha National Park of Arunachal, Pradesh, India. *Indian Journal of Plant Sciences*. 1(2-3): 192-20.
- SEMARNAT & CONAFOR (2005). Estudio regional forestal UMAFOR Izugar de Matamoros. Asociación Regional de Silvicultores de la Mixteca A. C.
- SEMARNAT, (sin fecha), Manifiesto de impacto ambiental, Modalidad Regional, Proyecto ejecutivo de pavimentación del Camino Pómaro- Coire del Km 0+9 640 en el municipio de Aquila. Recurso en línea, Consultado e 29 de enero del 2018 <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mich/estudios/2008/16MI2008V0007.pdf>
- Shova, T. & Chapman D. S. (2010). Impacts of resource extraction on forest structure and diversity in Bardia National Park, Nepal. *Forest Ecology and Management*. 259: 641-649.
- Singh, K. P., & Kushwaha, C. P. (2006). Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. *Annals of botany*. 97(2): 265-76.
- Solares, F. (2004). Etnobotánica y usos potenciales del crían (*Crescentia alata*, H. B. K.) en el estado de Morelos. *Polibotánica*. 18: 13-31
- Solares, F. & Gálvez Ma. C. (2002). Alternativas de Manejo y Conservación especies forestales de trópicos seco: Estudios sobre usos potenciales Estudio químico-biológico para la producción sostenida de corteza de cuachalalate con fines de uso farmacéutico-industrial en el estado de Morelos. Informe de Investigación 2000 de estado de Morelos. México: Fundación Produce Morelos.
- Solares, F. & Gálvez Ma. C. (2002). Manual para una producción sustentable de corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht). secretaria de agricultura, ganadería y desarrollo rural, pesca y alimentación. Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias. Centro de investigación regional del centro de campo experimental "Zacatepec".
- Solares, F. Vázquez J., & Gálvez M. C. (2012). Canales de comercialización de la corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.) en México. *Revista Mexicana de las Ciencias Forestales*. 13(12): 29-42.

- Solares-Arenas, F., Jasso-Mata J., Vargas-Hernández J., Soto-Hernández M. & Rodríguez-Franco C. (2006). Capacidad de regeneración en grosor y lateral en corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens Schiede ex Schlecht.*) en el estado de Morelos. *Revista de Sociedad, Cultural y Desarrollo Sustentable*. 2(2): 481-495.
- Suzán-Azpiri, H., Ponce-González O. O., Malda-Barrera G. X., Cambrón-Sandoval V. H. & Carrillo-Angeles I. G. (2017). Edge effect on the population structure and the reproductive success of two *Bursera* Species. *Botanical Sciences*. 95(1): 9-22.
- Tielbörger, K. & Kadmon R. (2000). Temporal environmental variation tips the balance between facilitation and interference in desert plants. *Ecology*. 81(6): 1544-1553.
- Trejo, I., (2005). Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. 4(1): 1-12.
- UNESCO, (2012) Fuentes de Información Cartográfica Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recurso en Línea, Última Consulta el 30 de enero del 2018 en [http://www.unesco.org/science/doc/mab/2012/mx/MaB\\_Tehuacan-Cuicatlan\\_Vegetacion.pdf](http://www.unesco.org/science/doc/mab/2012/mx/MaB_Tehuacan-Cuicatlan_Vegetacion.pdf)
- Uriarte, M., Canham C. D., Thompson J., Zimmerman J. K. & Brokaw N. (2005). Seedling recruitment in a hurricane-driven tropical forest: light limitation, density-dependence and the spatial distribution of parent trees. *Ecology*. 93: 291-304.
- Valiente-Banuet, A., & Ezcurra E. (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.
- Valiente-Banuet, A., Solís L., Dávila P., Arizmendi M. del C., Pereyra C. S., Ortega-Ramírez J., Carreón J. T., Rangel-Landa S. & Casas A. (2009). Guía de la vegetación del valle de Tehuacán Cuicatlán. CONABIO: México
- Villers, L. & Trejo-Vázquez I. (2000). El cambio climático y la vegetación en México. México: una visión hacia el siglo XXI. *El Cambio*.
- Wright, S. J., Muller-Landau H. C., Condit R. & Hubell S. P. (2003). Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. *Ecology*. 84 (12): 3174-3185.
- Zamora, P. (2003). Evaluación del aprovechamiento potencial del cuachalalate (*Amphipterygium adstringens Schiede ex Schlecht.*) en San Bautista Jayacatlán, Oax Tesis (licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.

## 9. Anexos

### 9.1. Anexo I

Correlación de Spearman entre altura y DAP en individuos de *A. adstringens* mayores a 1.4 m.  $R^2=0.7308$ ;  $P<0.0001$ .



### 9.2. Anexo II

Correlación de Spearman entre altura y DAB en individuos de *A. adstringens* menores a 1.4 m.  $R^2=0.7959$ ;  $P<0.0001$ .

