



UNIVERSIDAD DEL MAR

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMPARACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y GERMINACIÓN DE DIÁSPORAS
DISPERSADAS POR AVES Y MURCIÉLAGOS PARA UNA PROPUESTA DE
REGENERACIÓN EN EL JARDÍN BOTÁNICO CHEPILME, OAXACA

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO DE FAUNA
SILVESTRE**

PRESENTA

I.E. Edwin Steve Luna Martínez

DIRECTOR

Dr. Carlos García Estrada

CO-DIRECTOR

M. en C. Helisama Colín Martínez

Puerto Escondido, Oaxaca, México

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi madre la **Ing. Gloria Martínez Rodríguez**, porque siempre ha estado a mi lado apoyándome en todo, gracias por sus valiosos consejos, sus palabras de aliento y cariño.

Al **Dr. Carlos García Estrada** por todo el apoyo, y paciencia para la realización de este proyecto, por compartir su experiencia, conocimiento, además de esas charlas tan amenas que hacían el trabajo de campo más agradable y gracias por la confianza.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermanos por siempre confiar en mí y por sus muestras de apoyo.

Al **Dr. Carlos García Estrada** por su apoyo, paciencia, dedicación, profesionalismo, por compartir su conocimiento, por las pláticas amenas en los días que salíamos a campo y le agradezco mucho por conseguir financiamiento para mi proyecto.

A cada uno de mis revisores: **M. en C. Helisama Colín Martínez, M. en C. Magali Martínez Cortez, M. en C. Rosario García Alavez, Dr. Miguel Ángel de Labra Hernández, Dr. Juan Manuel Villa Hernández**, por el tiempo que le dedicaron a revisar el manuscrito y por las valiosas observaciones hechas a mi trabajo.

Al **Ing. Agrónomo Gabriel Ruvalcaba** y responsable del Jardín Botánico Chepilme por siempre tener la disposición para ayudarme en mis días en el Jardín Botánico, así como compartir su conocimiento sobre la vegetación del lugar.

A mis amigos **Emmanuel Soto Ramírez, Luis zubia Enríquez**, por siempre estar alentándome, por sus muestras de apoyo y cariño a pesar de la distancia.

Al señor **Santiago Sinaca Colín** por su ayuda para la identificación de las diásporas colectadas.

A la **Universidad del Mar** por darme la oportunidad de realizar la maestría en dicha institución.

Al **Lic. En Biología Leslye Ariadna Santiago Martinez** por su ayuda en la fase de campo.

ÍNDICE

Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas.....	v
Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
2. Marco conceptual.....	5
2.1. Conceptos de diáspora.....	5
2.2. Tipos de diáspora y su estructura.....	5
2.3. Síndromes de dispersión.....	8
2.4. Ornitocoria.....	10
2.5. Quiropterochoria.....	10
2.6. Aves frugívoras y las diásporas que dispersan.....	10
2.7. Murciélagos frugívoros y las diásporas que dispersan.....	11
2.8. Sucesión ecológica.....	11
2.8.1 Definición.....	11
2.8.1.1 Sucesión primaria.....	11
2.8.1.2 Sucesión secundaria.....	11
2.8.2. Plantas y su tipo de sucesión que dispersan las aves frugívoras.....	12
2.8.3. Aves frugívoras y su tipo de alimentación.....	12
2.8.4. Plantas y su tipo de sucesión que dispersan los murciélagos frugívoros.....	13
2.8.5. Murciélagos frugívoros y su tipo de alimentación.....	13
3. Antecedentes.....	13
3.1. Estudios sobre dispersión de diásporas por aves y murciélagos.....	13
3.2. Estudios sobre dispersión de diásporas por aves.....	14
3.3. Estudios sobre dispersión de diásporas por murciélagos.....	15
2.4. Estudios en tierras privadas.....	17
4. Hipótesis.....	19
5. Objetivos.....	20
5.1. Objetivo general.....	20

5.2. Objetivos particulares.....	20
6. Área de estudio.....	21
6.1. Área de estudio.....	21
6.2. Clima.....	21
6.3. Vegetación.....	21
7. Materiales y métodos.....	23
7.1. Colecta de diásporas.....	23
7.2. Germinación de diásporas.....	24
7.3. Análisis estadísticos.....	24
7.3.1. Diversidad alfa de las diásporas.....	24
7.3.2. Diversidad beta de las diásporas.....	25
7.3.3. Tiempo de germinación.....	25
7.3.4. Coeficiente de uniformidad de germinación.....	25
7.3.5. Coeficiente de velocidad de germinación.....	26
7.3.6. Tiempo medio de germinación.....	26
7.3.7. Índice de velocidad de germinación.....	26
8. Resultados.....	28
8.1 Diásporas dispersadas por aves y murciélagos.....	28
8.2 Diversidad alfa.....	28
8.2.1 Diversidad alfa de especies dispersadas por aves y murciélagos.....	28
8.2.2 Diversidad alfa de especies dispersadas por aves y murciélagos en la época húmeda y seca.....	28
8.2.3 Diversidad alfa de especies dispersadas por aves y murciélagos entre épocas.....	32
8.3. Diversidad beta.....	32
8.3.1. Diversidad beta de especies dispersadas por aves y murciélagos....	32
8.3.2. Diversidad beta de especies dispersadas por aves y murciélagos en la época húmeda y seca.....	32
8.3.3 Diversidad beta de especies dispersadas por aves y murciélagos entre épocas.....	32
8.4 Germinación de especies dispersadas por aves y murciélagos.....	32

9. Discusión.....	34
10. Conclusiones.....	41
11. Referencias bibliográficas.....	42
12. ANEXO 1. PLAN DE MANEJO PARA LA REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN EL JARDÍN BOTÁNICO CHEPILME DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR.....	58
12.1. Introducción.....	58
12.2. Objetivo.....	60
12.3. Descripción del área.....	60
12.4. Zonificación del jardín botánico.....	62
12.4.1. Zona de visitantes.....	62
12.4.2. Zona de actividades cotidianas.....	64
12.4.3. Zona de uso restringido.....	64
12.4.4. Zona de protección.....	64
12.5. Recomendaciones.....	65
12.6. Metas.....	67
12.6.1. Corto plazo (1 año).....	67
12.6.2. Mediano plazo (3 años).....	67
12.6.3. Largo plazo (10 años).....	68
12.7. Indicadores de éxito.....	68
12.8. Referencias bibliográficas.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Partes de una semilla.....	6
Figura 2.	Estructura del sicono y sorosis.....	7
Figura 3.	Estructura del esqueje.....	8
Figura 4.	Ubicación Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar.....	22
Figura 5.	Puntos de referencia en el polígono del Jardín Botánico Chepilme.....	62
Figura 6.	Zonificación del polígono del Jardín Botánico Chepilme.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Lista de especies de diásporas y su asociación con el tipo de vegetación, dispersadas por aves y murciélagos, en la época húmeda y seca en el Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar.....	29
Tabla 2.	Número de diásporas colectadas y germinadas, y valores de germinación	33

RESUMEN

La deforestación y degradación de los bosques y selvas son de los principales problemas ambientales que provocan la pérdida de la biodiversidad. Para mitigar la pérdida de biodiversidad se han decretado las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Otra Alternativa son las áreas privadas, como los jardines botánicos, en los cuales se destinan áreas para la regeneración natural de la vegetación para favorecer a la fauna asociada. Por su capacidad de desplazamiento, las aves y los murciélagos frugívoros son considerados importantes dispersores de diásporas que favorecen la recuperación de los bosques y las selvas. El objetivo de este trabajo fue comparar la diversidad y germinación de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos, para elaborar una propuesta de regeneración en el Jardín Botánico Chepilme. El trabajo de campo se realizó en la época húmeda (julio a octubre de 2017) y en la seca (enero a abril de 2018). Las diásporas fueron colectadas con 20 mantas tela Tergal Stretch de 1.5 x 1 m, colocadas a 1 m de altura en diferentes sitios. Cada excremento con diásporas se guardó en una bolsa de papel glassine, con los datos de colecta y el dispersor. En el laboratorio cada diáspora fue caracterizada morfológicamente. Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en un vivero temporal, cada diáspora se colocó en botes de plástico y charolas de germinación con algodón como sustrato; las diásporas se regaron diario, las plántulas que germinaron se trasplantaron a charolas de plástico. Las aves consumieron 278 diásporas pertenecientes a 11 especies, mientras que de los murciélagos se obtuvo evidencia de 2,646 diásporas pertenecientes siete especies. Algunas de las familias están asociadas a la vegetación primaria (Apocynaceae, Boraginaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Santalanaceae y Solanaceae); mientras que otras están asociadas a la vegetación secundaria (Annonaceae, Euphorbiaceae y Vitaceae, y a los géneros *Bursera*, *Ficus* y *Muntingia*). Hubo mayor germinación de las diásporas consumidas por los murciélagos que por de las de las aves. Se anexa una propuesta de plan de manejo, que incluye la zonificación del área y recomendaciones en el corto, mediano y largo plazo, para favorecer la regeneración de la vegetación con las diásporas dispersadas por aves y murciélagos.

1. INTRODUCCIÓN

El éxito reproductivo de las plantas depende en gran medida de su capacidad para dispersar sus propágulos y colonizar o recolonizar algún sitio (Herrera 2002). Aunque tradicionalmente se ha considerado que el propágulo o la semilla es la unidad reproductiva que se desarrolla a partir de un óvulo, la diáspora es la unidad de la planta que está siendo realmente dispersada. Una diáspora puede ser esporas, semillas, infrutescencias, estructuras vegetativas especiales, partes de la planta o incluso la planta entera (Fenner 2000, Levey *et al.* 2002, Lobova y Mori 2004, Van der Pijl 2012). Como parte de las interacciones recíprocas producto de miles de años entre la diáspora y su agente dispersor, se ha creado un lazo coevolutivo donde ambas poblaciones se benefician (Janzen 1980). Por una parte, la diáspora es dispersada lejos de la planta madre ampliando su distribución (Charles-Dominique 1991, Ortiz-Pulido *et al.* 2000). Mientras que, el agente dispersor se beneficia al obtener la fuente energética de la pulpa o resina de los frutos que dispersa (Fleming *et al.* 1972, Jordano 1987, Molinari, 1993, Giannini y Kalko 2004).

De acuerdo al agente, la dispersión puede ser de varios tipos: anemocoria (viento), hidrocoria (agua) y zoocoria (animal; Medellín y Gaona 1999, Guariguata *et al.* 2002). Estos agentes proveen un beneficio a la regeneración natural de la vegetación, llamado sucesión ecológica, la cual implica el cambio de la estructura del bosque a través del tiempo (Musscarella y Fleming 2007). En el caso de la zoocoria, el animal transporta la diáspora de dos maneras: externa (exozoocoria), en la cual las diásporas se adhieren a la superficie del animal; mientras que la interna (endozoocoria), las diásporas son ingeridas por el animal y posteriormente son defecadas (Herrera 2002).

Por su capacidad de desplazamiento, las aves y los murciélagos son considerados importantes dispersores de diásporas. Además, se ha reportado que favorecen la recuperación de los bosques templados y las selvas tropicales al ingerir frutos y

defecar o regurgitar las diásporas de especies pioneras en áreas abiertas (Fleming *et al.* 1987, Barrantes y Pereira 2002, Holl 2002, Wilms y Kappelle 2006, Figueroa-Esquivel *et al.* 2009). Así mismo se ha señalado que, al menos 50% y a menudo 75% o más de las especies arbóreas de los bosques tropicales producen frutos carnosos adaptados para el consumo de aves y murciélagos (Howe y Smallwood 1982).

Las aves y murciélagos dispersan las diásporas de manera diferencial (Charles-Dominique 1986, Gorchov *et al.* 1993, Medellín y Gaona 1999, Galindo-González *et al.* 2000). Las aves defecan perchadas, por lo que tienen menos posibilidades de dispersar diásporas en lugares abiertos alejados de los remanentes de selva (Augspurger y Franson 1988, Duncan y Chapman 1999, Cubiña y Aide 2001); además, su vuelo está condicionado por la presencia de perchas y fuentes de alimento (Cardoso da Silva *et al.* 1996). Por su parte, los murciélagos generalmente defecan mientras vuelan (Charles-Dominique 1986, Gorchov *et al.* 1993, Medellín y Gaona 1999, Galindo-González *et al.* 2000), depositando una mayor cantidad de diásporas lejos de la planta madre (Thomas *et al.* 1988).

Por otro lado, el tránsito de las diásporas en el intestino de una especie frugívora determina la calidad de la dispersión, y por lo tanto, la eficacia de un dispersor de diásporas (Schupp 1993). Por ejemplo, la exposición prolongada en los líquidos digestivos de los vertebrados provoca la eliminación de gran parte del mesocarpio protector y, por tanto, daña al embrión (Gardener *et al.* 1993, Murphy *et al.* 1993). En aves frugívoras obligadas, las diásporas son procesadas más rápido que la pulpa, para maximizar la capacidad intestinal de la pulpa digestible. La regurgitación de las diásporas por aves paseriformes es muy rápida: a menudo varía de 5 a 20 minutos; mientras que las diásporas son defecadas, por lo general de 0.3 a 1.5 horas (Herrera 1984, Sorensen 1984, Jordano 2000). En cambio, para los murciélagos frugívoros el tiempo promedio de tránsito intestinal de las diásporas varía de 15 a 40 minutos, de acuerdo a la especie de murciélago frugívoro y las

plantas que consumen (Morrison 1980, Bonaccorso y Gush 1987, Fleming 1988, Simmons *et al.* 2007).

La deforestación y degradación de los bosques y selvas son de los principales problemas ambientales que provocan la pérdida de la biodiversidad (Meli 2003). En México, por ejemplo, se deforestan anualmente entre 155,000 y 354,000 hectáreas, por lo que se estima que sólo se conserva 32% de su cobertura forestal original (FAO 2010). Por su parte en el estado de Oaxaca, de acuerdo al Programa Estratégico Forestal del Estado de Oaxaca 2007-2030, entre 1993 y 2002 se reportó la pérdida de 8,557 hectáreas al año de vegetación primaria y de 36,938 hectáreas de vegetación secundaria (Sosa Cedillo 2008). Particularmente en la costa de Oaxaca, las selvas, los bosques y manglares han sido severamente transformados por las actividades antrópicas. De 2000 a 2011, se perdieron 18,402 ha de selva, 420 ha de manglares y 369 ha de bosques. De continuar esta tendencia, se ha sugerido que para 2025 se habrán perdido 37,937 ha de selvas, 885 ha de manglares y 650 ha de bosques y, por consecuencia, un efecto irreversible sobre la pérdida de biodiversidad. Ante este escenario es fundamental definir estrategias que permitan la conservación de los ecosistemas (Leija-Loredo *et al.* 2016).

Frente a esta problemática se han desarrollado iniciativas para la conservación de la biodiversidad en nuestro país. Una de estas son las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las cuales han enfrentado un gran número de problemas en su gestión y funcionamiento (Colmenero y Bravo 1996, Villalobos 2000). Por consiguiente, a principios de este siglo, se ha considerado como una alternativa la implementación de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), las cuales están administradas por los propietarios de ranchos, comunidades y ejidos. Esta alternativa implementa la certificación como una herramienta que ayuda a los propietarios al establecimiento, administración y manejo de sus áreas naturales protegidas privadas. La certificación puede ser utilizada para programas de estímulos nacionales o internacionales, como pago por servicios ambientales, acceso a mercados verdes o justos (Swift y Bass 2003, CONANP 2014). Por otro

lado, existen las Áreas Privadas para la Conservación, cuyos propietarios de terrenos con interés en la conservación de la biodiversidad pero que no están interesados en participar en proyectos de certificación como cacaotales, cafetales, palmares, platanares, acahuales y viñedos. Uno de estos casos es el Jardín Botánico Chepilme, cuya área fue donada por el municipio de San Pedro Pochutla a la Universidad del Mar, en el cual actualmente existe una colección de plantas vivas para su conservación y exhibición. Además, el jardín tiene áreas destinadas para la regeneración natural de la vegetación, donde se ha registrado fauna asociada (Juárez Velasco 2016). Por lo que este trabajo pretende comparar la dispersión de diásporas efectuada por aves y murciélagos, y con ello elaborar una propuesta que favorezca la regeneración del lugar.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Conceptos de diáspora. El concepto de diáspora es reciente y poco utilizado, sin embargo, algunos autores sugieren las siguientes definiciones: Cualquier órgano, conjunto de órganos o fragmento vegetal capaz de dispersarse y producir una planta (Castillo *et al.* 2002). Cualquier propágulo que puede ser dispersado y producir una nueva planta (Lobova y Mori, 2004). Cualquier medio (semilla o fruto u otro tipo de propágulo especializado) que emplea una planta para su diseminación y propagación (Howe y Smallwood 1982, Fenner y Thompson 2005). Es la unidad de la planta que está siendo realmente dispersada pueden ser esporas, semillas, infrutescencias, estructuras vegetativas especiales, partes de la planta o incluso la planta entera (Van der Pijl 1972, Fenner 2000, Levey *et al.* 2002,). Con base en las definiciones anteriores, para este trabajo se considera a la diáspora como: cualquier órgano, unidad vegetal o estructura carnosas, que pueda ser dispersado para formar una nueva planta.

2.2. Tipos de diásporas y su estructura. Los tipos de diásporas son:

Semilla. Es el óvulo fecundado que contiene al embrión en estado latente, con las reservas alimenticias y tegumentos de protección (Glimn-Lacy y Kaufman 2006).

De acuerdo a Glimn-Lacy y Kaufman (2006; Fig. 1), la semilla está compuesta por: Embrión. Parte de la semilla que origina una plántula; compuesta por radícula, plúmula y cotiledones.

Tegumento. Cubierta o envoltura que protege los óvulos y a la semilla.

Cotiledón. Lugar donde se almacena la reserva alimenticia.

Hipocótilo. Región baja, donde se desarrolla la raíz primaria.

Epicotilo. Región superior, similar a un pequeño racimo de hojas diminutas.

Plúmula. Al desarrollarse se forman las primeras hojas verdaderas.

Radícula. Estructura que sale de la plúmula y desarrolla a la raíz, se forma a partir de los tegumentos del óvulo.

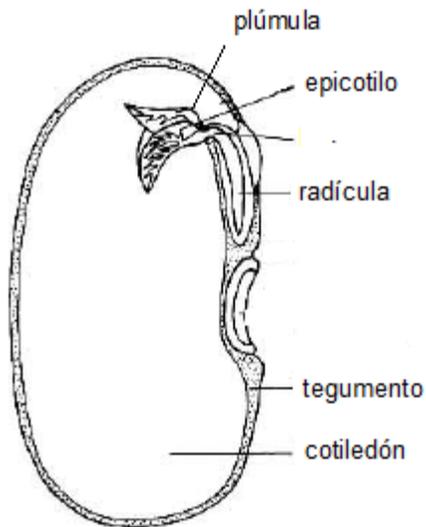


Figura 1. Partes de una semilla dicotiledónea (Modificada de Glimn-Lacy y Kaufman 2006).

Infrutescencia

Son aquellos frutos unidos sobre el mismo eje, derivados de los ovarios de varias flores (Glimn-Lacy y Kaufman 2006).

De acuerdo a López Ríos (1998; Fig. 2), las infrutescencias tienen dos tipos de frutos compuestos:

Sicono. Conformada por aquenios, el receptáculo que los soporta (generalmente de forma piriforme) se vuelve carnoso encerrando por pequeñas brácteas. Contiene en su interior flores masculinas y dos tipos de flores femeninas que componen la inflorescencia.

Sorosis. Originado de una inflorescencia cilíndrica, carnosa, con brácteas y perianto fusionadas, frutos reunidos y soldados entre sí, al eje floral se fusionan los pistilos, los ovarios se desarrollan formando bayas, que se unen para formar una sola estructura.

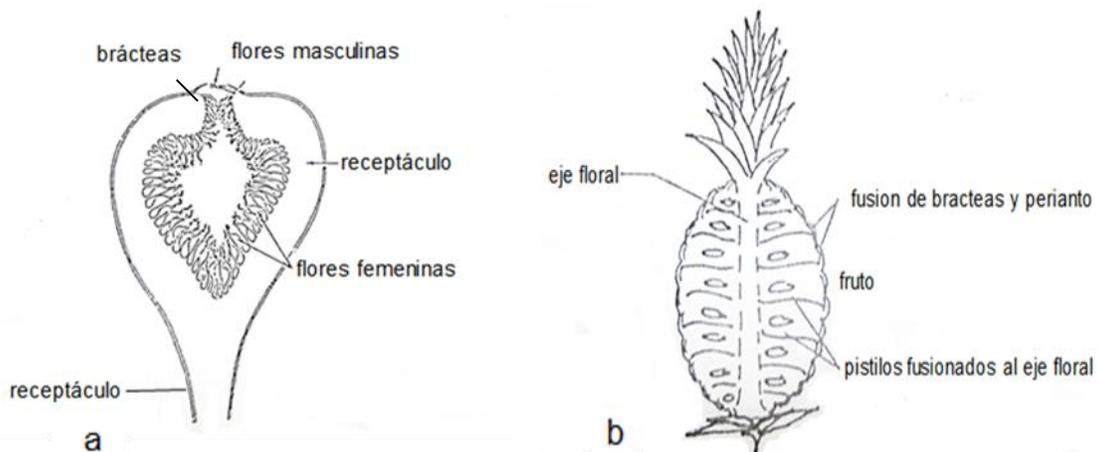


Figura 2. Estructura del sicono (a) y sorosis (b) (Modificada de López Ríos 1998).

Esqueje. Contiene los nudos y entrenudos que induce a la formación de raíces y tallos (Osuna Fernández *et al.* 2017).

De acuerdo a Osuna Fernández *et al.* (2017; Fig. 3), los esquejes pueden tener diferentes estructuras para su propagación:

Tallo. Cuando son tiernos se les suele decir gajos; y los que tienen más volumen y rigidez se les denomina estacas que forman la raíz.

Hoja: Es herbáceo y forma la raíz.

Yema. Es leñosa, es un tallo latente y forma la raíz.

Base. Forma el tallo principal.

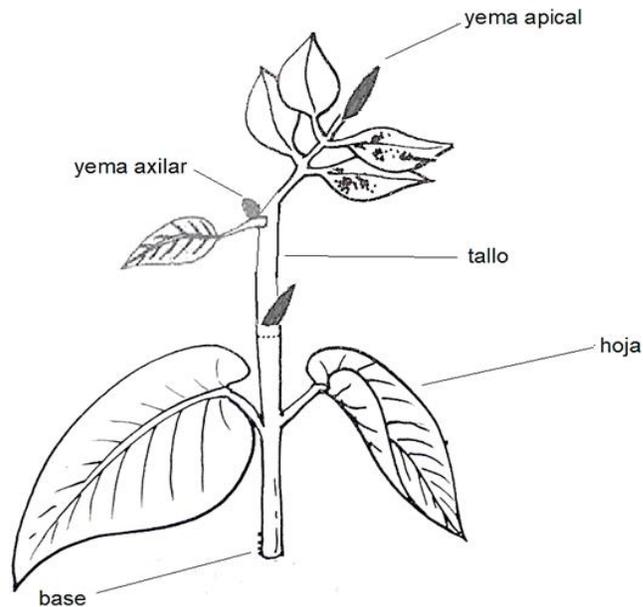


Figura 3. Estructura del esqueje (Modificada de Hartmann *et al.* 1997).

Esporas: Característica de los helechos, equicetos, licopodios, selaginelas y musgos (Stewart y Rothwell 1993); es la unidad reproductiva capaz de producir una nueva planta, el esporangio es el órgano donde se producen las esporas.

2.3. Síndromes de dispersión. La diáspora puede ser dispersada por diferentes agentes lejos de la planta madre para tener mayor probabilidad de germinación. De acuerdo con Van der Pijl (1972), las plantas han desarrollado diferentes adaptaciones para dispersar las diásporas, por lo que se han reconocido los siguientes síndromes:

Anemocoria. Especies que utilizan el viento para la dispersión de sus diásporas (Rost *et al.* 1985, Fleming *et al.* 1987). Las adaptaciones de las diásporas

dispersadas por el viento tienen las siguientes características: Son diminutas, aladas, con plumas o en forma de globos que aumenta la superficie y la resistencia a la caída (Wilson y Traveset 2000, Fenner y Thompson 2005).

Hidrocoria. Especies que utilizan el agua para la dispersión de sus diásporas (Howe y Smallwood 1982, Fleming *et al.* 1987, Jordano 1993). Las diásporas dispersadas por el agua tienen las siguientes características: cuentan con cerdas, delgadas, diminutas o con tejido parecido al corcho resistente al hundimiento (Rost *et al.* 1985, Wilson y Traveset 2000, Fenner y Thompson 2005).

Zoocoria. Dispersión de diásporas mediada por animales de cualquier grupo taxonómico (Howe y Smallwood 1982, Rost *et al.* 1985). Dentro de este agente dispersor hay tres formas de dispersar la diáspora:

- a) Exozoocoria. En la cual las diásporas se adhieren a la superficie externa del animal, ya sea el pelaje o plumaje (Rost *et al.* 1985, Fleming *et al.* 1987; Jordano 1993, Herrera 2002). Las diásporas que son transportadas externamente tienen ganchos o sustancias pegajosas para adherirse (Wilson y Traveset 2000, Fenner y Thompson 2005).
- b) Sinzoocoria. El animal colecta, transporta y almacena las diásporas con fines de reserva para después consumirlas, esta dispersión es un paso previo a la endozoocoria (Howe y Smallwood 1982, Fleming *et al.* 1987).
- c) Endozoocoria. La diáspora es ingerida y pasa por el tracto digestivo (Fleming *et al.* 1987; Jordano 1993, Herrera 2002). Estas diásporas son regularmente carnosas, con arilos o nueces, con olores fuertes, rancios o fermentados y con cáscaras suaves y colores llamativos (Wilson y Traveset 2000, Fenner y Thompson 2005). Los principales dispersores de diásporas por endozoocoria son las aves (ornitocoria) y los murciélagos (quiropterocoria).

2.4. Ornitocoria. Es la dispersión de diásporas por las aves frugívoras (Wheelwright 1985; Fleming *et al.* 1987, Jordano 1993). Entre las adaptaciones que han desarrollado las aves frugívoras para la búsqueda y consumo de frutos, están la molleja reducida y el intestino acotado, por lo que el procesamiento del alimento es más rápido. Por otra parte, las aves frugívoras son sensibles a los rayos ultravioleta, lo que les permite distinguir una mayor cantidad de tonos en la vegetación y diferencias sutiles en la coloración de los frutos (Snow 1981).

2.5. Quiropterocoria. Es la dispersión de diásporas realizada por los murciélagos frugívoros (Fleming *et al.* 1987), quienes han desarrollado diferentes adaptaciones morfológicas y fisiológicas para la búsqueda y consumo de los frutos e infrutescencias. El olfato está bien desarrollado para identificar a los frutos con olores fuertes. Además, las alas son anchas para el vuelo lento y maniobrable (Fleming 1988, Rieger y Jakob 1988, Korine y Kalko, 2005); Los dientes cortan, sujetan y exprimen los frutos (Freeman 1998, Romero-Almaraz *et al.* 2006). El tracto digestivo es de cinco a nueve veces más largo que el cuerpo y la expansión del duodeno permite que el movimiento de los contenidos estomacales sea en tiempo corto (Neuweiler 1998, Dempsey 2004).

2.6. Aves frugívoras y las diásporas que dispersan. Se han reportado 10 familias de aves frugívoras como las principales dispersoras de frutos en la región neotropical (Snow 1981, Wheelwright 1985, Moermond y Denslow 1985). De estas, se han registrado seis familias para la Planicie Costera del Pacífico de Oaxaca: Cotingidae, Pipridae, Thraupidae, Cracidae, Trogonidae, Psittacidae (García-Mendoza *et al.* 2004, Bojorges Baños *et al.* 2012). Se ha citado que las aves consumen el fruto 76 familias de plantas en el neotropico (Snow 1981, Moermond y Denslow 1985). De estas, 15 familias constituyen su dieta principal: Rubiaceae, Melastomataceae, Moraceae, Cecropiaceae, Euphorbiaceae, Myristicaceae, Arecaceae, Sapotaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Burseraceae, Solanaceae, Araceae, Araliaceae, Malvaceae (Moermond y Denslow 1985).

2.7. Murciélagos frugívoros y las diásporas que dispersan. De los murciélagos, solo dos familias se alimentan de frutos: Pteropodidae, distribuida en las zonas tropicales de Asia, África y Australia; y Phyllostomidae, la cual habita en las zonas tropicales de América (Van der Pijl 1972, Fleming 1988, Fleming y Sosa 1994). Se ha reportado que los murciélagos frugívoros se alimentan de frutos de plantas neotropicales de 49 familias, pero las principales familias en su dieta son siete: Moraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Palmae, Cecropiaceae, Solanaceae y Sapotaceae (Van der Pijl 1972, Fleming 1988).

2.8. Sucesión ecológica

2.8.1. Definición. La sucesión ecológica se define como los cambios temporales que se presentan en la estructura y composición vegetal (Tomlinson y Zimmerman 2010).

2.8.1.1. Sucesión primaria. De manera general este proceso inicia con el suelo desnudo, donde no ha habido vegetación previamente (Gurevitch *et al.* 2006). Los musgos y líquenes son los primeros en cubrir el suelo; posteriormente, las plantas anuales, conocidas como pioneras o facilitadoras, se establecen en áreas abiertas, son intolerantes a la sombra, su crecimiento y ciclo reproductivo es rápido, poseen diásporas pequeñas y numerosas (Holdridge 2000, Ceccon 2014). Particularmente para la selva baja caducifolia, las primeras formas de vida vegetal en cubrir el suelo desnudo son las herbáceas, dando la pauta para que se establezcan los arbustos leñosos y otras asociaciones vegetales posteriores (Gordon *et al.* 2004).

2.8.1.2. Sucesión secundaria. Ocurre después de un disturbio natural o antropogénico. El desarrollo de los cambios es más rápido debido a que el suelo tiene materia orgánica acumulada y diásporas (Gurevitch *et al.* 2006). En la sucesión secundaria, inicialmente se desarrollan los matorrales perennes y leñosos; posteriormente, el dosel se va cerrando y se establecen especies oportunistas secundarias de vida media (40 a 175 años), las cuales son tolerantes a la sombra y pueden regenerarse en el interior del bosque; finalmente, se establecen las

especies grandes como los árboles dominantes, la vegetación y el microclima están en equilibrio, en un estado de clímax (Holdridge 2000, Ceccon 2014).

2.8.2. Plantas y su tipo de sucesión que dispersan las aves frugívoras. Las aves frugívoras dispersan 76 familias de plantas neotropicales (Snow 1981, Moermond y Denslow 1985). De ellas, las plantas de los géneros, *Conostegia*, *Miconia*, *Piper*, *Witheringia*, *Cecropia*, *Hamelia*, *Renealmia*, *Lasciacis*, *Siparuna*, entre otras pertenecen a plantas pioneras, las cuales son las primeras en colonizar áreas sin vegetación (Loiselle 1990, Puebla-Olivares y Winker 2004). Por otra parte, las plantas de los géneros *Dendropanax*, *Solanum*, *Arachnothryx*, *Cinnamomum*, *Eugenia*, *Ocotea*, entre otras, están asociados a la vegetación primaria (Muniz-Castro *et al.* 2006); y los géneros *Ficus*, *Trema*, *Bursera*, *Celtis*, *Triquillia*, *Oreopanax*, *Monstera*, *Piperomia*, entre otros, se asocian a vegetación secundaria (Ortiz-Pulido *et al.* 2000, Galindo-González 2008, Baltazar-Hernández 2014).

2.8.3. Aves frugívoras y su tipo de alimentación. En el neotrópico, se ha reportado que las aves frugívoras pertenecen a 14 familias (Cardinalidae, Columbidae, Cracidae, Steatornithidae, Thraupidae, Tinamidae, Trogonidae, Turdidae, Tyrannidae, Capitonidae, Ramphastidae, Cotingidae, Psittacidae, Pipridae), agrupadas en 76 géneros (Snow 1981, Morante-Filho *et al.* 2018). Las aves han desarrollado diversas estrategias para forrajear en el dosel, alturas medias y el sotobosque. Las aves de las familias Cracidae, Steatornithidae obtienen frutos del dosel y de partes medias (Del Hoyo *et al.* 1992, 1999); los miembros de las familias Cotingidae y Pipridae consumen frutos del estrato medio y el sotobosque (Del Hoyo *et al.* 2004); la familia Tinamidae únicamente utiliza el sotobosque (Del Hoyo *et al.* 1992); mientras que las aves de las familias Cardinalidae, Columbidae, Thraupidae, Trogonidae, Turdidae, Tyrannidae, Ramphastidae, Capitonidae y Psittacidae son generalistas y ocupan los tres estratos para forrajear (Ridgely y Tudor 1989, Howell y Webb 1995, Del Hoyo *et al.* 1997, Isler 1999, Alsop 2001, Del Hoyo *et al.* 2001, 2005).

2.8.4. Plantas y su tipo de sucesión que dispersan los murciélagos frugívoros.

Los murciélagos frugívoros dispersan 49 familias de plantas neotropicales, por ejemplo, las plantas de los géneros: *Cecropia*, *Solanum*, *Piper*, *Conostegia*, *Physallis*, *Lycantbes*, *Guazuma*, son especies pioneras que llegan a colonizar grandes áreas abiertas. Por otra parte, las plantas de los géneros: *Ficus*, *Tropis*, *Juanulloa*, *Maclura*, *Peperomia*, *Phisidium*, *Juanulloa*, *Spondias*, son especies asociadas a vegetación secundaria (García Morales 2010, Galindo-Gonzales *et al.* 2000, García Estrada *et al.* 2012).

2.8.5. Murciélagos frugívoros y su tipo de alimentación.

La subfamilia Stenodermatinae es la más diversa de todas las subfamilias de Phyllostomidae, con 66 especies agrupadas en 14 géneros (Wilson y Reeder 2005); son murciélagos esencialmente frugívoros (Estrada y Coates-Estrada 2001). Al igual que las aves frugívoras, los murciélagos han desarrollado diferentes adaptaciones para forrajear y obtener los frutos. Por ejemplo, los murciélagos del género *Artibeus*, se alimentan de frutos grandes y abundantes, duros y fibrosos en el dosel como los del género *Ficus*. Además, consumen diásporas de una gran variedad de árboles tropicales de sucesión tardía, la mayoría de las familias Anacardiaceae, Lauraceae y Moraceae, ocasionalmente se alimentan de diásporas de especies pioneras de arbustos como *Piper*, *Solanum* y *Cecropia* (Hernández-Conrique *et al.* 1997, Hernández Montero 2009, García-Estrada *et al.* 2012). Por el contrario, los murciélagos del género *Sturnira* y *Carollia*, por lo general se alimentan de diásporas pioneras, de frutos chicos con textura suave, bajos en fibra y de mejor calidad en el sotobosque de los géneros *Piper* y *Solanum* (Dumont 2003, Mello *et al.* 2008, Hernández Montero 2009, García-Estrada *et al.* 2012).

3. ANTECEDENTES

3.1. Estudios sobre dispersión de diásporas por aves y murciélagos. Los estudios que evalúan la dispersión de diásporas por aves y murciélagos se han

llevado a cabo principalmente en la región tropical de América del Sur (Almeida *et al.* 2004, Estrada-Villegas *et al.* 2007, Zamora-Delgado 2008, León-Barbosa 2010, Novoa *et al.* 2011). En tanto que los trabajos sobre este tema en México son escasos. El primero de ellos fue realizado por Medellín y Gaona (1999), quienes estudiaron la importancia de ambos grupos en la dispersión de diásporas en cuatro hábitats perturbados en la selva Lacandona, Chiapas; obtuvieron 10,325 diásporas, 79.1% fueron dispersadas por murciélagos y 20.9% por aves, reportaron que los murciélagos dispersaron más diásporas de especies pioneras en sitios perturbados que las aves; además, enfatizaron la influencia de las aves y los murciélagos en los procesos de sucesión secundaria y regeneración de la vegetación.

Posteriormente, Galindo-González *et al.* (2000) estudiaron la lluvia de diásporas producida por aves y murciélagos en pastizales y su aporte en la regeneración de áreas degradadas en los Tuxtlas, Veracruz; colectaron 4,145 diásporas de 68 especies: 1,979 diásporas durante el día relacionadas con las aves y 1,699 en la noche asociadas a murciélagos, las 467 diásporas restantes solo fueron identificadas a morfoespecie; reportaron que tanto las aves como los murciélagos dispersan diásporas de todas las formas de crecimiento de la selva tropical, 70.5% estuvieron asociadas a especies pioneras mientras que 24.6% a etapas sucesionales tardías.

3.2. Estudios sobre dispersión de diásporas por aves. Los estudios que analizan la dispersión de diásporas por aves en México son recientes y hasta ahora se han desarrollado en el sur del país. El primero de ellos fue realizado por Ortiz-Pulido *et al.* (2000), quienes evaluaron el efecto de las aves frugívoras en un paisaje fragmentado ocupado por remanentes de selvas mediana y baja, pastizal, y matorrales en el Centro de Investigaciones Costeras la Mancha en el estado de Veracruz; registraron 81 diásporas, pertenecientes a 33 especies; resaltaron que las aves son las principales dispersoras de diásporas entre la selva y los parches de vegetación. En la región de los Tuxtlas, Puebla y Winker (2004) estudiaron la dieta y dispersión de diásporas por dos especies de tangaras del

género *Habia*, en vegetación secundaria y selva primaria, registraron 29 especies de frutos en la dieta de ambas especies y destacaron que son dispersoras importantes de plantas pioneras entre la selva y el acahual.

Por su parte, Hernández-Ladrón *et al.* (2012) estudiaron la ingesta y dispersión de diásporas por aves frugívoras en el bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz; reportaron 2,699 diásporas pertenecientes a 17 especies de diásporas de vegetación primaria y secundaria; señalaron que las aves facilitan el proceso de la sucesión forestal en los bosques mesófilos de montaña. En la misma zona, Baltazar-Hernández (2014) caracterizó la comunidad de aves y las especies de plantas que dispersan en un potrero y en un fragmento del bosque mesófilo de montaña; registró 510 diásporas pertenecientes a 33 especies y concluyó que tanto las aves residentes como las migratorias desempeñaron un papel importante en el proceso de dispersión de diásporas, principalmente del género *Solanum*. Recientemente, Flores Yescas (2020) estudió la dieta del perico frente naranja (*Eupsittula canicularis*), durante la temporada seca en la selva baja caducifolia y la selva mediana subcaducifolia en el municipio de Santa María Colotepec, en la costa de Oaxaca; registró 13 especies de diásporas pertenecientes a 10 familias y concluyó que la dieta del perico frente naranja estuvo formada principalmente de frutos y semillas.

3.3. Estudios sobre dispersión de diásporas por murciélagos. Los estudios que analizan la dispersión de diásporas por murciélagos frugívoros en México también son recientes. El primero de ellos fue realizado por Valiente-Banuet *et al.* (1996), quienes analizaron la dispersión de diásporas de cactáceas columnares en el valle de Tehuacán-Cuicatlán; destacaron que el murciélago frugívoro *Artibeus jamaicensis* es el principal dispersor de diásporas de *Neobuxbaumia tetetzo*, cactácea columnar endémica de México. Posteriormente, García Morales (2010) estudió la dispersión de diásporas por los murciélagos tropicales en la región de la Huasteca Potosina; registró 559 murciélagos frugívoros pertenecientes a ocho

especies que dispersaron 16 especies de plantas, de las cuales 43% fueron pioneras, 37% persistentes y el resto no fueron identificadas.

Por otra parte, Olea Wagner *et al.* (2007) estudiaron los hábitos alimentarios de tres especies de murciélagos frugívoros en la selva alta perennifolia de la Reserva de la Biosfera de Montes Azules en el estado de Chiapas; registraron 19 especies de plantas: siete especies de árboles, seis especies de arbustos pioneros en subdosel, y seis especies de hierbas; indicaron que los murciélagos frugívoros son importantes en la movilidad de diásporas pioneras dentro de la Selva Lacandona. En el mismo estado, pero en el sureste, García-Estrada *et al.* (2012) compararon la diversidad alfa de los murciélagos frugívoros y las diásporas de plantaciones de café y la selva mediana; reportaron que las diásporas de las muestras fecales y las transportadas en la boca de los murciélagos pertenecieron a 42 plantas, de las cuales 15 estuvieron asociadas a la sucesión temprana, 13 especies a sucesiones tardías y ocho a vegetación secundaria; concluyeron que la presencia de los murciélagos frugívoros favorece a los cafetales porque consumen y dispersan diásporas que ayudan a la regeneración de la vegetación. Recientemente, Del Valle Santiago (2014) caracterizó y determinó la riqueza, abundancia y diversidad de plantas consumidas y dispersadas por murciélagos en hulares de la zona Uxpanapa, Veracruz; registró 6,084 diásporas pertenecientes a 17 especies; concluyó que los hulares son importantes en la conectividad del paisaje y que sirven como sitio de paso para los murciélagos entre la selva alta, pastizales y acahuales.

Particularmente, en la región costa de Oaxaca se han desarrollado dos trabajos sobre dispersión de diásporas consumidas por murciélagos. El primero de ellos fue realizado por Reyes Velázquez (2011), quien estudió la dieta de los murciélagos frugívoros en el Jardín Botánico de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido; registró 564 diásporas pertenecientes a 12 especies, de las cuales cuatro son características de selva baja caducifolia, seis de selva mediana y dos especies relacionadas a ambos tipos de vegetación; así mismo, registró seis

especies pioneras y seis persistentes, destacó que los murciélagos favorecen la movilidad de diásporas de la selva mediana de los alrededores al utilizar el Jardín Botánico como área de paso. Por su parte, Santos Altamirano (2015) determinó la diversidad, dieta y dinámica poblacional de los murciélagos frugívoros de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido; obtuvo 42 evidencias de su alimentación, de las cuales 24 fueron pulpas, 13 frutos completos, y cinco diásporas pertenecientes a nueve especies; de estas, dos estuvieron asociadas a vegetación primaria, cuatro a vegetación secundaria y tres especies son introducidas; reportó que los murciélagos dispersan diásporas e infrutescencias asociadas a la selva baja caducifolia y la selva mediana.

3.4. Estudios en tierras privadas. Los estudios realizados en tierras privadas, fuera de las Áreas Naturales Protegidas, son recientes. Uno de los agroecosistemas con mayor cantidad de trabajos son los cafetales bajo sombra, en los cuales se ha demostrado que albergan una alta riqueza de especies de plantas (Espejo *et al.* 2004, López 2004, Cruz-Angón y Greenberg 2005, López 2015), invertebrados (Morón y López-Méndez 1985), reptiles (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso 2008), aves (Greenberg *et al.* 1997, Aragón y López 2002, González-Ortega *et al.* 2012, González-Medina *et al.* 2016) y mamíferos (Cruz-Lara *et al.* 2004, García Estrada *et al.* 2006, García-Burgos *et al.* 2014).

Otro agroecosistema que también ha recibido atención son los cacaotales, principalmente los estudios se han enfocado en la diversidad de plantas (Salgado-Mora *et al.* 2007, Roa-Romero *et al.* 2009, Ramírez-Meneses *et al.* 2013, Sánchez Gutiérrez *et al.* 2016), invertebrados (Equihua-Martínez *et al.* 2009, De La Cruz-Pérez *et al.* 2015, Lucio-Palacio e Ibarra-Núñez 2015), reptiles (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso 2008, Martínez López *et al.* 2014), aves (Ibarra *et al.* 2001, Trejo Pérez 2007) y mamíferos (Muñoz *et al.* 2005). Otros ejemplos de tierras privadas que incluyen estudios de flora y fauna son los ranchos (Riojas-López y Mellink 2006, Martínez-Morales *et al.* 2013, Quintana Chávez 2016), sitios arqueológicos (Avila-Torresagatón *et al.* 2012, Cupul-Magaña y Mountjoy 2012, Zamora-Crescencio *et*

al. 2012, García Pura *et al.* 2013, Estrella *et al.* 2014), centros universitarios (Fors 2005, Hortelano-Moncada *et al.* 2009, Carbó-Ramírez *et al.* 2011, Malagamba-Rubio *et al.* 2013, Gómez-Moreno *et al.* 2016) y, áreas urbanas y suburbanas (Magaña 1996, Franco 2004, Almazán-Núñez y Hinterholzer-Rodríguez 2010, Tico Valadéz 2012, García-Méndez *et al.* 2014).

Para la costa de Oaxaca los trabajos en tierras privadas también son recientes. Uno de los sitios donde se han realizado más estudios es el Jardín Botánico de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. El primero de ellos fue desarrollado por Reyes Velázquez (2011), quien estimó la diversidad y dieta de murciélagos frugívoros; registró siete especies de murciélagos de la subfamilia Sternodermatinae. Un año después, Bojorges Baños *et al.* (2012) enlistaron aspectos de la historia natural de las especies de vertebrados voladores; registraron 95 especies, de las cuales 13 fueron murciélagos. Finalmente, Villalobos Escalante *et al.* (2014) reportaron la dieta de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*; encontraron que se alimentó principalmente de vertebrados (mamíferos, reptiles y aves), invertebrados (ortópteros, coleópteros, dípteros, himenópteros, crustáceos) y de diferentes tipos de plantas.

En otros sitios privados de la región costa, Pinacho López (2014) estudió los mamíferos del rancho El Sagrado, en San Gabriel Mixtepec; registró 30 especies, de las cuales la mayoría pertenecen a los órdenes Chiroptera y Rodentia. Posteriormente, Santos Altamirano (2015) estudió la diversidad, dieta y dinámica poblacional de murciélagos frugívoros en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido; registró cuatro especies de la subfamilia Sternodermatinae.

Recientemente, se han empezado a realizar estudios en el Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar. Sánchez Aragón (2016) caracterizó la estructura y diversidad arbórea; reportó 47 especies pertenecientes a 21 familias, de las cuales Fabaceae fue la más abundante. Por su parte, Juárez Velasco (2016) determinó la diversidad de mamíferos medianos y grandes, y evaluó su hábitat para

una propuesta de manejo; registró 68 individuos, correspondientes a 10 especies; concluyó que la distancia a los cuerpos de agua fue el factor que explicó significativamente la riqueza de especies.

De acuerdo con la información anterior los trabajos en tierras privadas han resaltado su importancia como sitios para la conservación de la biodiversidad. Además, los estudios que abarcan la dispersión de diásporas por aves y murciélagos son escasos en México y nulos para el estado de Oaxaca. Por lo que, este trabajo será el primero que comparará la dispersión y germinación de diásporas por aves y murciélagos para el estado de Oaxaca, el primero que reportará la dieta de las aves en la región costa y el tercero que conocerá la dieta de los murciélagos de la región. Esta información proporcionará las bases para elaborar una propuesta que favorezca la regeneración del lugar y destaque la importancia del Jardín Botánico Chepilme como un área privada y alternativa complementaria para la conservación.

4. HIPÓTESIS

Debido a que el tiempo de tránsito de las diásporas en el intestino es mayor en las aves que en los murciélagos (Morrison 1980, Bonaccorso y Gush 1987, Fleming 1988, Simmons *et al.* 2007), lo que afecta la viabilidad para germinar de las diásporas (Gardener *et al.* 1993, Murphy *et al.* 1993), por lo tanto, se espera mayor diversidad y porcentaje de germinación de las diásporas consumidas por murciélagos en comparación con las aves.

Considerando que la selva baja caducifolia se caracteriza por dos estaciones muy contrastantes: una seca y otra húmeda (Trejo Vázquez 1999), con mayor disponibilidad de frutos en la época húmeda (Bullock 2002), se espera mayor diversidad y abundancia de diásporas en la época húmeda que en la seca.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Comparar la diversidad y germinación de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos para elaborar una propuesta de regeneración en el Jardín Botánico Chepilme.

5.2. Objetivos particulares

- a. Enlistar las diásporas dispersadas por aves y murciélagos.
- b. Determinar y comparar la diversidad de diásporas dispersadas por ambos grupos.
- c. Comparar la diversidad beta temporal de diásporas dispersadas por aves y murciélagos entre la temporada húmeda y seca.
- d. Comparar y evaluar la germinación de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos.
- e. Con base a lo anterior, proponer un plan de manejo para la regeneración de la vegetación en el Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar.

6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1. Área de estudio. El Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar se encuentra en el municipio de San Pedro Pochutla, en la Planicie Costera del Pacífico de Oaxaca. La puerta principal al jardín se ubica en las coordenadas 15°46'13.5" N, -96°26'51.8" W, a una altitud de 151 msnm (Figura 4). El jardín tiene una superficie de 8.5 hectáreas.

6.2. Clima. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias de mayo a octubre, los meses más secos son de enero a abril (García Amaro de Miranda 2003). El porcentaje de lluvia en la época invernal es menor al 5% del total anual, la precipitación total anual varía de 800 a 2000 mm, con una canícula entre julio y agosto (García-Mendoza *et al.* 2004). La temperatura media anual varía de 22 a 28° C, con temperaturas máximas anuales mayores a 34° C y mínima de 15° C (Trejo Vázquez 1999).

6.3. Vegetación. La composición florística de los árboles y arbustos del Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar está representada en 21 familias, cuya altura varía de 1 a 15 m; Fabaceae es la más diversa (Sánchez Aragón 2016). Las especies predominantes son: *Acacia farnesiana* (huizache), *Bursera simaruba* (palo mulato), *Comocladia engleriana* (tatanian), *Ceiba parvifolia* (pochote), *Cochlospermum vitifolium* (cojón de caballo), *Guapira petenensis* (palo de vaso), *Guazuma ulmifolia* (cuaulote), *Hintonia latiflora* (quina), *Heliocarpus donnellsmithii* (cortalagua), *Gliricidia sepium* (cacahuanano), *Pterocarpus acapulcensis* (grado), *Spondias purpurea* (ciruelo), *Swietenia humilis* (caobilla) y *Vitex hemsleyi* (azulillo) (Sánchez Aragón 2016).

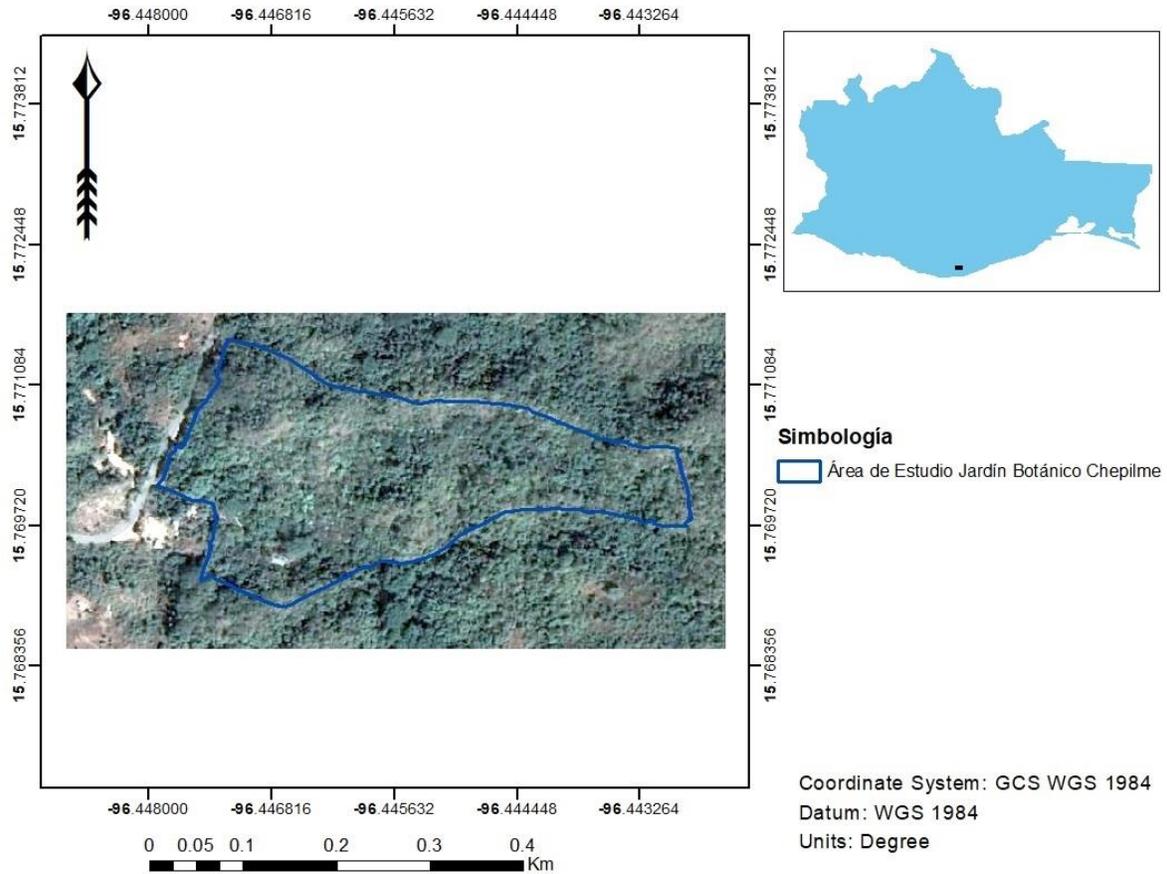


Figura 4. Ubicación del Jardín Botánico “Chepilme” de la Universidad del Mar, municipio de San Pedro Pochutla, Planicie Costera del Pacífico de Oaxaca (Modificado de Juárez Velasco 2016).

El área de estudio ha tenido varias perturbaciones. En la década de los 70 y parte de los 80 del siglo pasado, el espacio que hoy ocupa el Jardín Botánico Chepilme era aprovechado para el cultivo de maíz. Comentarios de los pobladores hacen referencia a que el lugar fue abandonado y posteriormente administrado por las autoridades municipales de San Pedro Pochutla, aproximadamente en 1985. Las autoridades determinaron que el lugar se utilizara como tiradero de basura municipal, lo que generó una problemática referente al manejo de las grandes cantidades de residuos que se depositaban diariamente. Posteriormente, se logró la reubicación del tiradero de basura y los restos de los desechos acumulados fueron retirados de manera parcial y el sitio fue convertido en relleno sanitario. En

1990, el área que comprende el jardín botánico fue donada a la Universidad del Mar como una estrategia de rescate y conservación del lugar. Finalmente, en 1992 se determinó la creación del Jardín Botánico Chepilme, nombrado así haciendo referencia a la comunidad más cercana que lleva dicho nombre (Juárez Velasco 2016).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Colecta de diásporas. El trabajo de campo consistió en dos fases: la primera fase de julio a octubre de 2017 y la segunda fase de enero a abril de 2018. En cada salida se colocaron 10 colectores de diásporas para las aves y 10 colectores para los murciélagos: la ubicación de los colectores cambió en cada muestreo. Los colectores de diásporas consistieron de tela Tergal Stretch de 2 m de largo por 1.5 m de ancho. Las mantas se sujetaron a cuatro postes de aluminio, a 1 m de altura.

En la primera fase, los colectores de diásporas se colocaron durante dos días cada mes para las aves y los murciélagos. Los colectores de diásporas para las aves se colocaron antes del amanecer y permanecieron durante todo el día hasta antes de anochecer; en ese momento se colocaron los colectores de diásporas para los murciélagos, los cuales estuvieron toda la noche hasta el amanecer. En la segunda fase, los colectores se dejaron en campo durante tres meses y se revisaron una vez por semana.

Después se revisó cada colector para separar el excremento con las diásporas, se guardaron en una bolsa de papel glassine, para examinar las muestras en el laboratorio. A cada diáspora se le midió el largo y el ancho, y se caracterizó de acuerdo a su forma, color, textura; además, a cada diáspora se le tomó una fotografía como referencia para su identificación, la cual fue corroborada cuando germinó.

7.2. Germinación de diásporas. Las pruebas de germinación de las diásporas se llevaron a cabo en un vivero temporal con un ambiente semicontrolado. El vivero estuvo cubierto con malla sombra negra al 50%, hecha de monofilamentos de polietileno de alta densidad para controlar la radiación, la temperatura, la humedad y evitar la entrada de los organismos que puedan dañar a la diáspora.

Las diásporas se colocaron individualmente en botes de plástico y charolas de germinación elaboradas de poliestireno, de 288 cavidades circulares, de 4.2 mm de alto, 54 cm de largo y 27 cm de ancho, se utilizó algodón como sustrato. Las diásporas se regaron todas las mañanas y fueron monitoreadas diariamente hasta su germinación. Posteriormente, las plántulas que brotaron se trasplantaron a charolas de germinación forestal, de 32 cavidades circulares, de 58 mm de alto, 54 cm de largo y 25 cm ancho, se utilizó una mezcla de hoja de tierra y perlita de origen mineral como sustrato, la cual permite una excelente retención de humedad y drenaje.

7.3. Análisis estadísticos

7.3.1. Diversidad alfa de las diásporas. Para estimar la diversidad se utilizó el índice de Shannon y Wiener (Moreno 2001):

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i$$

Donde:

p_i = Proporción de individuos de la especie i .

Para evitar subestimar la diversidad alfa obtenida con el índice de Shannon-Wiener se calculó la equidad de Pielou (J').

$$J = \frac{H'}{H'_{\text{máxima}}}$$

Donde:

H' = Diversidad obtenido por el índice de Shannon-Weiner.

$H'_{\text{máxima}}$ = Número de especies (ln S).

S = Número de especies observado en una muestra.

La diferencia en la diversidad de diásporas entre aves y murciélagos se evaluó con una prueba de t de Hutchenson (Zar 1999):

$$t = \frac{(H'_1 - H'_2)}{(S_{H1} - S_{H2})}$$

Donde:

$H_1 - H_2$ = Diversidad de diásporas dispersadas por aves.

$S_{H1} - S_{H2}$ = Diversidad de diásporas dispersadas por murciélagos.

7.3.2. Diversidad beta de diásporas El recambio de especies de diásporas dispersadas por aves y murciélagos se calculó con el índice de Whittaker (Moreno 2001):

$$\beta_w = \left(\frac{S}{\alpha} \right) - 1$$

Donde:

S = Número de especies registradas en un conjunto de muestras.

α = Número de especies en las muestras.

7.3.3. Tiempo de germinación. Se consideró el número de días desde la siembra hasta que la diáspora germinó (Bewley y Black 1985).

7.3.4. Coeficiente de uniformidad de germinación. Se define como la varianza de los tiempos grupales de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos, respecto al promedio del tiempo de la muestra evaluada (Bewley y Black 1985). Su fórmula es:

$$CUG = \frac{\sum n}{\sum (t^* - t)^2 (n)}$$

Donde:

t = Tiempo en días, empezando desde el día 0 (día de la siembra).

n = Número de diásporas que han completado la germinación en el día (t).

7.3.5. Coeficiente de velocidad de germinación. Se define como la integración de los tiempos de germinación de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos (Côme 1970). Su fórmula es:

$$VG = \frac{\sum N_i}{\sum (N_i D_i)} \cdot 100$$

Donde:

N_i = Número de semillas germinadas el día D_i .

D_i = Número de días transcurridos desde la siembra (el día de la siembra se considera como el día 0).

7.3.6. Tiempo medio de germinación. Se define como la integración de los tiempos medios de germinación de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos (Durán y Pérez García 1984):

$$TMG = \frac{\sum (N_i D_i)}{\sum N_i}$$

Donde:

N_i = Número de semillas germinadas el día D_i .

D_i = Número de días transcurridos desde la siembra (el día de la siembra se considera como el día 0).

7.3.7. Índice de velocidad de germinación. Se define como el número de semillas germinadas entre el número de días evaluados, desde el día de la siembra hasta el último día de evaluación (Bewley y Black 1985). Su fórmula es:

$$IVG = ni/ti$$

Donde:

ni = número de semillas germinadas desde el primer al último día.

ti = tiempo en días (desde el día de siembra hasta el final de la evaluación).

Para calcular los índices de diversidad alfa y beta se utilizó el programa Richness Diversity Species (Pisces Conservation Ltd. 2002) y Past (Hammer *et al.* 2010). Los gráficos fueron elaborados con el programa estadístico Excel (Microsoft Office Professional 2016).

8. RESULTADOS

8.1. Diásporas dispersadas por aves y murciélagos. Durante el trabajo de campo se obtuvieron 2,980 registros de la alimentación de las aves y murciélagos: 2,924 fueron diásporas pertenecientes a 15 especies, 42 fueron insectos, 11 material vegetal, dos tuvieron material vegetal e insectos, y una excreta pulpa. Las aves dispersaron 278 diásporas pertenecientes a 11 especies, mientras que de los murciélagos se obtuvo evidencia de 2,646 diásporas pertenecientes a siete especies. De las 11 especies que dispersaron las aves, cinco están asociadas a la vegetación primaria y seis a la sucesión secundaria; mientras que los murciélagos dispersaron cuatro especies asociadas a la vegetación primaria y tres especies pertenecientes a la sucesión secundaria. En la época húmeda fueron dispersadas 241 diásporas por ambos grupos, el género *Ficus* fue el más abundante en la excreta de las aves ($n = 224$), mientras que para los murciélagos los números de las diásporas fueron bajos. En la época seca se obtuvieron 2,683 diásporas dispersadas por aves y murciélagos, *Muntingia calabura* fue la especie más abundante en la excreta tanto de las aves ($n = 35$), como de los murciélagos ($n = 2,410$; Tabla 1).

8.2 Diversidad alfa

8.2.1. Diversidad alfa de especies dispersadas por aves y murciélagos. La diversidad alfa de especies dispersadas por las aves ($H' = 0.755$, $J = 0.316$) fue significativamente mayor que la de los murciélagos ($H' = 0.316$, $J = 0.162$; $t = 5.758$, $gl = 299$, $p < 0.002$).

8.2.2. Diversidad alfa de especies dispersadas por aves y murciélagos en la época húmeda y seca. La diversidad de especies dispersadas en la época húmeda por murciélagos fue significativamente mayor ($H' = 1.494$, $J = 0.928$) que la de las aves ($H' = 0.207$, $J = 0.1292$; $t = 5.117$, $gl = 8$, $p < 0.001$), mientras que para la época

Tabla 1. Lista de especies de diásporas y su asociación con el tipo de vegetación, dispersadas por aves y murciélagos, en la época húmeda y seca en el Jardín botánico Chepilme de la Universidad del Mar.

Categoría taxonómica	Asociación a la vegetación	Dispensor	Temporada del año		Total
			Húmeda	Seca	
Annonaceae					
Morfoespecie 1	Secundaria	Ave	0	1	1
		Murciélago	0	0	0
Apocynaceae					
Morfoespecie 2	Primaria	Ave	2	0	2
		Murciélago	1	0	1
Boraginaceae					
Morfoespecie 3	Primaria	Ave	0	1	1
		Murciélago	0	0	0
Burseraceae					
<i>Bursera</i> sp.	Secundaria	Ave	1	0	1
		Murciélago	0	0	0

Cucurbitaceae					
Morfoespecie 4	Primaria	Ave	1	0	1
		Murciélago	0	0	0
Morfoespecie 5	Primaria	Ave	0	0	0
		Murciélago	1	0	1
Euphorbiaceae					
Morfoespecie 6	Secundaria	Ave	0	4	4
		Murciélago	0	0	0
Fabaceae					
Morfoespecie 7	Primaria	Ave	0	2	2
		Murciélago	0	0	0
Moraceae					
<i>Ficus</i> sp.	Secundaria	Ave	224	0	224
		Murciélago	3	226	229
Rubiaceae					
Morfoespecie 8	Primaria	Ave	0	0	0
		Murciélago	1	0	1

Santalaceae					
<i>Poradendrum</i> sp.	Primaria	Ave	5	0	5
		Murciélago	0	0	0
Solanaceae					
<i>Solanum</i> sp.	Primaria	Ave	0	0	0
		Murciélago	0	2	2
Tiliaceae					
<i>Mutingia calabura</i>	Secundaria	Ave	0	35	35
		Murciélago	0	2,410	2,410
Vitaceae					
Morfoespecie 9	Secundaria	Ave	0	0	0
		Murciélago	2	0	2
Morfoespecie 10	Secundaria	Ave	0	2	2
		Murciélago	0	0	0
Total diásporas			241	2,683	2,924

seca la diversidad de especies dispersadas por aves fue significativamente mayor ($H' = 0.856$, $J = 0.478$) que la de los murciélagos ($H' = 0.298$, $J = 0.271$; $t = 3.157$, $gl = 45$, $p < 0.002$).

8.2.3. Diversidad alfa de especies dispersadas por aves y murciélagos entre épocas. La diversidad de especies dispersadas por aves fue significativamente mayor en la época seca ($H' = 0.856$, $J = 0.4781$) que en la húmeda ($H' = 0.207$, $J = 0.1292$; $t = 3.507$, $gl = 54$, $p < 0.001$), en tanto que para los murciélagos la diversidad de diásporas fue significativamente mayor en la época húmeda ($H' = 1.494$, $J = 0.928$) que en la seca ($H' = 0.298$, $J = 0.271$; $t = 4.872$, $gl = 8$, $p < 0.001$).

8.3. Diversidad beta

8.3.1. Diversidad beta de especies dispersadas por aves y murciélagos. El recambio entre especies dispersadas por aves y murciélagos fue bajo ($\beta_w = 0.222$).

8.3.2. Diversidad beta de especies dispersadas por aves y murciélagos en la época húmeda y seca. El recambio de especies dispersadas por aves y murciélagos en la época húmeda fue nulo ($\beta_w = 0$); mientras que en la época seca fue bajo ($\beta_w = 0.333$).

8.3.3. Diversidad beta de especies dispersadas por aves y murciélagos entre épocas. El recambio de especies dispersadas por los murciélagos en la época húmeda y seca fue bajo ($\beta_w = 0.25$); e igual para las aves ($\beta_w = 0.090$).

8.4. Germinación de especies dispersadas por aves y murciélagos. Durante la época húmeda se colectaron 241 diásporas: 233 dispersadas por aves y ocho por murciélagos. El mayor número de diásporas dispersadas por aves ocurrió en julio ($n = 224$), en septiembre solo germinaron tres. Para los murciélagos, el número de diásporas colectadas varió de cero a tres, pero ninguna germinó. En la época seca se colectaron 2,683 diásporas, de las cuales 45 fueron dispersadas por las aves y 2,638 por los murciélagos. En esta época el patrón se invirtió, el número de diásporas dispersadas por

aves varió de 2 a 35, aunque ninguna germinó. Para los murciélagos, el mayor número de diásporas dispersadas fue en abril ($n = 1,932$), de las cuales 70 germinaron. Los valores de germinación fueron bajos tanto para aves como para murciélagos (Tabla 2).

Tabla 2. Número de diásporas colectadas y germinadas, y valores de germinación (TG= Tiempo de Germinación, CVG= Coeficiente de Uniformidad de Germinación, CVG= Coeficiente de Velocidad de Germinación, TMG= Tiempo Medio de Germinación, IVG= Índice de Velocidad de Germinación) de las diásporas dispersadas por aves y murciélagos la época húmeda y seca, en el Jardín Botánico Chepilme.

Época	Mes	Dispensor	Diásporas colectadas	Diásporas germinadas	TG	CUG	CVG	TMG	IVG
Húmeda	Julio	Aves	224	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	2	0	--	--	--	--	--
	Agosto	Aves	1	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	3	0	--	--	--	--	--
	Septiembre	Aves	7	3	68	25	4.41	22.66	0.044
		Murciélagos	3	0	--	--	--	--	--
	Octubre	Aves	1	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	0	0	--	--	--	--	--
Seca	Enero	Aves	2	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	4	0	--	--	--	--	--
	Febrero	Aves	2	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	0	0	--	--	--	--	--
	Marzo	Aves	3	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	224	4	114	0	2.27	44	0.03
	Abril	Aves	35	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	1932	70	459	625	2.05	48.61	0.12
	Mayo	Aves	3	0	--	--	--	--	--
		Murciélagos	224	13	302	25	0.96	103	0.04

9. DISCUSIÓN

Este trabajo es el primero que compara la dispersión y germinación de diásporas por aves y murciélagos en el estado de Oaxaca, el primero que reporta la dieta de las aves terrestres en la Planicie Costea del Pacífico y el tercero que aporta información sobre la dieta de los murciélagos de la región. Las aves y los murciélagos dispersaron diásporas pertenecientes a 15 especies de plantas. Algunas de estas familias de plantas están asociadas a la vegetación primaria (Apocynaceae, Boraginaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Santalanaceae y Solanaceae); mientras que otras están asociadas a la vegetación secundaria, como las que pertenecen a las familias Annonaceae, Euphorbiaceae y Vitaceae, y a los géneros *Bursera*, *Ficus* y *Muntingia* como se ha reportado por Hernández Montero (2009), García-Estrada *et al.* (2012) y Baltazar-Hernández (2014). Lo anterior indica que tanto las aves como los murciélagos frugívoros pueden forrajear en diferentes tipos de vegetación, aprovechar los frutos e infrutescencias de especies de diferentes etapas sucesionales, y dispersar los propágulos lejos de la planta madre incrementando la viabilidad de la diáspora para germinar; además, ayudan a mantener la conectividad entre los parches de la vegetación en zonas de bosque perturbadas y favorecen la estructura forestal (Howe y Smallwood 1982, Guevara y Laborde 1993, Galindo-González *et al.* 2000).

Contrario a lo esperado, la diversidad de especies de diásporas dispersadas por las aves fue significativamente mayor que la de los murciélagos. Esto puede ser explicado porque las plantas de las familias Annonaceae, Apocinaceae, Boraginaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Vitaceae, los géneros *Bursera* y *Poradendrum* fueron exclusivos en la dieta de las aves, mientras que las plantas de la familia Rubiaceae y el género *Solanum* solo fueron consumidas exclusivamente por los murciélagos. A pesar que en las aves fue mayor número de especies consumidas y fue significativamente mayor riqueza de frutos que los murciélagos, se registraron más diásporas en sus excretas. Esto puede ser explicado porque *M. calabura* fue la especie de la que se tuvo mayor abundancia de diásporas. Por otro lado, también hubo frutos que consumieron tanto las aves como los murciélagos. Los frutos del género *Ficus* se encontraron presentes en la dieta de ambos

grupos durante la época seca y la húmeda, esto debido a que su fructificación ocurre durante la mayor parte del año (Dumont 2003, Piedra-Malagón *et al.* 2006). De igual manera las diásporas de *M. calabura* fueron consumidas por las aves y los murciélagos, pero solo en la época seca. Se ha reportado que esta especie fructifica de mayo a diciembre, teniendo una mayor disponibilidad de frutos en los meses de mayo y junio (Fleming *et al.* 1985).

Conforme a lo esperado, en la excreta de los murciélagos se encontraron significativamente más diásporas que en las aves. Lo anterior puede ser explicado, porque se ha reportado que las aves defecan perchadas, por lo que tienen menos posibilidades de dispersar diásporas (Augspurger y Franson 1988, Duncan y Chapman 1999, Cubiña y Aide 2001); mientras que los murciélagos generalmente defecan mientras vuelan cuando comen frutos con diásporas menores de un centímetro, por lo que depositan mayor cantidad de diásporas en lugares abiertos (Fleming 1988, Charles-Dominique 1991, Medellín y Gaona 1999). Algunas mantas estuvieron colocadas cerca de árboles y arbustos, pero otras fueron ubicadas en sitios abiertos donde la caída de la diáspora no fuera obstruida.

El número de especies de plantas encontradas en las excretas de las aves y los murciélagos en este estudio es menor al reportado por Medellín y Gaona (1999) en cuatro hábitats perturbados en la selva Lacandona, Chiapas, quienes registraron 28 especies de plantas dispersadas por ambos grupos. La mayor riqueza de frutos en ese estudio probablemente se deba a que el sitio forma parte de un paisaje más heterogéneo, constituido por plantaciones de cacao, maizales y vegetación ribereña. Además, el área de muestreo incluyó 331,000 ha, lo que es mayor a las 8.5 ha del Jardín Botánico Chepilme. También el número de especies de diásporas registradas en este trabajo es menor al reportado por Galindo-González *et al.* (2000) en Los Tuxtlas, Veracruz, quienes registraron 68 especies de plantas como parte de la dieta de aves y murciélagos frugívoros. La mayor riqueza de frutos probablemente se deba a que los autores utilizaron diferentes técnicas para la colecta de las excretas (hojas de plástico debajo de las redes niebla y sacos de manta para resguardar al organismo mientras defecaba). En el presente

trabajo solo se utilizaron las mantas por la logística e inseguridad del área durante el tiempo de muestreo. Por otro lado, la matriz del paisaje es más heterogénea en Los Tuxtlas, lo que favorece el desarrollo de diferentes tipos de vegetación como: pastizales, remanentes de bosque, vegetación ribereña y campos agrícolas; además, el área de muestreo en Los Tuxtlas es de aproximadamente 140 ha, la cual es mayor a las 8.5 ha del Jardín Botánico Chepilme.

Las aves consumieron los frutos de 11 especies de plantas en el Jardín Botánico Chepilme. Este número es menor al reportado por Hernández-Ladrón *et al.* (2012) en el bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz, quienes registraron 17 especies de plantas dispersadas por las aves. La mayor riqueza de frutos en Veracruz probablemente se deba a que los autores utilizaron diferentes técnicas para la colecta de las excretas (tela debajo de cada red ornitológica y sacos de tela). Como ya se había mencionado, en el estudio realizado en el Jardín Botánico Chepilme solo se utilizaron mantas por la logística e inseguridad en los alrededores del lugar. Por otro lado, el área de estudio en Veracruz es un potrero, en cuyos alrededores se han desarrollado distintos tipos de vegetación como: bosque mesófilo, bosques secundarios, cafetales de sombra y pastizales; además, el área de muestreo es de 150 ha, la cual es mayor a las 8.5 ha del Jardín Botánico Chepilme.

Contrario a lo esperado, la diversidad alfa de las diásporas dispersadas por las aves fue significativamente mayor en la época seca que en la húmeda. Y aunque en la temporada seca se registraron seis especies, mientras que en la temporada húmeda cinco, la diferencia se explica porque *Muntingia calabura* representó 78% de las diásporas colectadas en esa época lo que influyó en el análisis estadístico. Cabe destacar que es la primera vez que esta especie se reporta como parte de la dieta de las aves frugívoras. En la época seca se colectaron exclusivamente frutos de las familias Boraginaceae y Fabaceae, las cuales están asociadas a la vegetación primaria; mientras que en la época húmeda, se colectaron exclusivamente diásporas pertenecientes a las familias: Apocynaceae y Cucurbitaceae, y al género *Poradendrum*, los cuales están asociados a la vegetación primaria, y *Bursera* que está asociada a la vegetación secundaria. Las

diásporas del género *Ficus* fueron las más consumidas durante la época húmeda, lo cual es consistente con trabajos previos que reportan la preferencia de las aves por los frutos de este género (Ortiz-Pulido *et al.* 2000, Puebla y Winker 2004). En este trabajo se encontró que las aves frugívoras consumieron plantas de las familias Apocinaceae, Burseraceae, Moraceae y Boraginaceae; como ha sido reportado por Ortiz-Pulido *et al.* (2000) y Hernández-Ladrón *et al.* (2012). Además, se ha indicado que las aves transportan semillas de estas familias entre los parches de vegetación, lo que propicia la repoblación de especies vegetales en zonas degradadas (Medellín y Gaona 1999, Pulido *et al.* 2000, Novoa *et al.* 2011).

Los murciélagos consumieron frutos pertenecientes a siete especies de plantas en el Jardín Botánico Chepilme. Este número es menor al reportado por Santos Altamirano (2015) en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, quien registró nueve especies de plantas consumidas por los murciélagos. La diferencia en el número de frutos consumidos posiblemente se explique porque en el campus Puerto Escondido los murciélagos se alimentaron de frutos característicos de la vegetación de la selva baja caducifolia, además de árboles introducidos, tanto del interior como del exterior del campus. También es pertinente señalar que la autora capturó a los murciélagos con redes niebla y después los resguardó en un saco de manta para esperar a que defecaran. Por otro lado, el número de especies de frutos registrados en el Jardín Botánico Chepilme también fue menor al reportado en el Jardín Botánico Puerto Escondido de la Universidad del Mar por Reyes Velázquez (2011), quien registró 12 especies. La mayor riqueza de frutos probablemente se deba a que el autor capturó a los murciélagos con redes de niebla y después los resguardó en sacos de manta para esperar a que defecaran. Además, el principal tipo de vegetación es la selva baja caducifolia, con algunos elementos asociados a la vegetación primaria y secundaria, pero también se distribuyen árboles y arbustos característicos de la selva mediana en las cañadas del interior y exterior, por lo que los murciélagos aprovecharon los frutos de ambos tipos de vegetación. Finalmente, también el área de muestreo de 16.7 ha del Jardín Botánico Puerto Escondido, es casi el doble a las 8.5 ha del Jardín Botánico Chepilme.

Conforme a lo esperado, la diversidad alfa de las diásporas dispersadas por los murciélagos fue significativamente mayor en la época húmeda que en la seca. Esto se debió a que en la época húmeda se colectaron frutos de las familias Apocynaceae, Cucurbitaceae, Rubiaceae que están asociadas a vegetación primaria y Vitaceae a la vegetación secundaria; mientras que en la época seca se registraron diásporas del género *Solanum*, el cual está asociado a la vegetación primaria, además de *Muntingia calabura* y *Ficus* sp., las que fueron las más consumidas por los murciélagos en la época seca. Cabe destacar que los frutos del género *Ficus* fueron consumidos por los murciélagos tanto en la época seca como en la húmeda. Lo anterior se favorece porque este árbol fructifica la mayor parte del año (Dumont 2003, Piedra-Malagón *et al.* 2006). En este trabajo se reporta que los murciélagos frugívoros se alimentaron de *Ficus* en la época seca lo que concuerda con un trabajo previo realizado por Santos Altamirano (2015) en Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. Además, es el segundo registro de *Muntingia calabura* como parte de la dieta de los murciélagos frugívoros, antes se había citado en plantaciones de café y la selva mediana en el sureste de Chiapas (García-Estrada *et al.* 2012). Asimismo, en este trabajo se encontró que los murciélagos frugívoros consumieron plantas con características quiropterocoras de las familias Apocynaceae, Boraginaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae y Moraceae, y de los géneros *Ficus* y *Solanum* lo cual coincide con lo reportado en trabajos previos (Medellín y Gaona 1999, Galindo-González *et al.* 2000).

Conforme a lo esperado, hubo mayor germinación de las diásporas consumidas por los murciélagos que por las aves. Esto puede ser explicado porque se ha reportado que en los murciélagos frugívoros el tiempo de paso de la diáspora a través del tracto digestivo es menor que en las aves (Sorensen 1984, Fleming 1988, Simmons *et al.* 2007). Se ha reportado que la exposición prolongada de la diáspora a los líquidos digestivos provoca la eliminación del mesocarpio y el embrión puede ser dañado (Gardener *et al.* 1993, Murphy *et al.* 1993). En las aves el tiempo de paso a través del tracto digestivo varía de 0.3 a 1.5 horas, antes de que sea defecada la diáspora; mientras que en los murciélagos, el promedio del tránsito intestinal de las diásporas varía de 15 a 40 minutos, lo que favorece la modificación de la cubierta del endocarpio y aumenta las posibilidades de

germinación (Fleming 1988, Jordano 2000, Simmons *et al.* 2007). En este trabajo los tiempos de germinación en las especies consumidas por las aves fueron menores, y su coeficiente de velocidad de germinación fue mayor, mientras que en los murciélagos este patrón se invirtió.

Conforme a lo esperado, en la época seca hubo mayor germinación de las diásporas dispersadas por los murciélagos que por las aves. Las diásporas consumidas por las aves en esta época fueron de mayor tamaño. Las especies que germinaron en esta época fueron *M. calabura* y *Ficus* sp., que son especies con diásporas pequeñas, esto posiblemente se debe a que el tamaño de la diáspora influye en el éxito de la germinación. Las diásporas chicas tienen menos nutrientes de reserva en los tejidos que envuelven al embrión lo que no les permite permanecer un tiempo prolongado en latencia y por lo tanto tienden a germinar más rápido, a diferencia de las diásporas grandes (Maranon y Grubb 1993). Además, las diásporas chicas son más exitosas en la dispersión y son menos depredadas (Moreno-Casasola 1996).

Contrario a lo esperado, solo germinaron diásporas colectadas por los murciélagos en la época seca. Esto puede ser explicado porque hubo gran abundancia de frutos de *M. calabura* en las excretas de los murciélagos. Se ha reportado que *M. calabura* fructifica de mayo a diciembre (Fleming *et al.* 1985, Dumont 2003, Piedra-Malagón *et al.* 2006), por lo que la temporada de fructificación de esta especie favoreció a que hubiera mayor disponibilidad de frutos para los murciélagos. La dispersión de *M. calabura* es importante porque es un fruto de interés económico. Los frutos, el jugo del fruto y la hoja son utilizados ya sea para el consumo humano o como medicina natural alternativa. Se ha indicado que posee propiedades antiinflamatorias, antibacterianas y antioxidantes (Verdayanti 2009, Preethi *et al.* 2010).

No se ha reportado un trabajo previo que aporte información sobre la germinación de las diásporas dispersadas por murciélagos. Por otro lado, el número de diásporas dispersadas por las aves y que germinaron en este estudio fue menor al reportado por Hernández-Ladrón *et al.* (2012) en el bosque mesófilo de montaña en el centro de

Veracruz, quienes colectaron 2,699 diásporas consumidas por las aves, de las cuales germinaron 1,592. El mayor número de diásporas geminadas reportado por estos autores probablemente se deba a que la germinación se realizó en el laboratorio, donde se utilizaron diferentes técnicas: (algodón como sustrato, cajas Petri y cámara de germinación); además, controlaron la temperatura y el agua administrada a cada diáspora. En este trabajo no se utilizaron condiciones controladas para la germinación de las diásporas, debido a que el propósito fue simular las condiciones ambientales a las del Jardín Botánico Chepilme para proponer una técnica que favoreciera la germinación de las diásporas. Además, el Jardín Botánico Chepilme no cuenta con luz eléctrica, ni un laboratorio equipado con el material necesario para realizar este tipo experimentos con condiciones controladas.

10. CONCLUSIONES

1. La dieta de las aves y los murciélagos estuvo compuesta de 15 especies. Las aves dispersaron 11 especies, y los murciélagos siete. Las diásporas del género *Ficus* fueron las únicas consumidas por ambos grupos.
2. Las aves y los murciélagos consumieron frutos de plantas asociadas a la vegetación primaria y secundaria. *Mutigia calabura* fue la especie más abundante en las excretas de los murciélagos en la época seca, mientras *Ficus* sp. Fue abundante para las aves en la época seca, y para los murciélagos en la época húmeda.
3. La diversidad alfa de las especies de diásporas dispersadas por las aves fue significativamente mayor que la de los murciélagos.
4. El recambio entre especies dispersadas por aves y murciélagos entre épocas fue bajo. Las aves se alimentaron exclusivamente de plantas de las familias: Annonaceae, Apocynaceae, Boraginaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Vitaceae, los géneros *Bursera* y *Poradendrum*, mientras que las plantas de las familias Rubiaceae y el género *Solanum* fueron exclusivamente consumidas por los murciélagos.
5. Hubo mayor germinación de las diásporas consumidas por los murciélagos que por las aves, *Ficus* sp. geminó en ambas épocas mientras que *M.calabura* solo en la época seca.
6. Se anexa un plan de manejo que incluye propuestas para favorecer la regeneración de la vegetación con las diásporas dispersadas por aves y murciélagos en el Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar campus Puerto Escondido.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsop, F.J. III. 2001. *Birds of North America. Life Histories of More Than 930 Species*. Dorling Kindersley Publishing, Nueva York, 1024 pp.
- Almeida, K., A. Arguero, X. Clavijo, F. Matt y J. Zamora. 2004. Dispersión de semillas por aves, murciélago y viento en áreas disturbadas de un bosque montano en el suroriente ecuatoriano. In: *Anual Symposium of DFG Reserach Group*, Loja, Ecuador.
- Almazán-Núñez, R. C. y A. Hinterholzer-Rodríguez. 2010. Dinámica temporal de la avifauna en un parque urbano de la ciudad de Puebla, México. *Huitzil* 11(1): 26-32.
- Aragón, R. y J. López. 2002. Aves presentes en los cafetales del Rincón de Ixtlán, Sierra Norte, Oaxaca, Grupo Mesófilo, Asociación Civil 1-19.
- Avila-Torresagatón, L.G., M. Hidalgo-Mihart y J. A. Guerrero. 2012. La importancia de Palenque, Chiapas, para la conservación de los murciélagos de México. *Revista mexicana de biodiversidad* 83(1): 184-193.
- Augspurger C.K. y S.E. Franson. 1988. Input of wind-dispersed seeds into light gaps and forest sites in a Neotropical forest. *Journal of Tropical Ecology* 4(3): 239-252.
- Almazán-Núñez, R. C. y A. Hinterholzer-Rodríguez. 2010. Dinámica temporal de la avifauna en un parque urbano de la ciudad de Puebla, México. *Huitzil* 11(1): 26-32.
- Baltazar-Hernández, S. 2014. La importancia de la dispersión de semillas en la recuperación del bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. Tesis de Maestría, Posgrado Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Barrantes, G. y A. Pereira. 2002. Seed dissemination by frugivorous birds from forest fragments to adjacent pastures on the western slope of Volcán Barva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 50(2): 569-575.
- Bewley, J. D. y M. Black. 1985. *Seeds: Physiology of development and germination*. 2a ed, Plenum Press, Nueva York, 445 pp.
- Bojorges Baños, J. C., C. García y H. Colín. 2012. *Vertebrados voladores. Aves y murciélagos del jardín botánico de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca, México*. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. 169 pp.

- Bonaccorso, F. J. y T. J. Gush. 1987. Feeding behaviour and foraging strategies of captive phyllostomid fruit bats: an experimental study. *The Journal of Animal Ecology* 56 (3): 907-920.
- Bullock, S. H. 2002. La fenología de plantas en Chamela. Pp: 491-498 *In*: Noguera, F.A. (ed.), *Historia natural de Chamela*. Universidad Autónoma de México, México.
- Castillo Argüero, S., P. Guadarrama Chávez, Y. Martínez-Orea, P.E. Mendoza-Hernández, O. Núñez-Castillo, M.A. Romero-Romero y I. Sánchez-Gallén. 2002. *Diásporas del Pedregal de San Ángel*. Facultad de Ciencias, UNAM, Distrito Federal, 204 pp.
- Cardoso da Silva, J.M., C. Uhl y C.G. Murray. 1996. Plant successional, landscape management and the ecology of frugivorous birds and abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology* 10(2): 491-503.
- Carbó-Ramírez, P., I. Zuria y M. P. Romero-González. 2011. Riqueza, abundancia y dinámica espaciotemporal de la comunidad de aves de Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México. *El Canto del Centzontle* 2(1): 29-47.
- Ceccon, E. 2014. *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Ediciones Díaz de Santos, UNAM, 290 pp.
- Charles-Dominique, P. 1986. Pp: 119-135. Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: Cecropia, birds and bats in French Guyana. *In*: T.H. Fleming y A. Estrada (Eds.), *Frugivores and seed dispersal: Ecological and evolutionary aspects*, Springer, Dordrecht.
- Charles-Dominique, P. 1991. Feeding strategy and activity budget of the frugivorous bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 7(2): 243-256.
- Colmenero, L.C. y E. Bravo. 1996. Problemática sociocultural de las áreas naturales protegidas en México. *Revista Iztapalapa* 40: 141-162.
- Côme, D. 1970. *Les Obstacles à la Germination*. Masson et Cie. Paris, 160 pp.
- Cupul-Magaña, F. G. y J. B. Mountjoy. 2012. *Tachemys ornata* (Gray, 1831) (Testudines: Emydidae) en un yacimiento arqueológico del occidente de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 28(1): 222-226.

- Cruz-Angón, A. y R. S. Greenberg. 2005. Are epiphytes important for birds in coffee plantations of central Veracruz, Mexico? An experimental assessment. *Journal of Applied Ecology* 42(1): 150-159.
- Cruz-Lara, L.E., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo y N. Ramírez-Marcial. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 20(1): 63-81.
- CONANP. 2014. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas México 2014-2018. 152 pp.
- Cubiña, A. y T.M. Aide. 2001. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. *Biotropica* 33(2): 60-267.
- Del Valle Santiago, M.T. 2014. Dispersión de semillas por quirópteros en hulares de la zona de Uxpanapa, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Tuxpan, Veracruz.
- De La Cruz-Pérez, A., M. Pérez-de La Cruz, S. Sánchez-Soto y M. Torres-de La Cruz. 2015. Fluctuación poblacional de arañas (Araneae: Tetragnathidae, Pholcidae) en el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología* 41(1): 132-139.
- Del Hoyo, J., A. Elliot, y J. Sargatal (editores). 1992. *Handbook of the Birds of the World. Volume 1 Ostrich to Ducks*. Ediciones Lynx, Barcelona, 606 pp.
- Del Hoyo, J., A. Elliot y J. Sargatal (editores). 1999. *Handbook of the birds of the world. Volume 5: Barn owls to hummingbirds*. Lynx Editions, Barcelona, 759 pp.
- Del Hoyo, J., A. Elliot, y J. Sargatal (editores). 2001. *Handbook of the Birds of the World. Volume 6 Mousebirds to Hornbills*. Lynx edicions, Barcelona, 589 pp.
- Del Hoyo, J., A. Elliot, y D. Christie (editores). 2004. *Handbook of the Birds of the World. Volume 9: Cotingas to Pipits and Wagtails*. Lynx edicions, Barcelona, 863 pp.
- Del Hoyo, J., A. Elliot, y D. Christie (editores). 2005. *Handbook of the Birds of the World. Volume 10: Cuckoo-Shrikes to Thrushes*. Lynx edicions, Barcelona, 896 pp.
- Dempsey, J.L. 2004. Fruit Bats: Nutrition and Dietary Husbandry. Nutrition Advisory Group Handbook Fact Sheet 014. Versión web adaptada de: Dempsey, J. L. 1998. Pp. 354-360. *In*: Fowler, M.E. y R.E. Miller (eds.), *Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy 4*. W.B. Saunders Co, Filadelfia.

- Dumont, E.R. 2003. Bats and fruit: an ecomorphological approach. Pp. 398-429. *In*: Kunz, T.H. y B. Fenton (ed.), *Bat ecology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Durán, J.M. y F. Pérez García. 1984. Aspectos fisiológicos de la germinación de semillas. Universidad Politécnica. Madrid, 245 pp.
- Duncan, R.S. y C.A. Chapman. 1999. Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. *Ecological Applications* 9(3): 98-1008.
- Espejo, S. A., A. R. López-Ferrari, M. R. Jiménez, y S. L. Sánchez. 2004. Orchids from coffee-plantations in Mexico: an alternative for the sustainable use of tropical ecosystems. *Revista de Biología Tropical* 53(1-2): 73-84.
- Equihua-Martínez, A., J. Romero-Nápoles, S. Sánchez-Soto, E. García-López y H. Bravo-Mojica. 2009. Scolitids (Coleoptera: Scolytidae) associated to the cocoa agroecosystem in Tabasco, Mexico. *Neotropical Entomology* 38(5): 602-609.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 2001. Species composition and reproductive phenology of bats in a tropical landscape at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 17: 627-646.
- Estrada-Villegas, S., J. Pérez-Torres y P. Stevenson. 2007. Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. *Ecotropicos* 20(1): 1-14.
- Estrella, E., J.M. Pech-Canché, S.F. Hernández-Betancourt, D.L. López-Castillo y C.E. Moreno. 2014. Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 30(1): 188-200.
- FAO. 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe Nacional México. FRA2010/132. Roma, 98 pp.
- Fenner, M. 2000. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. 2a ed. CABI Publishing, Cambridge, 410 pp.
- Fenner M. y K. Thompson. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press, Cambridge, 250 pp.
- Figueroa-Esquivel, E., F. Puebla-Olivares, H. Godínez-Álvarez y J. Núñez-Farfán. 2009. Seed dispersal effectiveness by understory birds on *Dendropanax arboreus* in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* 18(13): 3357-3365.

- Fleming, T.H. 1988. Mutualistic interaction between bats and plants: The short-tailed fruit-bat: A Study in plant-animal interactions. University of Chicago, Chicago, 365 pp.
- Fleming, T.H. y V.J. Sosa. 1994. Effects of nectarivorous bats and frugivorous mammals on the reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75: 845-851.
- Fleming, T.H., R. Breitwisch y G.H. Whitesides. 1987. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18(1): 91-109.
- Fleming, T.H., E.T. Hooper y D.E. Wilson. 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology* 53(4): 555-569.
- Fleming, T.H., C.F. Williams, F.J. Bonaccorso y L.H. Herbst. 1985. Phenology, seed dispersal, and colonization in *Muntingia calabura*, a neotropical pioneer tree. *American Journal of Botany* 72: 383-391.
- Fors, I.M. 2005. Listado ornitológico del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México: un espacio suburbano. *Huitzil* 6: 1-6.
- Franco, D.B. 2004. Dinámica Espacial y Temporal de la Comunidad de Aves en los Parques Urbanos de Puebla y su Entorno. Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas, Cholula, Puebla, México.
- Freeman, P.W. 1998. Form, function, and evolution in skulls and teeth of bats. Pp. 140-156. *In*: Kunz, T.H. y P.A. Racey (eds), *Bat Biology and Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Flores Yescas, I. 2020. Dieta del Perico Frente Naranja (*Eupsittula canicularis*) en tres tipos de vegetación durante la temporada seca en el municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Galindo-González, J., S. Guevara, y V. Sosa. 2000. Bat and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology* 14 (6): 1693-1703.
- García Amaro de Miranda, E. 2003. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas* 50: 67-76.

- García-Méndez, A., C. Lorenzo, L.B. Vázquez y R. Reyna-Hurtado. 2014. Roedores y murciélagos en espacios verdes en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Therya* 5(2): 615-632.
- García Morales, R. 2010. Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros y su importancia en la regeneración de la vegetación en la región de la Huasteca Potosina. Tesis de Maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, México.
- García-Burgos, J., S. Gallina y A. González-Romero. 2014. Relación entre la riqueza de mamíferos medianos en cafetales y la heterogeneidad espacial en el centro de Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 30(2): 337-356.
- García Estrada, C., A. Damon, C. Sánchez-Hernández, L. Soto-Pinto y G. Ibarra- Núñez. 2006. Bat diversity in montane rainforest and shaded coffee under different management regimes in southeastern Chiapas, Mexico. *Biological Conservation* 132(3): 351-361
- García-Estrada, C., A. Damon, C. Sánchez-Hernández, L. Soto-Pinto y G. Ibarra-Núñez. 2012. Diets of frugivorous bats in montane rain forest and coffee plantations in southeastern Chiapas, Mexico. *Biotropica* 44(3): 394-401.
- García-Mendoza, A. J., M. D. J. Ordoñez Díaz y M. Briones-Salas. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. UNAM, México, 605 pp.
- García Pura, C., M. T. Olivera Carrasco y A. R. Espinosa Ruiz. 2013. Marcas de roedores y carnívoros en restos del sitio arqueológico de Tancama, Querétaro, México. *Estudios de Antropología Biológica* 16: 233-260.
- Gardener, C.J., J.G. Mclvor y A. Janzen. 1993. Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces. *Journal of Applied Ecology* 30(1): 63-74.
- Giannini, N.P., y E.K.V. Kalko. 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* 105(2): 209-220.
- Glimn-Lacy, J. y P.B. Kaufman. 2006. *Botany Illustrated: Introduction to plants, major groups, flowering plant families*. 2a ed., Springer, Nueva York, 276 pp.

- Gómez-Moreno, V.D.C., S. Niño-Maldonado y U.J. Sánchez-Reyes. 2016. Lista ornitológica del Centro Universitario de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Huitzil* 17(1): 33-43.
- González-Medina, J. K., E. M. Figueroa-Esquivel y F. Puebla-Olivares. 2016. Avifauna de dos zonas cafetaleras en Nayarit, oeste de México. *Huitzil*, 17(1): 18-32.
- González-Ortega, M. A. A., P. L. Enríquez, J. L. Rangel-Salazar, C. García-Estrada y C. Tejeda-Cruz. 2012. Contribución de la riqueza y la uniformidad a la diversidad de aves en plantaciones de café de sombra del sureste de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 629-647.
- Gorchov, D. L., F. Cornejo, C. Ascorra y M. Jaramillo. 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetation* 107(1): 339-349.
- Gordon, W. F., A. Mata, S. Bradleigh Vinson. 2004. Biodiversity conservation in Costa Rica learning the lessons in a seasonal dry forest, University of California Press, California, 341 pp.
- Greenberg, R., P. Bichier y J. Sterling. 1997. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica* 29(4): 501-515.
- Guariguata, M.R.K., G.H. Kandler, M.M. Guariguata y R. Manuel. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica, 691 pp.
- Guevara, S y L. Laborde. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences of local species availability. In T. H. Fleming and A. Estrada (Eds.). *Frugivory and seed dispersal: ecological and evolutionary aspects*, pp. 319-338. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Gurevitch, J., S.M. Scheiner y G.A. Fox. 2006. *The ecology of plants*. 2a ed., Sinauer Associates, Sunderland, 518 pp.
- Hammer Ø, D. Harper y P. Ryan. 2010. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electronica* 4:1-9.
- Hartmann, H.T., D. Kester, F. Davies y R. Geneve. 1997. *Plant Propagation: Principles and Practices*. 6a edición, Prentice Hall, Nueva York, 770 pp.

- Hernández-Conrique, D., L.I. Iñiguez-Dávalos y J.F. Storz. 1997. Selective feeding by phyllostomid fruit bats in a subtropical montane cloud forest. *Biotropica* 29:376–379.
- Hernández-Ladrón I., O.R. Rojas-Soto, F. López-Barrera, F. Puebla-Olivares y C. Díaz-Castelazo. 2012. Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: Su papel en la restauración pasiva. *Revista Chilena de Historia Natural* 85(1): 89-100.
- Hernández-Montero J.R. 2009 Riqueza, abundancia, equidad y composición de plantas dispersadas por murciélagos filostómidos en cafetales bajo sombra y fragmentos de bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. Tesis de Doctorado, Universidad Veracruzana.
- Herrera, C.M.1984. Adaptation to frugivory of Mediterranean avian seed dispersers. *Ecology* 65(2): 609–617.
- Herrera, C. M. 2002. Seed dispersal by vertebrates. Pp: 185-208. *In*: Herrera, C.M. y O. Pellmyr (eds.), *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*, John Wiley-Blackwell, Londres.
- Holl, K.D. 2002. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology* 90(1): 179-187.
- Holdridge, L. R. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. 5ta ed., Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, 219 pp.
- Howe, H y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13(1): 201-228.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, Nueva York, 1010 pp.
- Hortelano-Moncada, Y., F. A. Cervantes y A. Trejo-Ortiz. 2009. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(2): 507-520.
- Ibarra, A. C., S. Arriaga y A. Estrada. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34): 101-112.

- Isler, M. L., P. R. Isler. 1999. The tanagers: natural history, distribution, and identification. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 406 pp.
- Janzen, D. H. 1980. When is it coevolution. *Evolution* 34(3): 611-612.
- Janzen, D.H. 1980. When is it coevolution? *Evolution* 34: 611-612.
- Jordano P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist*, 129(5): 657-677.
- Jordano, P. 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed disperser interactions: southern Spanish junipers and frugivorous thrushes. Pp. 85-104. *In*: T.H. Fleming y A. Estrada (eds), *Frugivory and seed dispersal: ecological and evolutionary aspects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory. Pp: 125-166 *In*: Fenner, M. (ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. 2a ed., CABI Publishing, Wallingford.
- Juárez Velasco, I.N. 2016. Diversidad de mamíferos medianos y grandes y evaluación de su hábitat para una propuesta de manejo en el Jardín Botánico "Chepilme" de la Universidad del Mar. Tesis de Maestría, Universidad de Mar, Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Korine, C. y E.K.V. Kalko. 2005. Fruit detection and discrimination by small fruit-eating bats (*Phyllostomidae*): echolocation call design and olfaction. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59:12-23.
- Leija-Loredo, E. G., H. Reyes-Hernández, O. Reyes-Pérez, J. L. Flores-Flores y F. J. Sahagún-Sánchez. 2016. Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 22(1): 125-140.
- León Barbosa, E. 2010. Lluvia de semillas efectuada por aves y murciélagos hacia pastizales asociados a un fragmento de bosque seco tropical (Córdoba Colombia). Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Levey, D. J., W. R. Silva y M. Galetti, 2002. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution, and conservation*. CABI Publ, Wallingford.UK, 511 pp.
- Lobova, T. A. y S. A. Mori. 2004. Epizoochorous dispersal by bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 20(5): 581-582.

- Loiselle, B. A. 1990. Seeds in droppings of tropical fruit-eating birds: importance of considering seed composition. *Oecologia*, 82(4), 494-500.
- López, A.M. 2004. Los cafetales de sombra como reservorio de la biodiversidad de plantas leñosas del bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C, Xalapa, Veracruz, México.
- López, J. 2015. Cafetales Mixes de San José el Paraíso, Oaxaca, Relaciones Sociales y Diversidad Arbórea. Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.
- López Ríos, G.F. 1998. Botánica: Anatomía, morfofisiología y diversidad. Universidad Autónoma Chapingo, México, 281 pp.
- Lucio-Palacio, C.R. y G. Ibarra-Núñez. 2015. Arañas arborícolas de cacaotales con diferente tipo de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de biodiversidad* 86(1): 143-152.
- Macip-Ríos, R., y A. Muñoz-Alonso. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(1): 185-195.
- Martínez-Morales, M.A., V. Mendiola Islas, I. Zuria, M.C. Chávez Peón Hoffmann-Pinther y R.G. Campuzano Velasco. 2013. La conservación de las aves más allá de las áreas naturales protegidas: el caso de la avifauna del Rancho Santa Elena, Hidalgo. *Huitzil* 14(2): 87-100.
- Malagamba-Rubio, A., I. MacGregor-Fors y R. Pineda-López. 2013. Comunidades de aves en áreas verdes de la ciudad de Santiago de Querétaro, México. *Ornitología Neotropical* 24(4): 371-386.
- Magaña, F. G. C. 1996. Incidencia de avifauna en un Parque Urbano de Los Mochis, Sinaloa, México. *Ciencia Ergo-sum* 3(2): 193-200.
- Maranon, T. y P.J. Grubb. 1993. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in mediterranean annuals. *Functional Ecology* 7:591-599.
- Martínez López, A.A., C.R. Candia Alor, C. Flores Lázaro, N.K. Bolívar Arriaga, J. Aldana Rodríguez y R. Hernández de la Cruz. 2014. Herpetofauna en un Cacaotal en la R/a Huimango 1a Sección, Cunduacán Tabasco. *Kuxulkab* 17(33): 35-41.

- Medellin, R y O. Gaona. 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotrópica* 31(3): 478-485.
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica en bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia* 28(10): 581-589.
- Mello, M.A., E.K. Kalko y W.R. Silva. 2008. Diet and abundance of the bat *Sturnira lilium* (Chiroptera) in a Brazilian montane Atlantic forest. *Journal of Mammalogy* 89:485-492.
- Microsoft Office Professional. 2016. Microsoft Office Excel 2016.
- Moermond, T.C. y J.S. Denslow. 1985. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. *Ornithological Monographs* 865-897.
- Molinari J. 1993. El mutualismo entre frugívoros y plantas en las selvas tropicales: aspectos paleobiológicos, autoecologías, papel comunitario. *Acta Biológica Venezolana* 14(4): 1-44.
- Morante-Filho, J.C., V. Arroyo-Rodríguez, M. de Souza Pessoa, E. Cazetta y D. Faria. 2018. Direct and cascading effects of landscape structure on tropical forest and non-forest frugivorous birds. *Ecological applications* 28(8): 2024-2032.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y T-Manuales y tesis SEA, Zaragoza, 84 pp.
- Moreno-Casasola, P. 1996. Vida y obra de granos y semillas. Fondo de Cultura Económica, México D.F., 304 pp.
- Morón, M.A. y J.A. López-Méndez, 1985. Análisis de la entomofauna necrófila de un cafetal en el Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 63: 47-59.
- Morrison, D.W. 1980. Foraging and day-roosting dynamics of canopy fruit bats in Panama. *Journal of Mammalogy* 61(1): 20-29.
- Muñoz, D., A. Estrada y E. Naranjo. 2005. Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México: aspectos de la ecología alimentaria. *Universidad y Ciencia* 2: 35-44.
- Muniz-Castro, M.A., G. Williams-Linera y J.M.R. Benayas. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 22(4): 431-440.

- Murphy, S.R., N. Reid, Z.G. Yan y W.N. Venables 1993. Differential passage time of mistletoe fruits through the gut of honeyeaters and flowerpeckers. Effect on seedling establishment. *Oecologia* 93(2): 171-176.
- Muscarella, R. y T.H. Fleming. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82(4): 573-590.
- Neuweiler, G. 1998. *The biology of bats*. Oxford University Press, Oxford, 309 pp.
- Novoa, S., R. Cadenillas y V. Pacheco. 2011. Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en bosques del parque nacional Cerros de Amotape, Tumbes, Perú. *Mastozoología Neotropical* 18(1): 81-93.
- Olea-Wagner, A., C. Lorenzo, E. Naranjo, D. Ortiz y L. León-Paniagua. 2007. Diversidad de frutos que consumen tres especies de murciélagos (Chiroptera: Phyllostomidae) en la selva lacandona, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78(1): 191-200.
- Ortiz-Pulido, R., J. Laborde y S. Guevara. 2000. Frugivoría por aves en un paisaje fragmentado: Consecuencias en la dispersión de semillas. *Biotropica*, 32(3): 473-488.
- Osuna Fernández, H.R., A.M. Osuna Fernández y A. Fierro Álvarez. 2017. *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Autónoma de México, México, D.F. 91 pp.
- Piedra-Malagón, E.M., R. Ramírez Rodríguez y G. Ibarra-Manríquez. 2006. El género *Ficus* (Moraceae) en el estado de Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 75: 45-75.
- Pinacho López, B. 2014. *Mamíferos silvestres del rancho El Sagrado, San Gabriel Mixtepec, Juquila, Oaxaca*. Tesis Licenciatura. Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Pisces Conservation, Ltd. 2002. *Species Diversity and Richness*. Version 3.02. Disponible: <http://piscesconservation.com>.
- Puebla-Olivares, F. y K. Winker. 2004. Dieta y dispersión de semillas por dos especies de *Tangara (Habia)* en dos tipos de vegetación en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Ornitología Neotropical* 15: 53-64.

- Preethi, K., N. Vijayalakshmi, R. Shamna y J.R. Sasikumar. 2010. "In vitro antioxidant activity of extracts from fruits of *Muntingia calabura* Linn. From India". *Pharmacognosy Journal* 14: 11-18.
- Quintana Chávez, M. A. 2016. Avifauna del rancho canoas, municipio de Gómez Farías, Chihuahua. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.
- Ramírez-Meneses, A., E. García-López, J.J. Obrador-Olán, O. Ruiz-Rosado y W. Camacho-Chiu. 2013. Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 29(3): 215-230.
- Ridgely, R. S. y G. Tudor. 1989. *The Birds of South America: Jays and Swallows, Wrens, Thrushes, and Allies, Vireos and Wood-warblers, Tanagers, Icterids, and Finches. The Oscine Passerines.* University of Texas Press, Texas, 596 pp.
- Rieger, J.M., y E.M. Jakob. 1988. The use of olfaction in food location by frugivorous bats. *Biotropica* 20 (2): 161-164.
- Riojas-López, M.E. y E. Mellink. 2006. Herpetofauna del rancho Las Papas, Jalisco, llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 22(3): 85-94.
- Reyes Velázquez, S. 2011. Diversidad y dieta de los murciélagos frugívoros (Chiroptera: Stenodermatinae) en el jardín botánico de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Roa-Romero, H. A., M.G. Salgado-Mora y J. Álvarez-Herrera. 2009. Analysis of the Structure Arborea agroforestry system cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Soconusco, Chiapas-Mexico. *Acta Biológica Colombiana* 14(3): 97-110.
- Romero-Almaraz, M.L., A. Aguilar-Setién y C. Sánchez-Hernández. 2006. Murciélagos benéficos y vampiros. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. 213 pp.
- Rost, T.L., M.G. Barbour, R.M. Thornton, T.E. Weir y C.R. Stocking. 1985. *Introducción a la biología vegetal.* Botánica. Limusa, México, D.F. 466 pp.
- Salgado-Mora, M.G., G. Ibarra Núñez, J.E. Macías-Sámano y O. López-Báez. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 32(11): 763-768.

- Sánchez Gutiérrez, F., J. Pérez-Flores, J.J. Obrador Olan, Á. Sol Sánchez y O. Ruiz-Rosado. 2016. Estructura arbórea del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14: 2695-2709.
- Santos Altamirano, D. 2015. Diversidad, dieta y dinámica poblacional de los murciélagos frugívoros en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Sánchez Aragón, L. 2016. Estructura y diversidad arbórea del Jardín Botánico Chepilme, Universidad del Mar. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Schupp, E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. Frugivory and seed dispersal. Pp. 15-29. *In*: Fleming, T.H. y A. Estrada (eds.), *Ecological and evolutionary aspects*, Springer, Holanda.
- Simmons, N.B., R.S. Voss y S.A. Mori. 2007. Bats as dispersers of plants in the lowland forests of Central French Guiana. *Atlas of seeds dispersed by bats in the Neotropics* (Lobova, T. A., S. A. Mori). The New York Botanical Garden.
- Snow, D.W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica*, 13 (1): 1-14.
- Sorensen, A.E. 1984. Nutrition, energy and passage time: experiments with fruit preference in European blackbirds (*Turdus merula*). *Journal of Animal Ecology* 53(2): 545-557.
- Sosa Cedillo, V.E. 2008. Programa Estratégico Forestal del Estado de Oaxaca. Gobierno del Estado, SEMARNAT, CONAFOR, Oaxaca, Mexico, 253 pp. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/187Programa%20Estrat%C3%A9gico%20Forestal%20del%20Estado%20de%20Oaxaca.pdf>.
- Stewart, W. N. y G. W. Rothwell. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. 2a ed., Cambridge University Press, 521 pp.
- Swift, B. y S. Bass. 2003. *Conservación privada en Latinoamérica: herramientas legales y modelos para el éxito*. México, Environmental Law Institute, Pronatura Asociación Civil. 173 pp.
- Trejo Pérez, J.L. 2007. Avifauna de un cacaotal en el municipio de Teapa, Tabasco, México. *Journal of Caribbean Ornithology* 20(1): 35-39.

- Trejo Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas* 39: 40-52.
- Ticó Valadéz, L. 2012. Uso de hábitat por murciélagos urbanos en la Ciudad de Durango, Durango. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Victoria de Durango, Durango, México.
- Thomas, D., D. Cloutier, M. Provencher y C. Houle. 1988. The shape of bird-and bat-generated seed shadows around a tropical fruiting tree *Biotropica* 20(4): 347-348.
- Tomlinson, P.B. y M. Zimmerman. 2010. *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, 696 pp.
- Valiente-Banuet, A., M.D.C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez y L. Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12(1): 103-119.
- Van der Pijl, L. 1972. *Principles of Dispersal in higher plants*. 2a ed. Springer Verlag, Nueva York, 125 pp.
- Van der Pijl, L. 2012. *Principles of dispersal in higher plants*. 3a ed., Springer, Berlin, 218 pp.
- Verdayanti, T.E. 2009. "Uji efektifitas jus buah kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap penurunan kadar glukosa darah pada tikus putis (*Rattus norvegicus*)". *Biology* 4: 22.
- Villalobos, I. 2000. Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. *Gaceta Ecológica* 54: 24-34.
- Villalobos Escalante, A., A. Buenrostro-Silva y G. Sánchez-de la Vega. 2014. Dieta de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* y su contribución a la dispersión de semillas en la costa de Oaxaca, México. *Therya* 5(1): 355-363.
- Wheelwright, N. T. 1985. Competition for dispersers, and the timing of flowering and fruiting in a guild of tropical trees. *Oikos*, 465-477.
- Wilms, J.J.A.M. y M. Kappelle. 2006. Frugivorous birds, habitat preference and seed dispersal in a fragmented Costa Rican montane oak forest landscape. Pp. 309-324 *In*: Kappelle, M. (ed.), *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests*, Springer, Berlin.

- Wilson, D.E. y M.D.A. Reeder (editors). 2005. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. 3ra ed., Johns Hopkins University Press, 142 pp. disponible en: <http://www.press.jhu.edu>.
- Wilson, M.F. y A. Traveset. 2000. The ecology of seed dispersal. Pp. 85-110. *In*: Fenner, M. (ed.), Seeds: The ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International, Wallingford.
- Zamora-Crescencio, P., C. Gutiérrez-Báez, W.J. Folan, M. Domínguez-Carrasco, P. Villegas, G. Cabrera-Mis y J.C. Carballo. 2012. La vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpemul, municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica* 33: 131-150.
- Zamora Delgado, J.L. 2008. Dispersión de semillas por aves y murciélagos frugívoros en claros naturales del bosque Montano en la estribación suroriental de los Andes del Ecuador. Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Cuarta edición. Prentice Hall, Nueva Jersey, 663 pp.

12. ANEXO 1. PLAN DE MANEJO PARA LA REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN EL JARDÍN BOTÁNICO CHEPILME DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR.

12.1. Introducción

La modificación del hábitat, causada por las actividades humanas es una de las principales problemáticas que actualmente afectan a las poblaciones de flora y fauna silvestre (Saura *et al.* 2011, Gallina Tessaro y López González 2015, Hernández y García 2018). Esta se ve reflejada en la destrucción y fragmentación de bosques con fines agrícolas, o para la construcción de zonas urbanas. Lo anterior genera la escasez de recursos y movimiento limitado para las especies, y por consecuencia la pérdida de biodiversidad (Turner 1996, Fahrig 2003). Estas porciones de tierra funcionan como parches de vegetación conservada que aumentan la riqueza de especies debido a que proveen refugio, reproducción y alimentación; además, favorecen la conectividad entre poblaciones al propiciar el flujo génico (Bennett y Wit 2001, Turner *et al.* 2001, Turner 2005).

Ante los efectos de la fragmentación y reducción de los ecosistemas una técnica muy utilizada es la restauración ecológica (Van Andel y Grootjans 2006). Para lograrlo, es fundamental la regeneración de la vegetación a través de la lluvia de diásporas originada por diversos agentes abióticos y bióticos. Dentro de los animales, las aves y murciélagos son los principales dispersores de diásporas, debido a que son los únicos vertebrados con vuelo verdadero capaces de recorrer grandes distancias en busca de frutos. Al ingerir los frutos con diásporas, defecarlos o regurgitarlos en zonas sin vegetación favorecen la regeneración natural de los bosques templados y las selvas tropicales (Fleming *et al.* 1987, Barrantes y Pereira 2002, Holl 2002, Wilms y Kappelle 2006, Figueroa-Esquivel *et al.* 2009). No obstante, este proceso se puede asistir para reducir los tiempos de recuperación natural de regeneración, al tomar en cuenta las características de las especies de las diásporas, y su estado sucesional, para colocarlas en lugares estratégicos y óptimos para incrementar su sobrevivencia.

Por otra parte, para disminuir los efectos de la perturbación, se han decretado espacios destinados para la conservación de la biodiversidad. Uno de estos son las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las cuales han enfrentado un gran número de problemas en su gestión y funcionamiento (Colmenero y Bravo 1996, Villalobos Escalante *et al.* 2000). Recientemente, se han sugerido otras alternativas como las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), las cuales están administradas por los propietarios de los ranchos, comunidades y ejidos (Swift y Bass 2003, CONANP 2014). Otra alternativa reciente son las Áreas Privadas de Conservación (APC), entre las que se incluyen los jardines botánicos, los cuales tienen como principal finalidad proteger la flora; además de impartir talleres sobre educación ambiental a distintas instituciones educativas para crear conciencia en la conservación de la biodiversidad. Últimamente, se está considerando a las especies animales asociadas a las plantas resguardadas en los jardines botánicos (Villalobos-Escalante *et al.* 2014, Juárez Velazco 2016, Madrid Espinosa 2018).

Toda área que favorezca la protección de la vida silvestre es importante; no obstante, es indispensable el diseño de planes de manejo específicos para cada lugar. Hasta el momento, los planes de manejo en México se han enfocado principalmente a especies que están bajo programas de conservación como las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) o en un Área Natural Protegida (ANP; Rojo Curiel *et al.* 2007, Gallina Tessaro *et al.* 2009). Específicamente, la Ley General de Vida Silvestre (decretada en 2010 y cuya última reforma fue publicada en 2015), en su artículo tercero, fracción XXXV, define al plan de manejo como: El documento técnico operativo de las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre, que describe y programa actividades para el manejo de especies silvestres particulares y sus hábitats y establece metas e indicadores de éxito en función del hábitat y las poblaciones. Dentro del marco legal, para la colecta de diásporas, es necesario contar con el permiso de colecta de germoplasma forestal para reforestación y forestación con fines de conservación o restauración SEMARNAT-02-004. Asimismo, la NOM-007-SEMARNAT-1997, establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos

y semillas, y la autorización de colecta de recursos biológicos forestales, Modalidad A - Con fines científicos SEMARNAT-03-058, el informe de resultados de colecta de recursos biológicos forestales SEMARNAT-03-049 y el aviso de colecta de recursos biológicos forestales con fines de utilización en investigación y/o biotecnología SEMARNAT-03-039.

Ante esta situación, este documento es una propuesta para favorecer la regeneración de la vegetación del Jardín Botánico Chepilme. Este plan de manejo consta de los siguientes apartados: objetivo, descripción del área, zonificación del sitio, así como planteamiento de estrategias a corto, mediano y largo plazo para la colecta, germinación de diásporas y siembra de plántulas. La propuesta está basada en los resultados del trabajo de campo.

12.2. Objetivo

Generar una propuesta de manejo para la regeneración de la vegetación del Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar, basado en las diásporas dispersadas por las aves y los murciélagos.

12.3. Descripción del área

El Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar está en el municipio de San Pedro Pochutla, a 3.5 km al noroeste de la cabecera municipal; tiene una superficie de 8.5 hectáreas (Juárez Velazco 2016). El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias de mayo a octubre y un periodo de sequía de noviembre a abril (García Amaro de Miranda 2003). La precipitación total anual varía de 800 a 2000 mm, con una canícula entre julio y agosto (García-Mendoza *et al.* 2004). La temperatura media anual varía de 22 a 28° C, con temperatura máxima anual mayor a 34° C y mínima de 15° C (Trejo Vázquez 1999). La temperatura promedio es de 28° C y oscila entre los 15 y los 42° C (Salas Morales *et al.* 2003). El jardín botánico se caracteriza porque tiene senderos para diversos usos: mantenimiento, recorridos para los visitantes y limpieza del área perimetral. El sendero utilizado por los visitantes inicia en la entrada principal (15.77050 N, -96.44772 W, 153 m snm); se dirige al norte, noreste y del este al oeste, respectivamente; recorre 730 metros de longitud, lo cual cubre una tercera parte del total de la superficie (Juárez Velazco 2016). En el sendero se han colocado tres paneles

informativos sobre la flora y fauna de la región. A lo largo del recorrido hay dos áreas de descanso: la primera con dirección norte, las bancas están hechas de piedra acomodada; en la segunda, con dirección sur, las bancas son de madera y fueron hechas por los mismos trabajadores. A 27 metros de la entrada, en dirección este se ubica un área al aire libre para actividades lúdicas, en la cual hay una mesa y bancas de madera, una lona que cubre la parte superior, algunos anaqueles, pizarrón y un lavamanos, donde se reúne el jefe del jardín botánico y los técnicos a trabajar en la identificación de flora del jardín; además, sirve como punto de reunión para los visitantes. Aquí se realizan diversas actividades para reforzar la información proporcionada en el recorrido, desde juegos hasta obras de teatro guiñol. Existe una segunda entrada al jardín botánico (15.77155 N, -96.44723 W, 161 msnm) utilizada solo por los trabajadores, se ubica al extremo norte a 132 metros de la entrada principal (Figura 5), a un costado está la bodega y un sanitario.

Por el jardín atraviesan dos ríos temporales: el primero pasa a 15 metros de la entrada principal, ubicada al oeste, atraviesa la malla perimetral del lado sur y tiene 285 m de longitud; el segundo río temporal tiene una longitud de 145 m, inicia del lado norte en y termina en dirección al sur. En el polígono se han construido tres bebederos circulares hechos con cemento y piedra, con una altura de 30 cm y un diámetro de 40 cm. El primero de ellos está a 157 metros de la entrada principal, el segundo a 144 metros, y el tercero a 134 metros en dirección sureste. En la parte sur del jardín están instalados dos invernaderos, donde se reproducen diversas especies vegetales y se mantiene una colección de orquídeas (Figura 5). El Jardín Botánico Chepilme no cuenta con el servicio de energía eléctrica y el agua es abastecida por un pozo. La vegetación está en proceso de regeneración, la cual es más evidente en la parte oriente del área; en el resto del polígono se han plantado especies nativas con fines educativos y ornamentales, predominan las especies caducifolias propias de las selvas secas de la región.

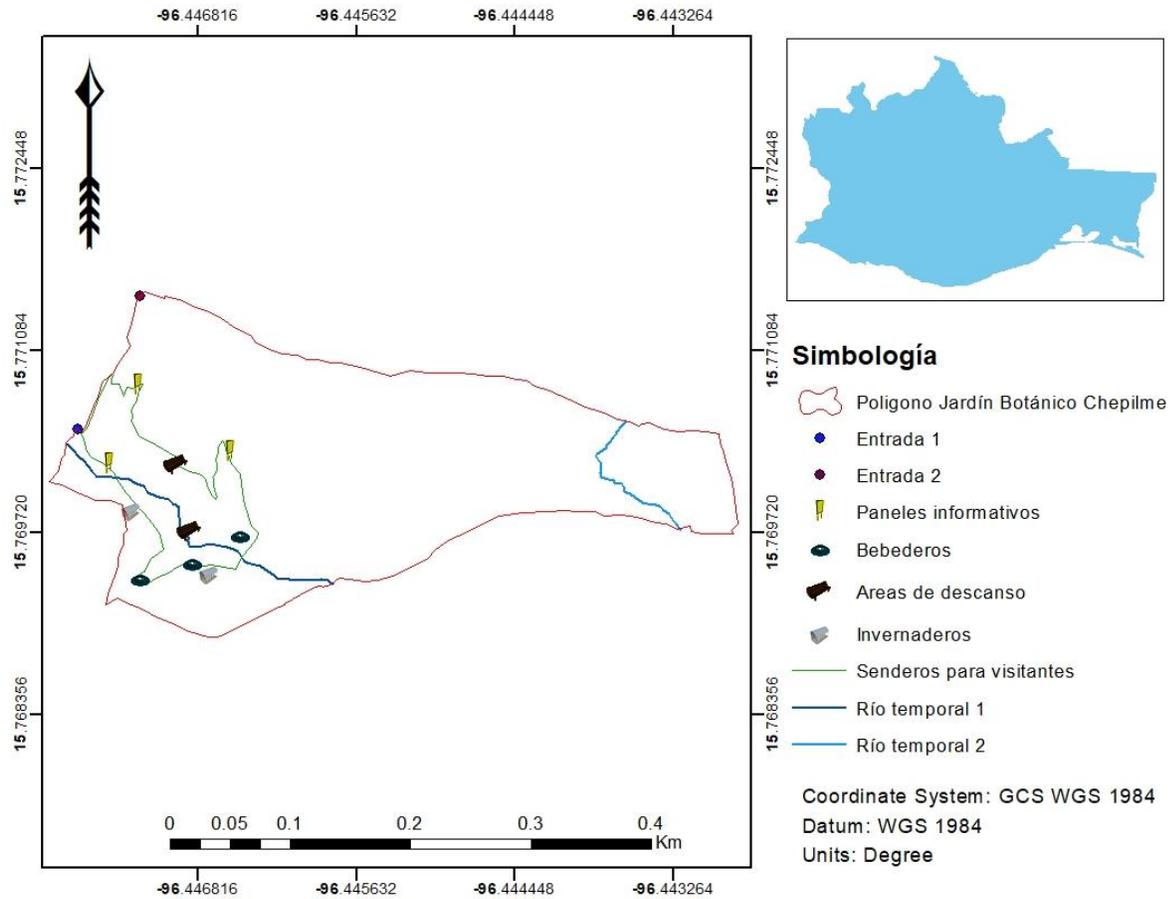


Figura 5. Puntos de referencia en el polígono del Jardín Botánico Chepilme.

12.4. Zonificación del jardín botánico

Debido a que Juárez Velasco (2016) realizó una propuesta de zonificación como parte del plan de manejo del Jardín Botánico Chepilme, tomando como base la diversidad de mamíferos medianos y grandes, y la evaluación de su hábitat, en este trabajo se retomará la propuesta de la autora, quien sugirió las siguientes cuatro zonas: a) zona de visitantes, b) zona de actividades cotidianas, c) zona de uso restringido, y d) zona de protección.

12.4.1. Zona de visitantes. Tiene una superficie de 27,032.06 m², es el área que incluye la entrada principal al jardín botánico, donde se reciben a los visitantes, se realizan las visitas guiadas y donde se efectúan todas las actividades didácticas y educativas relacionadas con el jardín botánico. En el sendero que es el recorrido de las visitas guiadas no se encuentran construcciones de gran tamaño que afecte el paisaje. Existen

dos áreas de descanso hechas de piedra acomodada y madera; además se encuentran tres bebederos en dirección sureste. Estos bebederos fueron colocados para proveer agua a los animales, pero se ha observado que también sirven como colectores de diásporas. Las coordenadas extremas del polígono son: 15.77010 N, -96.44793 W; 15.77098 N, -96.44743 W; 15.76932 N, -96.44590 W; 15.76985, -96.44606 (Figura 5). Las especies de plantas de esta zona son típicas de la selva baja caducifolia, tales como: *Cupania dentata* (huachal), *Tecoma stans* (tolasuche), *Rechia mexiaca* (corazón bonito), *Solanum hazenni* (chachalaco), *Phithecelobium dulce* (guamúchil), *Spondias purpurea* (ciruelo), *Coutarea latiflora* (quina) entre otras (Ruvalcaba Gómez comunicación personal).

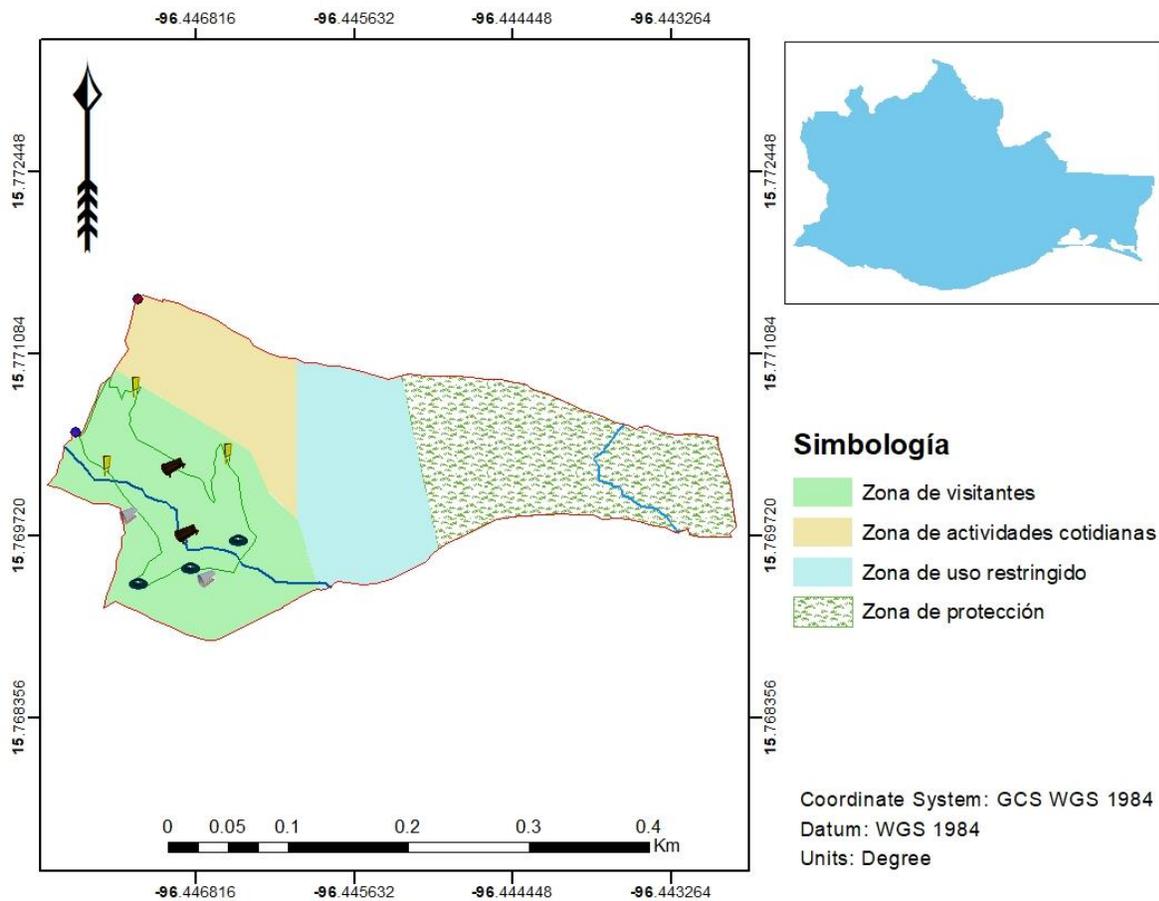


Figura 6. Zonificación del polígono del Jardín Botánico Chepilme.

12.4.2. Zona de actividades cotidianas. Tiene una superficie de 12,619.95 m², en esta zona se abrieron senderos que se utilizan para el mantenimiento del jardín botánico. Incluye una entrada adicional al jardín botánico, junto a la cual se construyó una bodega que sirve para el almacenamiento de material, muestras de la flora del lugar. En esta zona hay actividades humanas constantes por parte de los trabajadores para el acarreo de material, herramientas como parte de las actividades de mantenimiento de la zona de visitantes. Las coordenadas extremas del polígono son: 15.77097 N, -96.44743 W; 15.77152 N, -96.44721 W; 15.76985 N, -96.44606 W; 15.77104 N, -96.44607 W (Figura 6). Las especies de plantas de esta zona son: *Guapira petenensis* (palo de vaso), *Heliocarpus* sp. (cortalagua), *Opuntia dejecta* (nopal de campo), *Lehanea candida* (patastle), *Manihot oaxacana* (camote de monte), *Casiabela tevetioides* (calabera), *Piscidia carthagenesis* (pellejo de vieja), entre otras (Ruvalcaba Gómez comunicación personal).

12.4.3. Zona de uso restringido. Esta zona tiene una superficie de 16,938.29 m², es la zona central entre el área de visitantes y la de protección. El acceso a esta zona es limitado solo para los trabajadores del jardín botánico. Es el área de paso para realizar las actividades cotidianas relacionadas con el mantenimiento de las demás zonas tales como arreglo de la malla ciclónica, deshierbe de senderos y caminos perimetrales. Las coordenadas extremas del polígono son: 15.77104 N, -96.44606 W; 15.77091 N, -96.44529 W; 15.76962 N, -96.44500 W; 15.76932 N, -96.44590 W (Figura 6). En el lugar se encuentran especies leñosas de talla grande como: *Ceiba petandra* (ceiba), *Spondia mombin* (ciruelo), *Mutingia calabura* (capulín), *Celtis caudata* (palo de zorra), *Tabebuia rosea* (macuil arroyero), *Pseudo bombax ellipticum* (pelo de ángel), *Tabernamontana alba* (lechoso blanco), entre otras (Ruvalcaba Gómez comunicación personal).

12.4.4. Zona de protección. Tiene una superficie de 24757.52 m², es el área conocida como “el basurero” (Ruvalcaba Gómez comunicación personal). Es la zona que se encuentra más alejada de las actividades humanas. A pesar de haber sido un tiradero de basura hace 33 años, esta área es la más avanzada en el proceso de regeneración en la cual se procura que no haya perturbaciones. En dirección norte-sur atraviesa un río

temporal, por lo que es un lugar apto para aquellas especies de plantas que requieran más agua para su crecimiento y mantenimiento como las del género *Ficus*. Las coordenadas extremas del polígono son: 15.77091 N, -96.44528 W; 15.77046 N, -96.44291 W; 15.76962 N, -96.4450 W; 15.76978 N, -96.44277 W (Figura 6). Durante 2007 y 2008 se plantaron asociadas a la vegetación secundaria de crecimiento rápido, tales como: *Guazuma ulmifolia* (caulote), *Cochlospermum vitifolium* (cojón de caballo), *Gliricidia sepium* (cacahuanano), *Acacia cochliacantha* (huizache), *Bursera simaruba* (palo mulato) y *Luehea candida* (patastle), con la finalidad de regenerar la zona en cuatro o cinco años; no obstante, hasta el día de hoy el lugar se encuentra en un proceso intermedio de regeneración (Ruvalcaba Gómez comunicación personal). Además, en esta zona se encuentran otras especies leñosas como: *Xilosma intermedioum* (malacate), *Vitex hemleyi* (azulillo), *Homalium senarioum* (palo de piedra), *Senna automaria* (vainillo), *Cordia allidora* (hormiguero), *Solanum hanzenii* (chachalaco), *Cestrum dometorum* (botón chihuite), entre otras (Ruvalcaba Gómez comunicación personal).

12.5 Recomendaciones. Para continuar con el proceso de regeneración se proponen las siguientes sugerencias.

a) Se propone colocar 20 colectores de diásporas de manera permanente: cinco colectores en cada zona y revisarlos cada dos semanas. Se recomienda que los colectores sean de tela Tergal Stretch de color hueso; esta tela es muy permeable, lo que permite que no se echen a perder las diásporas depositadas en el colector por acumulación de agua. Las mantas deben tener 2 m largo por 1.5 m de ancho para su mejor manejo y no interferir con la vegetación; deben sujetarse de sus extremos a cuatro postes de aluminio, varillas, postes de madera o a un árbol. Es preferible que las mantas se coloquen a 1 m de altura del piso, para evitar la depredación de las diásporas; y que los colectores se instalen en lugares donde el dosel no esté muy cerrado porque las hojas de los árboles bloquean la caída del excremento de las aves y los murciélagos en las mantas. Dado que no hubo similitud entre las diásporas colectadas entre la época seca y de lluvias, se recomienda colocar los colectores en la época seca del año y

complementar la colecta de diásporas con la revisión de los bebederos (inciso c) y colecta de excretas de otros vertebrados (inciso e) en la época de lluvias.

b) Los colectores de diásporas pueden servir como material didáctico y de aprendizaje durante las visitas guiadas. Se puede explicar la función y propósito de los colectores a los visitantes.

c) En la zona de visitantes existen tres bebederos que proporcionan agua a diferentes animales. Las aves son las que defecan en los bebederos por lo que se recomienda monitorearlos una vez por semana, tanto en la época seca y de lluvias, para coleccionar las diásporas que caigan dentro. Para extraer las diásporas de los bebederos, se puede utilizar un recipiente de madera o de plástico; posteriormente, para separar las diásporas de otros materiales se usa un tamiz. Dado que el recurso agua es muy importante para la fauna, se recomienda ampliar el número de bebederos: dos por cada una de las otras tres zonas. Esto aumentará la posibilidad de que más vertebrados frugívoros puedan entrar al jardín botánico y dispersen diásporas.

d) Generar una colección de diásporas como referencia. De las diásporas destinadas para la colección, 90% se almacenarán en el Jardín Botánico Chepilme y 10% se donarán al Laboratorio de Semillas de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. Debido a que la mayor parte de las diásporas de plantas tropicales son recalcitrantes (Chin y Roberts 1980), es decir, son sensibles a la deshidratación porque pierden viabilidad, se recomienda que no se conserven con altos niveles de humedad porque tienden a germinar en poco tiempo. Además, no deben mantenerse a temperaturas inferiores a 0° C porque se ha reportado que tienen problemas de contaminación microbiana (Berjak *et al.* 1993), por lo que se conservan habitualmente en colecciones de campo y no en condiciones *ex situ* (Marzalina y Krishnapillay 1999, Ruvalcaba Gómez comunicación personal).

e) Realizar recorridos en las épocas sequía y lluvias para buscar excretas de otros vertebrados frugívoros como: zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), mapache (*Procyon*

loto), tlacuache (*Didelphis virginiana*) para coleccionar otras especies de diásporas. Estas especies de mamíferos medianos ya han sido registradas en el Jardín Botánico Chepilme por Juárez Velasco (2016).

f) Dado que en la zona de protección es donde se pretende contribuir al proceso de regeneración de la vegetación, se recomienda que el acceso al área sea exclusivamente con fines relacionados a las actividades de mantenimiento por parte de los trabajadores del jardín botánico. Por otro lado, se recomienda que no se permita: hacer fogatas, acampar, cortar la vegetación a menos que sea con fines de colecta científica.

12.6. Metas. Antes de implementar el plan de regeneración, se recomienda realizar una caracterización de los tipos de plantas que están en la zona de protección, el estado sucesional de cada planta (persistente, pionera, ruderal, primaria, secundaria) y la forma de vida (árbol, arbusto, hierba, epífita, parásita), con la finalidad de tener la información de las condiciones en que se encuentra el área. Además, se recomiendan las siguientes actividades en el corto, mediano y largo plazo:

12.6.1. Corto plazo (1 año)

- Colecta de diásporas con los colectores hechos de tela.
- Búsqueda de diásporas en bebederos.
- Recorridos en busca de diásporas en excretas dejadas por otros vertebrados.
- Caracterización de las plantas de la zona de protección para determinar en qué estado de regeneración se encuentra el sitio.
- Germinación de plántulas.
- Impartir pláticas de educación ambiental, sobre el tema de dispersión de diásporas por aves y murciélagos y como estos pueden revertir el proceso de degradación de bosques y selvas.

12.6.2. Mediano plazo (3 años)

- Cuidado de plántulas.

- Trasplante de plántulas en la zona de protección.
- Tener al menos 80% de éxito de germinación de diásporas colectadas y de sobrevivencia de plántulas.

12.6.3. Largo plazo (10 años)

- Evaluación del plan de manejo para realizar las modificaciones pertinentes.
- Monitoreo constante en la zona de protección para documentar y evaluar el avance de la regeneración de la vegetación.

12.7. Indicadores de éxito. Se propone la evaluación del plan en el corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a los siguientes indicadores:

- Continuación con el monitoreo del proceso de regeneración en la zona de uso restringido.
- Continuación con la colecta de diásporas.
- Mayor cobertura vegetal, más especies arbóreas de vegetación secundaria en la zona protección.

12.8. Referencias bibliográficas

- Barrantes, G. y A. Pereira. 2002. Seed dissemination by frugivorous birds from forest fragments to adjacent pastures on the western slope of Volcán Barva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 50(2): 569-575.
- Berjak, P., C.W. Vertucci y N.M. Pammenter. 1993. Effects of developmental status and dehydration rate on characteristics of water and desiccation-sensitivity in recalcitrant seeds of *Camelia sinensis*. *Seed Science Research* 3:155-166.
- Bennett, G. y P. Wit. 2001. The development and application of ecological networks: A Review of Proposals, Plans and Programmes, AID Environment, Amsterdam.
- Chin, H.F. y E.H. Roberts. 1980. *Recalcitrant Crop Seeds*. Tropical Press, Kuala Lumpur, Malasia, 152 pp.
- CONANP. 2014. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas México 2014-2018. 152 pp.

- Colmenero, L.C. y E. Bravo. 1996. Problemática sociocultural de las áreas naturales protegidas en México. *Revista Iztapalapa* 40: 141-162.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34:487-515.
- Figueroa-Esquivel, E., F. Puebla-Olivares, H. Godínez-Álvarez y J. Núñez-Farfán. 2009. Seed dispersal effectiveness by understory birds on *Dendropanax arboreus* in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* 18(13): 3357-3365.
- Fleming, T.H., R. Breitwisch y G.H. Whitesides. 1987. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18(1): 91-109.
- Gallina Tessaro, S. y C. López González .2015. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología AC, México, 390 pp.
- Gallina-Tessaro, S., A. Hernández-Huerta, C.A. Delfín-Alfonso y A. González-Gallina. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación ambiental Ciencia y política pública* 1(2).
- García Amaro de Miranda, E. 2003. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas* 50: 67-76.
- García-Mendoza, A. J., M. D. J. Ordoñez Díaz y M. Briones-Salas. (eds.). 2004. Biodiversidad de Oaxaca. UNAM, México, 605 pp.
- Holl, K.D. 2002. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology* 90(1): 179-187.
- Hernández, M.M. y V.D. García. 2018. Visiones del hábitat en América Latina: Participación, autogestión, habitabilidad. Reverte. Barcelona, 231 pp.
- Juárez Velasco, I.N. 2016. Diversidad de mamíferos medianos y grandes y evaluación de su hábitat para una propuesta de manejo en el Jardín Botánico "Chepilme" de la Universidad del Mar. Tesis de Maestría, Universidad de Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Madrid Espinosa, K. 2018. Diversidad de mamíferos medianos y grandes, y evaluación de su hábitat en el Jardín Botánico Puerto Escondido de la Universidad del Mar

- Planicie Costera del Pacífico, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Marzalina, M. y B. Krishnapillay. 1999. Recalcitrant seed biotechnology applications to rain forest conservation. Pp: 265-276. *In*: Benson, E. (ed.), Plant Conservation Biotechnology. Taylor & Francis, Londres.
- Rojo-Curiel, A., J.L. Cruz, G. Solano y R. Hernández. 2007. Plan de manejo tipo de venado cola blanca en zonas templadas y tropicales en México. DGVS, SEMARNAT, México. D.F.
- Saura, S., C. Estreguilb, C. Moutonb y M. Rodríguez-Freireb. 2011. Network analysis to assess landscape connectivity trends: Application to European forests (1990-2000). *Ecological Indicators* 11: 407-416.
- Salas Morales, H.S., A.S Vásquez y L. Schibli. 2003. Flora de la costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (72): 21-58.
- Swift, B. y S. Bass. 2003. Conservación privada en Latinoamérica: herramientas legales y modelos para el éxito. México, Environmental Law Institute, Pronatura, A.C. 173 pp.
- Trejo Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas* (39): 40-52.
- Turner, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33:200-205.
- Turner, M. 2005. "Landscape Ecology. What is the state of the science?" *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36: 319-344.
- Turner, M.G., R. Gardner y R. O'Neill. 2001. Landscape ecology in theory and practice. Pattern and process. Springer. New York, 406 pp.
- Van Andel, J., y A. P. Grootjans. 2006. Pp. 16-28. Concepts in ecological restoration. *In*: John W. (eds.), Restoration ecology. Blackwell Publishing Oxford. Londres.
- Villalobos Escalante, A., A. Buenrostro-Silva y G. Sánchez-de la Vega .2014. Dieta de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* y su contribución a la dispersión de semillas en la costa de Oaxaca, México. *Therya* 5(1): 355-363.
- Wilms, J.J.A.M. y M. Kappelle. 2006. Frugivorous birds, habitat preference and seed dispersal in a fragmented Costa Rican montane oak forest landscape. Pp. 309-324.

In: Kappelle, M. (ed.), Ecology and conservation of neotropical montane oak forests, Springer, Berlin.