

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## TESIS

Diversidad y composición arbórea de  
la lluvia de semillas en la selva  
mediana subperennifolia de la  
Reserva El Zapotal, Chiapas

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

**PERLA GUADALUPE ARÉVALO CRUZ**

Director

Dr. Miguel Ángel Pérez Farrera

Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH

Asesor

Dr. Sergio López Mendoza

Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH





**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
**SECRETARÍA GENERAL**  
**DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR**  
**AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;  
Fecha: 22 de mayo de 2023

C. Perla Guadalupe Arévalo Cruz

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Diversidad y composición arbórea de la lluvia de semillas en la selva mediana subperennifolia

de la Reserva El Zapotal, Chiapas

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Dr. Óscar Farrera Sarmiento

M. en C. Manuel Martínez Meléndez

Dr. Miguel Ángel Pérez Farrera

**Firmas:**

[Firma]  
[Firma]  
[Firma]

Cop. Expediente

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por el regalo de la vida, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi camino, ayudando a formar la persona que ahora soy y dándome la fortaleza para seguir adelante.

A mi director de tesis, el Dr. Miguel Ángel Pérez Farrera, por todas las horas dedicadas a esta investigación, por su paciencia, dedicación y sobre todo comprensión. Gracias por sus palabras y correcciones precisas que ayudaron a enriquecer este trabajo.

Al Dr. Sergio López Mendoza por su asesoramiento, por guiarme durante la elaboración de esta tesis y por sus valiosos conocimientos científicos aportados.

Al Dr. Oscar Farrera Sarmiento y al Mtro. Manuel Martínez Meléndez por las acertadas observaciones y su valiosa asesoría al documento final para la elaboración de esta tesis.

Al personal del Zoológico Miguel Álvarez del Toro, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, al Biol. Carlos Alberto Guichard Romero por su apreciable apoyo, de igual forma a los guarda bosques de la Reserva, por su acompañamiento y conocimientos compartidos.

Al valioso personal del Herbario Eizi Matuda, Anahí García y Héctor Gómez por darme un agradable espacio de trabajo durante la investigación y también por las apreciables orientaciones bibliográficas.

A mi cuñado Kevin Sánchez y a mi hermana Ana Arévalo por ayudarme en la elaboración de las trampas de semillas y por las noches de desvelo. También a mi prima Brenda Arévalo por apoyarme a contabilizar las semillas y por ser mi compañera en campo.

A mis amigos del alma y compañeros de generación, Daniela Ocaña, Gloria Jiménez, Lucero García, Anahí Ruiz, Roni Gómez, Joaquín Blas, por apoyarme en todo el proceso de la elaboración de este este trabajo, la ayuda en

campo y por siempre animarme a seguir adelante, por los años universitarios que compartimos y por la amistad tan valiosa que tengo de ustedes.

A todas las personas que de alguna forma contribuyeron a realización de este trabajo, los llevo en mi corazón, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

A mi madre adorada Maribel Arévalo Cruz por su inmenso amor y motivación en todo momento, por ser también mi inspiración y mi refugio en este largo viaje académico.

Con mucho cariño a mis abuelos Alfonso Arévalo Sánchez y Catalina Cruz Patricio, por sus sabios consejos a lo largo de mi vida, su cariño y sobre todo por su apoyo incondicional, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mi querida hermana Ana Lizeth Arévalo Cruz por su apoyo de principio a fin y por motivar siempre mis sueños. Sin duda mi mejor ejemplo de esfuerzo y dedicación.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Bosque tropical	5
2.2 Regeneración natural	6
2.3. Lluvia de semillas	9
2.4 Banco de semillas	10
2.5. Dispersión de semillas	12
2.6. Mecanismos de dispersión de las semillas	12
2. 6. 1. Anemocoria	12
2. 6. 2. Ectozoocoria	12
2. 6. 3. Endozoocoria	13
2. 6. 4. Barocoria	13
2. 6. 5. Hidrocoria	13
2. 5. 7. Autocoria	13
III. ANTECEDENTES	14
IV. OBJETIVOS	16
4. 1. General	16
4. 2. Específicos	16
V. ZONA DE ESTUDIO	17
5. 1. Clima	18
5. 2. Geología	18
5. 3. Edafología	18
5. 4. Vegetación	19
5. 4. Fauna	20
VI. MÉTODO	22
6. 1. Trabajo de campo	22
6. 2. Trabajo de gabinete	23
6. 3. Análisis de los datos	23
VII. RESULTADOS	26

VIII. DISCUSIÓN	39
IX. CONCLUSIÓN	43
X. RECOMENDACIONES	44
XI. LITERATURA CITADA	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes índices de diversidad para los meses correspondientes a febrero, marzo, abril (época de seca) y agosto, septiembre y octubre (época de lluvia). En negrita se presentan los valores más altos. ....	31
Tabla 2. Prueba estadística de T-Student. En cada celda primero está el valor de T separado por (;) y luego el valor de grados de libertad. Los asteriscos representan la significancia estadística (ns = no significativo, * < 0.05, **<0.005, ***< 0.001). Arriba de cada segmento en negro están los valores de T para el índice de diversidad de Simpson; debajo de cada segmento en negro están los valores de T para el índice de diversidad de Shannon.....	33
Tabla 3. Debajo de la diagonal están los valores de Mann-Whitney-U y arriba de la diagonal están los valores de p. *son los valores de p que fueron estadísticamente significativos. ....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación geográfica del Parque ecológico y recreativo El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México (Tomado de Palacios <i>et al.</i> , 2016).....	21
Figura 2. Área de muestreo de las trampas de semillas instaladas en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ....	22
Figura 3. Abundancia de semillas por especies colectadas en temporada de lluvia y seca en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	27
Figura 4. Abundancia de semillas colectadas por mes en la temporada de lluvia y seca en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ....	28

Figura 5. Riqueza de especies colectadas por mes en la temporada de lluvia y seca en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez Chiapas. ....	30
Figura 6. Diversidad utilizando el índice área bajo la curva para los muestreos de semillas de la época de seca y lluviosa, correspondientes a los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre en un fragmento de la selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En donde comunidad 1 es febrero, la comunidad 2 es marzo, la comunidad 3 es abril, la comunidad 4 corresponde a agosto, la comunidad 5 a septiembre y la comunidad 6 a octubre.....	32
Figura 7. Prueba de Kruskal- Wallis para el análisis de la época de seca y lluviosa correspondiente a los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre respectivamente en un fragmento de la Reserva el Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas....	34
Figura 8. Prueba de Mann-Whitney-U en cuanto a la abundancia para las dos épocas del año (lluvia y seca) en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	35
Figura 9. Curvas de rarefacción o acumulación de especies entre número de especies acumulado y el esfuerzo de muestreo empleado para la época de seca y lluviosa, correspondientes a los meses de febrero, marzo, abril, agosto septiembre y octubre en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ....	37
Figura 10. Índice de similitud de Bray-curtis para el análisis de la época de seca y lluviosa correspondiente a los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre respectivamente en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	38



## RESUMEN

A pesar de la biodiversidad de las selvas estos son uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, atribuidos principalmente al cambio de uso de suelo forestal y la actividad antropogénica entre otros. Es por ello que, en las últimas décadas se ha puesto especial atención en el análisis de la regeneración en las selvas tropicales del planeta, esto mediante la regeneración de especies arbóreas la cual es influenciada directamente por la lluvia de semillas. Con el objetivo de conocer la composición, diversidad y comparar la lluvia de semillas, entre la estación seca y la estación lluviosa de la selva mediana subperennifolia se evaluó la estacionalidad de la lluvia de semillas en la Reserva el Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Para ello se colocaron 50 trampas de recolección distribuidas aleatoriamente de 50 x 50 cm. La recolección se realizó durante 6 meses que corresponden a la época de seca y a la época de lluvia. Se contabilizaron un total de 5,551 semillas durante los seis meses de recolección. Se encontraron 31 especies pertenecientes a 28 géneros y a 20 familias. Las especies con mayor número de semillas para los seis meses, fue *Cedrela odorata* con 2650, *Alvaradoa amorphoides* con 1790, *Brosimum alicastrum* con 317 y *Bursera simaruba* con un total de 280 semillas. Los valores de diversidad de acuerdo al índice del área bajo la curva más altos se presentaron para el mes de abril coincidiendo con la época de seca. Existe variación temporal en la lluvia de semilla para “La Reserva El Zapotal” las cuales se ven determinadas por la fenología y fructificación de cada especie, además de las condiciones en las que se encuentre el lugar de estudio. La época de seca mostró los valores más altos en la fluctuación de semillas, concordando con el mes de abril tanto para riqueza, abundancia y diversidad.

**Palabras claves:** *Cedrela Odorata*, dispersión, estacionalidad y regeneración natural.

## I. INTRODUCCIÓN

La ocupación de las selvas en el mundo es de 1 172 millones de hectáreas la cual corresponde al 7% de la superficie terrestre (Dirzo *et al.*, 2009) considerado como uno los ecosistemas más ricos, diversos y complejos de la tierra, en la que se albergan más de la mitad de las especies del planeta (Sánchez *et al.*, 2017).

Las selvas son formaciones naturales compuestas de un mosaico de parches de formas y tamaños heterogéneos encontrándose en distintas fases de regeneración natural (Godínez y López, 2002). La selva alta o mediana subperennifolia se caracterizan porque algunos árboles que la forman (alrededor de 25-50%) pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca. Este tipo de selvas está cubierto por áreas extensas con clima cálido (temperatura media anual superior a 20 °C y subhúmedo) precipitación anual media poco superior a 1 200 mm con algunas lluvias en la temporada seca que es más marcada que en las zonas de selva perennifolia. Las especies arbóreas dominantes de esta comunidad vegetal son: el zapote o chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen), olivo negro (*Bucida buceras* L.), Bojón (*Cordia allidora* R. & P. Oken), mojú (*Brosimum alicastrum* Sw.), etc. Estos árboles se desarrollan generalmente sobre suelos de caliza pulverulenta en regiones poco habitadas y cultivadas, explotándose sobre todo productos forestales como caoba *Swietenia macrophylla* G. King y *Manilkara zapota* (L.) P. Royen (Miranda y Hernández, 1963).

En México, la Selva Mediana Subperenifolia (SMS) se distribuye a lo largo de la vertiente del golfo de México, desde la porción sureste de San Luis Potosí y el norte de Veracruz, hasta los estados de Campeche, Quintana Roo y Tabasco, además, comprende porciones del norte de Oaxaca y Chiapas por la vertiente del océano Pacífico (Granados *et al.*, 2017).

Además, en México se estima que para este tipo de vegetación existen 17,792, 279 ha, (SEMARNAT, 2002) y para el inventario forestal más reciente (CONAFOR, 2009) reporta 14, 062, 206.58 ha, evidenciando la pérdida de este tipo de selva. Las diferencias antes mencionadas en cuanto a la superficie, son atribuidas principalmente al cambio de uso de suelo forestal (Juárez *et al.*, 2016),

del mismo modo, la actividad antropogénica ha tenido un papel fundamental ante estos cambios, lo que lleva a la extracción de madera, caza, cambio atmosférico, urbanización y vías de comunicación, además de eventos naturales tales como huracanes, incendios, plagas, enfermedades y sequías, teniendo un especial incremento y acentuación en este último (Juárez *et al.*, 2016; Sánchez *et al.*, 2017). A pesar de la gran biodiversidad de las selvas, son los ecosistemas más amenazados (Achard *et al.*, 2002).

Es por ello que en las últimas décadas se ha puesto especial atención en el análisis de la regeneración en las selvas tropicales del planeta, esto por la alarmante disminución de la superficie que ocupan y por el enorme reservorio de diversidad biológica que representan estos ecosistemas (Granados *et al.*, 2017).

Aunado a lo anterior la regeneración natural es un mecanismo de recuperación que los ecosistemas presentan, luego de que éstos han sufrido algún tipo de alteración en su dinámica. Dicho proceso varía de un ecosistema a otro, según las características estructurales y funcionales que éstos posean (Sánchez *et al.*, 2011). La regeneración de especies arbóreas es influenciada directamente por la lluvia de semillas (caída libre) y por la dispersión de semillas por vertebrados y el viento (Orozco y Montaguini, 2007).

Además la lluvia de semillas es el flujo de diásporas (frutos y/o semillas) desde la planta progenitora hasta un sitio en el que logren germinar, por medio de agentes y síndromes de dispersión, uniendo el fin del ciclo reproductivo de los individuos con el establecimiento de su prole, es la fuente principal de propágulos para formar un banco de semillas en el suelo, que es un almacén o agregado de semillas viables que potencialmente son capaces de germinar y establecerse en la vegetación en pie (Cano *et al.*, 2012 ; Calderón *et al.*, 2009).

La lluvia de semillas se encuentra constituida por el conjunto de propágulos de las especies vegetales que son dispersadas por los diferentes síndromes de dispersión, ya sean físicos o biológicos, tanto de especies locales como las que están siendo reproducidas fuera del sitio (Bonilla, 2016) y se encuentra determinada por la producción estacional de frutos de dichas especies, dependiendo

directamente de la dispersión de los propágulos y por ende de la capacidad de desplazamiento de los agentes dispersores involucrados, sin embargo, los patrones de establecimiento de la lluvia de semillas y la distribución de las plantas se pueden ver modificados por la fragmentación del área (Cousens *et al.*, 2008).

La lluvia de semillas es la principal fuente de propágulos que forma el banco de semillas del suelo, semillas que potencialmente serán capaces de germinar y establecerse junto con la vegetación en pie, y que, con el tiempo, los bosques en regeneración pueden llegar a ser estructural y florísticamente similares a los bosques originales, o llegar a conformar una vegetación totalmente diferente a ésta (Bonilla, 2016).

La regeneración natural es determinante en la conservación de un ecosistema y su estudio es básico para entender el reemplazo de especies en una comunidad. Una fuente esencial para la regeneración natural es la entrada de propágulos a través de la lluvia de semillas (Martínez *et al.*, 2013).

Con ello se pueden entender los efectos en la estructura y sucesión de la vegetación, por lo que su evaluación es relevante. Por otro lado, las limitaciones básicas en la incorporación de nuevos individuos a una comunidad vegetal son la disponibilidad de semillas o propágulos y la disponibilidad de sitios adecuados, seguros para el establecimiento de las semillas (Godínez *et al.*, 2017).

Con el objetivo de investigar la diversidad de semillas de la vegetación, durante la época de lluvia y secas para la de conservación la Reserva El Zapotal, en esta investigación se pretende que, mediante la evaluación de la lluvia de semillas aportar conocimientos sobre los patrones de diversidad existentes en esta reserva natural. Al conocer la dinámica temporal de la lluvia y su asociación con la vegetación, se proporcionará información sobre el estado de conservación del bosque además de la dinámica referente a la regeneración natural.

Las selvas en México y en el caso particular de la Reserva Ecológica El Zapotal, Presentan problemáticas de conservación a causa de los constantes disturbios generados por la actividad antropogénica y/o eventos naturales, así como la repoblación de animales herbívoros, los cuales no permiten o limitan la

recuperación del bosque, alterando así la regeneración ecológica y provocando el envejecimiento del bosque. Es por ello que es necesario conocer cómo se da el flujo de semillas en este tipo selvas, ya que las alteraciones también pueden provocar modificaciones en la estructura de la vegetación y sucesión de los remanentes de selvas, afectando así a la regeneración natural. De la lluvia de semillas dependerá, la distribución de las poblaciones de plantas futuras, por lo cual resulta importante su estudio y seguimiento.

Con este trabajo se pretende tener un mejor conocimiento de la flora característica de la región y así proponer mejores planes de manejo para la regeneración y conservación de estos. Por lo tanto, es importante conocer cuál es la composición y diversidad de las especies provenientes de la lluvia de semillas y conocer además si la lluvia de semilla se encuentra determinada por la variación temporal de la selva mediana subperennifolia y si existen diferencias entre dichas temporalidades.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bosque tropical

La zona intertropical alberga la mayor biodiversidad del mundo para casi todos los grupos de organismos, y contribuye de forma muy importante a la riqueza biológica del planeta (Ibarra y Cornejo 2010; Koleff., *et al* 2012).

Dependiendo de la disponibilidad de agua, los bosques tropicales se agrupan en húmedos Bosque Tropicales Húmedos (BTH) y Bosque Tropicales (BTS), los cuales difieren en su estructura, fisonomía y funcionamiento (Koleff, *et al.*, 2012).

Los BTH albergan más de la mitad de las especies del planeta, y se encuentran entre las comunidades terrestres más antiguas, exuberantes y de mayor complejidad ecológica, con varios cientos de especies de plantas por hectárea (Ibídem). En México, los BTH albergan más de 5,000 especies de plantas, lo que constituye aproximadamente 17% del total de la flora del país, muchas de sus especies vegetales requieren de sombra y humedad para establecerse y sobrevivir, por lo que son particularmente sensibles a la apertura o pérdida de dosel (Koleff, *et al.*, 2012; CONANP, 2017).

México es poseedor de 31 millones de hectáreas de este tipo de bosques, las cuales se distribuyen casi exclusivamente en la vertiente del Atlántico, desde el sur de San Luis Potosí a lo largo de Veracruz hasta Tabasco y en el sur de la Península de Yucatán. Además, se encuentra en una angosta franja de la vertiente pacífica de la Sierra Madre de Chiapas, así como áreas de menor tamaño en las faldas bajas de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Guerrero, por lo general en terrenos por debajo de los 1 200 m sobre el nivel del mar (CONANP, 2017).

Por otro lado, México presenta una gran heterogeneidad en cuanto a los meses de sequía y la cantidad de lluvia, lo que contribuye a que los BTS, tengan un alto recambio de especies vegetales entre comunidades (Koleff, *et al.*, 2012).

Los bosques tropicales tienen una gran importancia ya que equilibran la ecología, proporcionan diversos servicios ambientales a la sociedad, es decir, producen oxígeno, permiten que el agua de lluvia se filtre al subsuelo y se recarguen los mantos acuíferos, mantienen los suelos fértiles al producir materia orgánica, son el hogar de diversos animales, nos proporcionan madera y materias primas para fabricar medicamentos, resinas, entre otros productos (CONANP, 2017).

Actualmente presentan un deterioro debido a diversos factores como la deforestación, la tala ilegal, las presiones económicas y el crecimiento de la población que están intensificando el uso de la tierra que, anteriormente, era sustentable, pero ahora alcanza niveles no sostenibles y destructivos, motivando la explotación forestal desmedida e impulsando la conversión en gran escala, de las tierras forestales a la agricultura y la ganadería (Koleff *et al.*, 2012).

## **2.2 Regeneración natural**

La regeneración natural es un proceso ecológico cíclico que depende de factores bióticos y abióticos específicos así como de las intervenciones antrópicas que se realicen (Muñoz, 2017) constituye además la base para la renovación y la continuidad de las especies, esto la convierte en uno de los procesos más importantes en el ciclo de vida de las plantas (Norden, 2014; Godínez *et al.*, 2016) ya que favorece la sucesión vegetal, a través de la cual un área transformada puede recuperar su estructura y composición florística, al menos parcialmente (Cancino, 1999; García *et al.*, 2020).

Los factores que influyen en la regeneración natural de la dinámica del bosque, no están afectados únicamente por los fenómenos naturales como inundaciones, deslizamientos, incendios; sino también son regulados constantemente por factores de diversos tipos como son: los factores climáticos (temperatura, precipitación, luz solar y duración del día, la humedad y el viento), factores bióticos (la competencia entre especies, fauna y los parásitos vegetales), factores edáficos (La roca madre, el suelo, pH, textura, estructura, nutrientes, materia orgánica), la topografía, el drenaje y el grado de erosión). Estos ejercen un

fuerte control sobre la fisiología y la reproducción, lo cual se refleja en la estructura del ecosistema (Cancino, 1999).

Por su parte, dicho proceso sucede en varias fases como: producción y dispersión de semillas, germinación y establecimiento de las plántulas, cada una de estas fases representa un filtro ecológico muy importante, pues los estadios más tempranos son los más vulnerables a riesgos de origen ambiental y biótico. Con ello, el resultado final de esta serie de filtros determinará la distribución espacial de los propágulos, que a su vez refleja la distribución potencial de los árboles (Norden, 2014).

Bonilla (2016) define regeneración natural como el proceso que actúa como un mecanismo de recuperación de los ecosistemas, éste se da a través de un proceso conocido como sucesión, el cual es diferente y variable según el tipo de ecosistema. Esta puede ser sin intervención directa o indirecta del hombre (Serrana, 2003). De igual forma para los sistemas boscosos, el término regeneración puede asignarse a un proceso natural de recambio de árboles, entendiéndose como, el reemplazamiento de un conjunto de árboles, que han llegado a su etapa madura, considerando una unidad de espacio y tiempo definidos (Martínez, 1994).

Se presentan dos componentes del proceso: el primero se refiere a la caída natural de los árboles maduros, los cuales constituyen el dosel del bosque, y el segundo, referido al reclutamiento de árboles que reemplazan a aquellos que van dejando lugares disponibles (Martínez, 1994).

En el proceso de regeneración natural intervienen varios componentes de la comunidad que se encuentran interrelacionados, cada componente es un subconjunto de la comunidad conformado por individuos que comparten el mismo estadio de vida, por un lado, los árboles maduros dan lugar a una lluvia de semillas, parte de la cual se integra a un banco de semillas en los sitios cerrados de la selva y otra parte cae directamente en los claros, asimismo, se desprenden ramas grandes o caen individuos completos de la comunidad de árboles maduros, estas



caídas dan lugar a los claros del bosque este es el primer proceso de la regeneración natural (Vazquez,1992; Martínez, 1994; Martínez y García, 2007)

El proceso de regeneración natural que se presenta en áreas abiertas o claros, ya sea generados por la caída de árboles o por algún tipo de disturbio antropogénico, facilitan la entrada de luz directa hasta el suelo, lo que permite que diferentes formas de vida aprovechen los recursos que no estaban disponibles antes del disturbio (Zuluaga, 2010; Alegría *et al.*, 2016).

Los claros formados en los bosques son una de las formas de disturbio que mantienen en los bosques tropicales una alta diversidad a través de hábitats con mucha luminosidad, en donde se dispone de nichos para regeneración de varias especies intolerantes a la sombra y para especies intermedias que pueden alcanzar ahí su madurez (Bonilla, 2016). Por otro lado, generalmente existe información escasa sobre todo referido a la identidad de las especies que aprovechan esta oportunidad, de tal modo que se ignora si pertenecen a poblaciones lejanas diferentes (Alegría *et al.*, 2016).

El segundo proceso de regeneración, se refiere a la capacidad que tiene el bosque para incrementar el número de árboles como manifestación de la fecundidad de las especies, lo mismo que del crecimiento y sobrevivencia de los individuos arbóreos juveniles. La muerte y el posterior reclutamiento de los árboles son fundamentales para mantener la regeneración natural y la diversidad vegetal del bosque, especialmente cuando la intensidad de la mortalidad es de carácter intermedio y, se generan claros naturales en el dosel (Quinto *et al.*, 2009).

Por otro lado, en los lugares cerrados de la selva, la mayoría de las semillas transitan rápidamente al estadio de plántula y se integran a la comunidad denominada regeneración avanzada, compuesta por plántulas y árboles juveniles, cuando estas tienen condiciones de sombra van suprimiendo su crecimiento o crecen de manera muy alta, entonces la regeneración de avanzada es una comunidad que se realiza su renovación a dinámicamente con procesos activos de muerte y nacimiento de plántulas (Quinto *et al.*, 2009).

Asimismo algunas especies son capaces de crecer rápidamente desde el estadio de semilla hasta el reproductivo en tiempos menores de cinco años, estas especies se han denominado pioneras por ser las que inician la colonización de los claros, los árboles pioneros maximizan la probabilidad de arribar a un claro a través de la producción abundante de semillas pequeñas que se diseminan ampliamente, además, algunas especies pioneras producen semillas que pueden permanecer latentes en suelo de los sitios cerrados y germinar cuando ocurre un claro, de este modo, algunos árboles pioneros emergen del banco de semillas presentes en sitios cerrados y otros emergen de la lluvia de semillas que cae directamente en los claros (Martínez, 1994; Quinto *et al.*, 2009).

### **2.3. Lluvia de semillas**

Las semillas representan el primer eslabón en el ciclo de regeneración de cualquier comunidad vegetal. Sin este punto de arranque biológico no es posible la persistencia indefinida de la vegetación (Marañón, 2001).

La recuperación de la cobertura vegetal en cualquier terreno, a partir del proceso sucesional, depende de una serie de factores bióticos y abióticos, y de procesos ecológicos. Entre los factores bióticos, la entrada de propágulos a través de la lluvia de semillas y las semillas incorporadas y almacenadas en el banco de semillas son los principales dinamizadores naturales de la sucesión (Martínez *et al.*, 2013; Sione *et al.*, 2015).

Por su parte, la lluvia de semillas se define como el conjunto de semillas dispersadas desde su progenitor por factores bióticos o abiótico, determinando la distribución espacial futura de las poblaciones de las plantas dentro de una comunidad; une el fin del ciclo reproductivo de los individuos con el establecimiento de su progenie y es la fuente principal de propágulos para formar un banco de semillas en el suelo, que es un almacén o agregado de semillas vegetación en pie (Vazquez, 1992; Cano *et al.*, 2012; Arias, 2019).

La producción, dispersión, germinación de semillas y reclutamiento, son elementos claves en el mantenimiento de la diversidad genética de poblaciones y

comunidades y en la distribución y la abundancia de especies. En la fase de dispersión de bosques, especialmente en áreas que han sido sometidas a perturbaciones constantes (Martínez *et al.*, 2013). Es por ello que, la baja frecuencia o ausencia de propágulos en la lluvia de semillas puede limitar la colonización y reclutamiento en algunos hábitats al ser una de las fuentes de especies colonizadoras durante la sucesión ecológica (Martínez *et al.*, 2013).

La posibilidad que tiene una especie representada en la lluvia de semillas de transitar a la comunidad de plántulas depende de factores que afectan la viabilidad de las semillas y su eventual germinación (Cano *et al.*, 2012).

## **2.4 Banco de semillas**

El banco de semillas del suelo (BSS) está conformado por las semillas que permanecen latentes en el suelo, siendo un reservorio de especies, principalmente pioneras, que germinan en el momento en que se presenta una perturbación, se forme un claro o las condiciones ambientales cambien para iniciar de este modo un proceso de sucesión secundaria (Vazquez, 1992; Aquino, 2016; Cuesta *et al.*, 2017).

La primera condición que se debe cumplir para que una semilla pueda entrar a formar parte del banco del suelo es que no germine inmediatamente, es decir, la semilla debe tener algún tipo de dormancia o latencia que retrase su germinación. Esta estrategia les permite tolerar la variación climática, las fluctuaciones en la disponibilidad de nutrientes y sobrevivir a periodos desfavorables prolongados (Marañón, 2001). Dicha persistencia que presentan las semillas de algunas especies, está asociada, entre otros factores, a su estrategia de colonización (Aquino, 2016). El segundo requisito es que deben tener una serie de mecanismos internos que las capaciten para ser longevas y permanecer viables durante un largo tiempo. Pero, además, para que esta estrategia sea efectiva las semillas deben cumplir una tercera, la cual implica ser capaces de percibir el momento apropiado para poder germinar, es decir la detección de claros (Marañón, 2001).

Por otro lado, la formación del BSS se inicia con la dispersión y finaliza con la germinación o muerte de las semillas, su dispersión alrededor de la planta que le

El origen, establece una distribución determinada en la superficie del suelo, la agregación de las semillas que caen en un área particular depende de varios factores tales como la altura, la distancia y la distribución de la fuente de semillas, de los agentes de dispersión y la capacidad de dispersión de las semillas (Aquino, 2016).

Asimismo, el BSS, presenta una serie de alternativas para permanecer en el tiempo, condición determinada por las estrategias de regeneración que las especies tienen. En este sentido, los bancos de semillas en el trópico pueden ser: a) banco transitorio: compuestos por semillas de corta viabilidad y no dormantes que persisten en el suelo menos de un año, b) banco Persistente: los que presentan semillas con dormancia facultativa c) pseudo-persistentes: compuestos por semillas no dormantes que se dispersan continuamente durante el año, d) transitorios estacionales: en esta categoría se incluyen los compuestos por semillas que tienen dormancia estacional y e) los transitorios retardados: compuestos por semillas con germinación retardada no asociada con condiciones adversas estacionales. (Bedoya *et al.*, 2010). No obstante, las semillas sobre la superficie del suelo no persisten por largos periodos, y su entierro claramente favorece la persistencia (Marañón, 2001). Esta reserva de semillas duradera permite que la población se recupere después de perturbaciones intensas o prolongadas, como incendios o cambios de uso de suelo (Bedoya *et al.*, 2010).

El banco de semillas en el suelo está en constante flujo, recibe un aporte de semillas con alta heterogeneidad en composición y abundancia, tanto espacial como temporal, en su mayor parte de las plantas próximas, pero también provenir de otras lejanas, por vía de los agentes dispersores. La salida de semilla desde el banco puede tener diferentes agentes y destinos (Marañón, 2001; Sione *et al.*, 2015).

El banco de semillas representa el potencial regenerativo de las comunidades vegetales y cumple un papel preponderante en la recuperación de áreas con drásticos procesos de disturbios (Sione *et al.*, 2015).

## **2.5. Dispersión de semillas**

La dispersión ha sido definida como el movimiento unidireccional de un organismo que se aleja de su lugar de origen (Velázquez, 2016), o bien pueden quedarse muy cerca de ella, con ello se puede evitar la mortalidad de semillas y plántulas cercanas a la planta madre, lo importante es que la semilla llegue a un lugar favorable para su germinación y logre tener éxito en el establecimiento de nuevos individuos (García 1991). Es por ello que la dispersión es considerada como una de las fases críticas en la historia de vida y dinámica poblacional de las plantas (Sánchez *et al.*, 1991).

Dependiendo de la forma en que se mueva la semilla, esta puede ser primaria o secundaria (Velázquez, 2016). La dispersión primaria ocurre cuando la diáspora es removida directamente de la planta o cuando ésta cae y posteriormente es removida del suelo, en último caso, la diáspora presenta estructuras adaptativas para ser dispersada por animales que forrajean en el suelo. Cualquier movimiento posterior a este tipo de dispersión se le conoce como dispersión secundaria (Velázquez, 2016).

Las plantas han desarrollado diferentes estructuras morfológicas para facilitar la dispersión de sus semillas utilizando vectores bióticos y abióticos. Este conjunto de adaptaciones y su asociación con el agente dispersor se conocen como síndromes de dispersión (Buitrago y López, 2015; Velázquez, 2016).

## **2.6. Mecanismos de dispersión de las semillas**

### **2. 6. 1. Anemocoria**

Dispersión por medio de las corrientes de aire, las semillas que se esparcen de esta manera, suelen ser muy pequeñas y por lo tanto se transportan como polvo atmosférico, también, además de su tamaño, pueden presentar “alas”, “cabellos” o “plumas”, lo que facilita su dispersión al aumentar la superficie de empuje de las corrientes de aire (García 1991; Sánchez *et al.*, 1991).

### **2. 6. 2. Ectozoocoria**

Hay semillas que pueden viajar pegándose al pelaje de los animales o al plumaje de las aves gracias a que cuentan con protuberancias, ganchos o sustancias pegajosas. Muchas especies que parecen no presentar características especiales para dispersarse, son transportadas de esta manera. En el caso de semillas grandes, provistas de cubiertas carnosas, estas viajan pequeñas distancias entre el árbol productor y la percha, donde los frugívoros devoran la pulpa del fruto y desechan la semilla (García, 1991).

### **2. 6. 3. Endozoocoria**

Esta modalidad de dispersión, corresponde a las semillas que se encuentran dentro de algún fruto carnoso, el que, al ser devorado por aves u otros animales, pasa por el tracto digestivo de éstos y regresa a tierra en forma parcial (al ser regurgitados), o total (al ser defecados) (García, 1991; Sánchez, *et al.*, 1991).

### **2. 6. 4. Barocoria**

Implica la caída vertical de los frutos y semillas debido a la fuerza de gravedad o por su peso. Todas las diásporas están sujetas a está (Sánchez *et al.*, 1991).

### **2. 6. 5. Hidrocoria**

Las semillas suelen moverse por medio del agua, ya se trate de ríos o de corrientes oceánicas, por lo que las semillas recorren grandes distancias desde los árboles progenitores (García, 1991).

### **2. 5. 7. Autocoria**

Cuando las diásporas son dispersas por gravedad o dehiscencia explosiva. Entre tanto, la frecuencia de estas estrategias de dispersión de semillas difiere entre locales húmedos y secos, así como entre especies arbóreas, perennes y deciduas (García, 1991).

### III. ANTECEDENTES

Se han realizado diversos estudios sobre lluvia de semillas, algunos enfocados en la evaluación de la composición florística y la abundancia de especies en el banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales en un área de bosque de pino-encino de los Altos de Chiapas. En este estudio se encontró mayor número de semillas de especies anuales en el pastizal y el matorral que en las comunidades arboladas. Así mismo determinaron que el heterogéneo mosaico de las comunidades sucesionales de Los Altos de Chiapas, al tener diversos tipos de bordes, pudieran favorecer la presencia de un alto número de especies propias de hábitats perturbados, representando incremento potencial de una flora invasor de malezas nativas y exóticas conforme se aumenta la deforestación (Ramírez, *et al.*, 1992).

Por su parte, Puentes y Cortés (2006) evaluaron la variación temporal de la lluvia de semillas en un bosque de niebla del cerro de Mamapacha en el departamento de Boyacá (Colombia). La mayor cantidad de semillas se presentó finalizando la época seca (febrero y marzo), y la menor en plena época lluviosa (agosto), demostrando que la lluvia de semillas se encuentra influenciada por las condiciones climáticas de la región.

Algunos estudios se enfocan en la relación de la lluvia de semillas, con sus diferentes agentes dispersores en plantaciones forestales, teniendo como principales agentes a las aves y mamíferos en conjunto, aves y el viento (Orozco y Montagnini, 2007). Además, otros estudios como el de Marques y Oliveira (2007), se orientaron a la evaluación de los ritmos estacionales de la lluvia de semillas, en el cual se menciona que, a pesar de las diferencias en la humedad del suelo y la luz incidente en el sotobosque, los bosques inundados y no inundados presentaban patrones de dispersión y germinación similares.

De igual forma Martínez *et al.*, (2013) realizaron un estudio sobre la lluvia y del banco de semillas en las dos épocas del año (seca y lluviosa), con el propósito de evaluar su contribución a la regeneración natural en bosques templados (bosque de *Quercus spp.*, de *Abies religiosa* y de *Pinus hartwegii*) de la cuenca del río

Magdalena (CRM), Ciudad de México, donde se afirma que la regeneración natural es determinante para entender los procesos de reemplazo de especies y para su restauración.

Se han realizado escasos estudios sobre la lluvia de semillas en Chiapas, entre los cuales se encuentra el trabajo de Gómez (2013) realizado en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, México, el cual describe como la lluvia de semillas forma parte de los procesos que influyen en la diversidad de los diferentes estadios sucesionales, sugiriendo que la lluvia de semilla está influida por las etapas fenológicas de las especies y por la productividad de estas. Estados intermedios de sucesión contienen mayor riqueza de semillas, debido a especies secundarias remanentes y las provenientes de bosques maduros circundantes.

Asimismo, se han realizado también trabajos para caracterizar la lluvia de semillas en época lluviosa observando una disminución en la abundancia hacia el final de dicha época. Los resultados sugieren la presencia de patrones de fructificación a lo largo del año debido a los factores fenológicos de la vegetación presente Bonilla (2016).

Otros estudios como el de Tibisay *et al.*, (2015) evaluaron el flujo, la composición, estructura y variación estacional de la lluvia de semillas en una selva nublada andina y en un bosque secundario de reemplazo en Venezuela. En este estudio se obtuvo que la diversidad y estacionalidad en la lluvia de semillas es mayor en la selva nublada; de igual manera, se encontraron diferencias en la lluvia y movimiento de semillas entre ambos ecosistemas, siendo este último bastante limitado.



## **IV. OBJETIVOS**

### **4. 1. General**

Evaluar la estacionalidad de la lluvia de semillas en un fragmento de la selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal.

### **4. 2. Específicos**

- Describir la composición estacional de la lluvia de semilla en un fragmento de la selva mediana subperennifolia de la Reserva EL Zapotal.
- Determinar los patrones de diversidad (riqueza y abundancia) estacional de la lluvia de semilla en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal.
- Comparar la lluvia de semillas, entre la estación seca y la estación lluviosa en un fragmento de la selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal.

## V. ZONA DE ESTUDIO

El Zapotal es una reserva natural decretada como Centro Ecológico y Recreativo (CER), (Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural [SEMAHN], 2013). Se encuentra ubicado a 2 km del SE de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas capital del Estado, es considerado localmente como uno de los últimos pulmones de la ciudad; es un Área Natural Protegida por decreto del gobierno del estado en 1980. Su superficie es de 10 ha, más 92 decretadas en 1990 como zona de amortiguamiento. Esta reserva es considerada por su importancia biológica como un lugar prioritario para la conservación (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995). La reserva se localiza entre los 16° 43'02'' y 16° 43'40'' norte, y entre los 93° 05'33'' y 93° 06'08'' oeste. Incluye en su extensión al Parque Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZOOMAT), reconocido por la AZCARM (Asociación de Zoológicos, Criaderos y Acuarios de la República Mexicana) como uno de los mejores del país (Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural [SEMAHN], 2013).

Fisiográficamente es parte de la elevación conocida como Meseta de Copoya, incluida en la Depresión de Chiapas. Su rango altitudinal va desde los 600 hasta los 850 msnm, ocupando el declive norte y parte de la mesa en sus niveles más altos. La superficie total de la reserva es de 102 has, 15 áreas y 45 centiáreas. La reserva limita al norte con el ejido Francisco I. Madero; al sur con propiedad de Humberto y David Gómez y con la ampliación de la reserva del Mactumatzá; al oriente con pequeñas propiedades de Francisco Guillén Álvarez, Amado López, Trinidad Sánchez López y el CERESO N° 1; al poniente con el ejido Francisco I. Madero (Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural [SEMAHN], 2013; Palacios, *et al.*, 2016).

El rango altitudinal de la reserva va desde los 600 hasta los 850 msnm, ocupando el declive norte y parte de la mesa en sus niveles más altos (Palacios, *et al.*, 2016).

## **5. 1. Clima**

El Parque Ecológico Recreativo El Zapotal presenta un clima de tipo cálido Subhúmedo con un régimen de lluvias en verano y precipitaciones menores en invierno, clasificado como “Awo (w) igw”. La temperatura media oscila entre los 23.5°C. Mientras que las temperaturas más altas en la región, se dan en el transcurso de los meses de marzo a septiembre con valores iguales o superiores a 25° C. En los meses de enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre la precipitación media es menor a 12 mm, en los meses de mayo y octubre la precipitación media oscila entre 59 y 73 mm. El mes más lluvioso es junio con un promedio de 212 mm, le siguen septiembre, agosto y julio, con valores de 184 a 156 mm (Palacios *et al.*, 2016).

## **5. 2. Geología**

La mesa de Copoya está caracterizada por los afloramientos de capas marinas del Terciario Inferior que se encuentran sobre el complejo basal de edad Precámbrica y Paleozoica. En la parte norte se presentan rocas sedimentarias y volcano sedimentarias del Eoceno, destacando las limolitas y areniscas, mientras que en la Mesa y parte sur de la misma dominan las calizas sedimentarias del Oligoceno. Estas últimas pueden observarse al sur de la Meseta en forma de bancos más o menos horizontales que se exponen en una pared casi vertical de aproximadamente 20 m de altura media (SEMAHN, 2013).

Con ello se puede determinar que la Mesa de Copoya hace 49 millones de años era una plataforma de mar abierto, con una playa de escasa inclinación y un oleaje de baja energía con predominio de carbonatos (SEMAHN, 2013).

## **5. 3. Edafología**

En cuanto a la edafología del sitio, el suelo dominante es el regosol calcárico, con feozemháplico y litosol, de texturas medias. En la zona escarpada en el límite norte de la Mesa se halla litosol con rendzinas y luvisol crómico. Estos suelos tienen como factor común su edad geológica. De igual forma la mesa hacia al sur presenta suelos de rendzina con litosol y 9 luvisol crómico en regiones menores, todos de texturas

medias. Todos son suelos poco desarrollados con gran cantidad de materia orgánica acumulada, sin sus horizontes diferenciados (SEMAHN, 2013; Palacios, *et al.*, 2016).

#### 5. 4. Vegetación

La vegetación de la reserva, corresponde a los dos tipos más frecuentes en la Depresión Central, denominados por Miranda (1952) como Selva Alta o Mediana Subdecidua y Selva Baja Decidua; después, Miranda y Hernández X. (1963), les nombraron Selva Mediana Subperennifolia y Selva Baja Caducifolia, respectivamente. Por otro lado, Rzedowski (1983), los clasifica como Bosque Tropical Subcaducifolio y Bosque Tropical Caducifolio. En algunas partes se encuentran formaciones sabanoides y campo perturbado denominado acahual (Cameras, 2006).

La vegetación de la Selva Mediana Subperennifolia alcanza una altura de 25 a 30 m, presenta un 63% de elementos perennifolios, distribuidos en proporciones similares en los diferentes estratos. Los suelos a los que se asocian son regosoles y regosolfomez, de colores pardo claro a pardo oscuro con clasificación textural de migajón limoso, francos y migajón arcilloso, alcalinos con pH de 8.0 a 8.2 en extracto (Palacios *et al.*, 2016).

En lo referente al estrato arbóreo superior los árboles alcanzan alturas de 18 a 25 m. presentándose las siguientes especies: zapote negro (*Diospyros digyna* Jacq.), chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen), mojú (*Brosimum alicastrum* Sw.), cedro (*Cedrela odorata* L.), conserva (*Aphananthe monoica* (Hemsl.) J.-F. Leroy), paragüita (*Zuelania guidonia* Sw. Britton & Millsp), jocotillo (*Astronium graveolens* Jacq.), amate (*Ficus glaucescens* Liebm. Miq.) (Palacios *et al.*, 2016).

En el estrato medio, los árboles pueden alcanzar de 7 a 15 m, las especies son: Talismecate (*Daphnopsis americana* Mill. JR. Johnst), ramón colorado (*Trophis racemosa* L. Urb.), guarumbo (*Cecropia peltata* L.), camarón (*Alvaradoa amorphoides* Liebm.), chincuya (*Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal), piojo (*Hippocratea excelsa* Kunth), palo mulato (*Bursera simaruba* L. Sarg.), ceiba o

pochota (*Ceiba pentandra* L. Gaerth), huitumbillo (*Ardisia escallonioides* Schltldl. & Cham.), guachipilín (*Diphysa robinoides* Benth. & Oerst), guajpó (*Heliocarpus reticulatus* Rose), caimito, cimarron (*Chrysophyllum mexicanum* Brandegeee), guash colorado (*Leucaena esculenta* D.C. Benth), nambimbo (*Ehretia tinifolia* L.), pimientilaa (*Piper aduncum* L.) (Palacios *et al.*, 2016).

Por otro lado, la selva baja caducifolia es la vegetación con mayor ocupación de superficie en la reserva, dos terceras partes aproximadamente, estos alcanzan una altura máxima de 15 m, más frecuentemente de 10 a 12 m, con predominancia de los elementos caducifolios, hasta el 78% de los árboles de las especies dominantes pierden sus hojas en la temporada seca, los árboles se ramifican desde muy abajo y sus cortezas son papiráceas, corchosas o algunas armadas con espinas. Esta formación está asociada a una larga temporada seca, de siete meses en la región, suelos someros, como litosoles y rendzinas, con gran afloramiento de rocas, en terrenos con mayor exposición y muy escarpados de manera que el drenaje rápido impide la disponibilidad de agua (Palacios *et al.*, 2016).

#### **5. 4. Fauna**

El Zapotal alberga las instalaciones del Zoológico Regional Miguel Álvarez del Toro que exhibe al público 240 especies de fauna regional en cautiverio, de las cuales el 20% aproximadamente, se encuentran en peligro de extinción o amenazadas (SEMAHN, 1980). Se puede observar a los ejemplares en completa libertad, tales como, chachalaca olivácea (*Ortalis vetula*), los guaunqueques (*Dasyprocta mexicana*), el mono aullador (*Alouatta palliata mexicana*), la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), el ocofaisan (*Crax rubra*) y la pava o cojolita (*Penelope purpurascens*). Dentro de la fauna regional: jabalíes, grisonos, quetzal, venado cabrito, tejones, hocofaisanes, pavo ocelado, jaguar, tapir, felinos diversos, jaguar negro, pavón, viejo de monte, sensos, nutria, también se cuenta con pajareras, un herpetario, vivario (arañas e insectos) y casa nocturna (aloja ejemplares vivos de especies de hábitos nocturnos) (Cameras, 2006; Palacios, *et al.*, 2016).

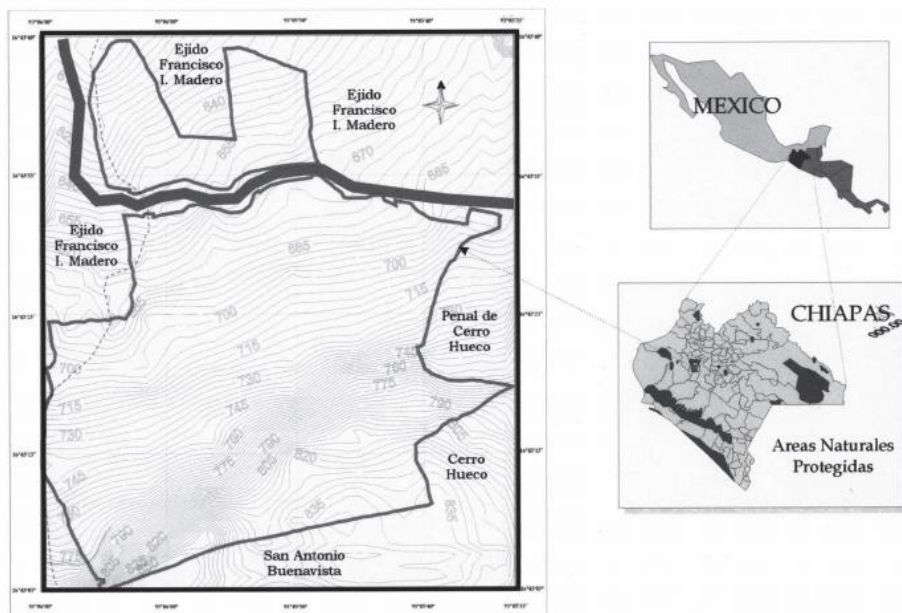


Figura 1. Delimitación geográfica del Parque ecológico y recreativo El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México (Tomado de Palacios *et al.*, 2016).

## VI. MÉTODO

### 6. 1. Trabajo de campo

Para cuantificar la lluvia de semilla se emplearon trampas de semillas elaboradas con tela de nylon para mosquitero, la cual impidió la acumulación excesiva de humedad. El diseño de las trampas fue una modificación de Darling, Swaine y Garwood (1998); Clark *et al.*, (2001) y Sánchez y Vega (2002). Las trampas tuvieron una forma de piramidal invertida, con una superficie de recolección de 50 x 50 cm de cada lado (figura 2).

En el sitio de muestreo se instalaron 50 trampas distribuidas aleatoriamente. Las trampas fueron colocadas en el piso forestal, la cual ten una altura de 1 m logrando con ello el menor daño por el paso de los animales que se encontraban interactuando en la selva (figura 2).



Figura 2. Área de muestreo de las trampas de semillas instaladas en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Las revisiones de las trampas se realizaron una vez al mes en un periodo de seis meses que corresponden a la época de seca (febrero, marzo, abril) y a la época de lluvia (agosto, septiembre y octubre) colectando de esta manera las semillas que cayeron en ellas. Así mismo, se realizaron observaciones semanales para asegurarse de que las trampas estuvieran en buen estado. Posterior a ello las semillas se guardaron en bolsas de papel estraza con la finalidad de evitar la acumulación de la humedad y para su identificación.

## **6. 2. Trabajo de gabinete**

Las semillas recolectadas fueron procesadas e identificadas en el Herbario Eizi Matuda (HEM) en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Las semillas fueron identificadas por familia, género y especie, por medio de la comparación con ejemplares del Herbario Eizi Matuda y mediante las siguientes claves de identificación: Manual de identificación de frutos y semillas anemocoros de árboles y lianas de la estación “Los Tuxtlas” Veracruz (Sánchez *et al.*, 1991), Fruits of the Guianan flora (Van Roosmalen, 1985), Frutos y semillas de árboles tropicales de México (Rodríguez *et al.*, 2009), Flora Nativa de Tuxtla Gutiérrez: Registro fotográfico de las especies nativas, uso actual y potencial ornamental en el paisaje urbano (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] 2012), Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies (Pennington y Sarukhán, 2005), Árboles de Costa Rica (Zamora *et al.*, 2004), Árboles de la región de los Tuxtlas (Vázquez *et al.*, 2010). Las muestras fueron examinadas bajo estereoscopio registrando la cantidad de semillas por especie de cada una de las trampas.

## **6. 3. Análisis de los datos**

Las semillas fueron contabilizadas, posteriormente se estimaron los parámetros de abundancia, riqueza, y diversidad. Para el cálculo de la diversidad se determinaron mediante tres índices: a) Shannon, b) Simpson, c) Área bajo la curva del perfil Beta de diversidad (Di Battista *et al.*, 2016). Este último índice considera de la misma forma la riqueza de especies y la uniformidad, usándolas de manera combinada, al



contrario de los índices tradicionales (Simpson y Shannon). El índice del área bajo la curva presenta tres medidas funcionales: la primera y segunda derivada y el radio de la curvatura, (Gómez, 2021).

Para conocer las diferencias en la composición de especies durante los meses de muestreo, se utilizó la prueba estadística de T de Student (Tómas-Sábado, 2010).

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$\bar{X}_1$  = media primer conjunto.

$\bar{X}_2$  media segundo conjunto.

$S$  =desviación típica.

$S^2$ =varianza.

$N_1$ = número de elementos del primer conjunto.

$N_2$ = número de elementos del segundo conjunto.

Para conocer las diferencias entre las dos épocas del año utilizamos la prueba estadística de U de Mann- Whitney basada en la abundancia.

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_x(n_x + 1)}{2} - \sum R_x$$

Donde:

$U$  =valor estadístico de U Mann- Whitney.

$n_1$  y  $n_2$  = número de casos de cada grupo

$n_x$  = número de casos de cada grupo.

$\sum R_x$  = número de casos de cada grupo.

Para conocer las diferencias entre las dos épocas del año utilizamos la prueba estadística de U de Mann-Whitney basada en la abundancia.

El análisis de similitud y la diversidad (Shannon y Simpson) se efectuó en el programa estadístico PAST versión 4.04. Mientras que el análisis de diversidad del índice Área bajo la curva se realizó en el paquete estadístico BioFTF versión 1.2-0.

## VII. RESULTADOS

### a) Abundancia

En cuanto a la abundancia de semillas por especie, fueron contabilizadas un total de 5,551 semillas durante los seis meses de recolección (figura 3). Se encontraron 31 especies pertenecientes a 20 familias y a 28 géneros respectivamente.

Con respecto a la abundancia de semillas para la época de seca, los valores más altos presentados fueron para *Cedrela odorata* con 2 011 semillas, seguida por *Alvaradoa amorphoides* presentando 1,890 semillas y *Brosimum alicastrum* con 315 semillas. Por su parte *Ehretia tinifolia* y Morfo 16 no presentaron ninguna semilla en esta época.

En el caso de la abundancia en época de lluvia, los valores más altos presentados fueron para *Cedrela odorata* con 639 semillas y *Bursera simaruba* con 139 semillas. Los valores de abundancia más bajos presentados fueron para Morfo 16 con una semilla y *Ehretia tinifolia* y *Brosimum alicastrum* con dos semillas.

Asimismo, las especies con menor presencia de semillas durante las dos temporadas son: *Sida rhombifolia* L., Morfo 16, Morfo 4, y *Forsteronia acouci* (Aubl.) aportando una sola semilla.

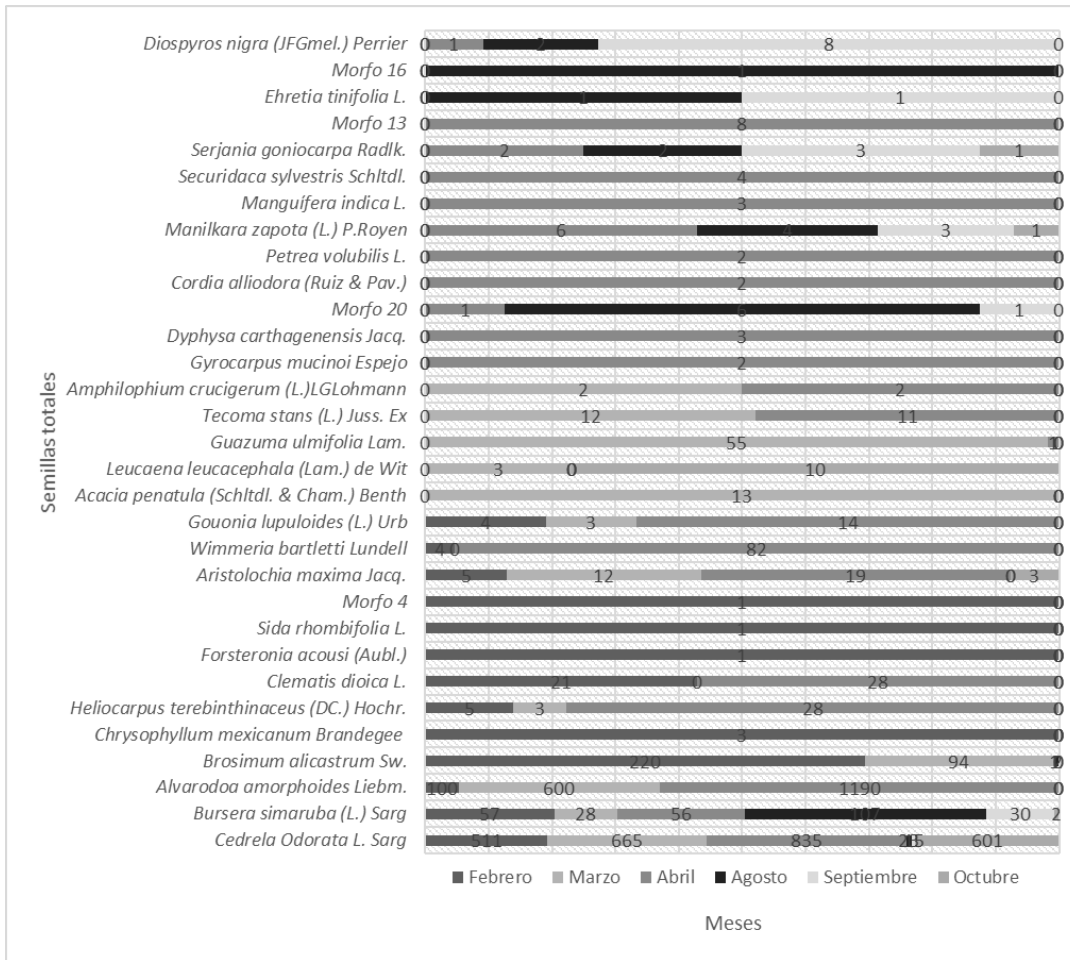


Figura 3. Abundancia de semillas por especies colectadas en temporada de lluvia y seca en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Las especies con mayor número de semillas para los seis meses, pueden mencionarse las siguientes: *Cedrela odorata* con 2,650, *Alvaradoa amorphoides* con un total de 1,790 semillas, *Brosimum alicastrum* con 317 y *Bursera simaruba* con un total de 280 semillas (figura 4).

La abundancia de semillas colectadas en ambas temporadas, muestra que en la temporada de seca el mes que presentó mayor abundancia fue abril con 2,301 semillas totales, seguido por el mes de marzo con 1,490 semillas, siendo el mes de febrero el mes en que se presentó menor abundancia de semillas teniendo 933 semillas totales.

Para la temporada de lluvia el mes que presentó mayor abundancia fue octubre con un total de 618 semillas, seguido por el mes de agosto con 148 semillas, mientras que para el mes de septiembre se contabilizaron 61 semillas totales, siendo este el mes con menor abundancia.

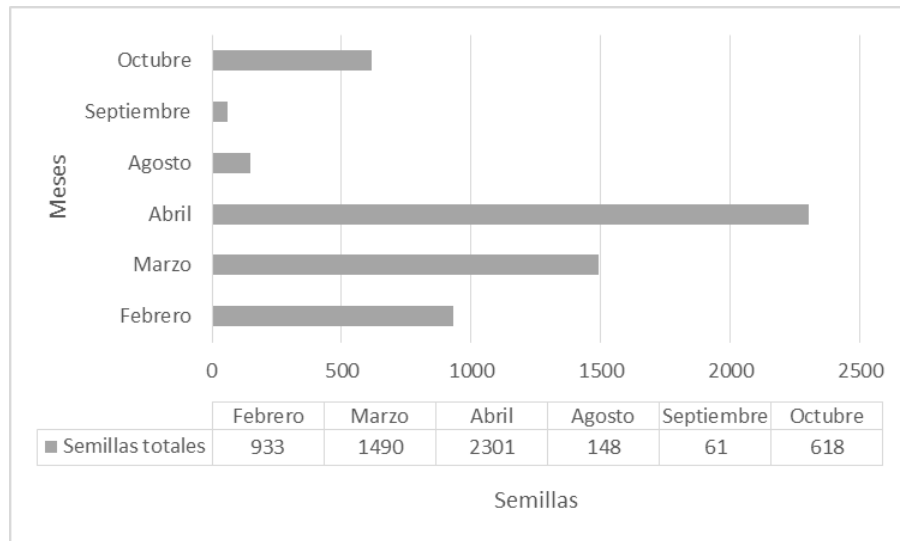


Figura 4. Abundancia de semillas colectadas por mes en la temporada de lluvia y seca en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

#### b) Riqueza

Referente a la riqueza, ésta fue mayor en la temporada de seca (febrero, marzo y abril) presentando 29 especies comparada con la temporada de lluvia (agosto, septiembre y octubre) que presentó 11 especies de las 31 especies encontradas durante el estudio (figura 5).

En lo que respecta a los meses de seca, en febrero, marzo y abril se colectaron un total de 13, 12 y 23 especies respectivamente, siendo el mes de abril donde se presentó mayor riqueza (Fig. 5).

Las especies encontradas en el mes de abril fueron: *Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, *Alvaradoa amorphoides*, *Brosimum alicastrum*, *Heliocarpus pallidus*, *Clematis loureiroana*, *Aristolochia chamissonis*, *Wimmeria bartletti*, *Gouania lupuloides*, *Guazuma ulmifolia*, *Tecoma stans*, *Amphilophium crucigerum*, *Gyrocarpus mocinoi*, *Diphysa carthagenensis*, Morfo 20, *Cordia alliodora*, *Petrea volubilis*, *Manilkara zapota*, *Mangifera indica*, *Securidaca sylvestris*, *Serjania goniocarpa*, Morfo 13 y *Diospyros nigra*.

Las especies encontradas en marzo fueron: *Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, *Alvaradoa amorphoides*, *Brosimum alicastrum*, *Heliocarpus pallidus*, *Aristolochia chamissonis*, *Gouania lupuloides*, *Vachellia pennatula*, *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Tecoma stans* y *Amphilophium crucigerum*.

Las especies encontradas en febrero fueron: *Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, *Alvaradoa amorphoides*, *Brosimum alicastrum*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Heliocarpus pallidus*, *Clematis loureiroana*, *Forsteronia acouci*, *Sida rhombifolia*, Morfo 4, *Aristolochia chamissonis*, *Wimmeria bartletti* y *Gouania lupuloides*.

De las 29 especies encontradas en la temporada de seca siete especies fueron colectadas en los tres meses (*Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, *Alvaradoa amorphoides*, *Brosimum alicastrum*, *Heliocarpus pallidus*, *Aristolochia chamissonis* y *Gouania lupuloides*), cuatro especies fueron colectadas exclusivamente en febrero (*Chrysophyllum mexicanum*, *Forsteronia acouci*, *Sida rhombifolia* y (Morfo 4), dos especies fueron colectadas solo en marzo (*Vachellia pennatula* y *Leucaena leucocephala*), 11 especies exclusivamente en abril (*Gyrocarpus mocinoi*, *Diphysa carthagenensis*, Morfo 20, *Cordia alliodora*, *Petrea volubilis*, *Manilkara zapota*, *Mangifera indica*, *Securidaca sylvestris*, *Serjania goniocarpa*, Morfo 1 y *Diospyros nigra*), dos especies en febrero y abril (*Clematis loureiroana* y *Wimmeria bartletti*) y tres especies en marzo y abril (*Guazuma ulmifolia*, *Tecoma stans* y *Amphilophium crucigerum*).

Por su parte, durante la temporada de lluvia se presentó menor riqueza, en agosto ocho especies, en septiembre siete especies y en octubre seis especies, siendo el mes de agosto el que presentó mayor riqueza.

De las 11 especies encontradas en esta temporada, siete fueron colectadas en agosto y en septiembre (*Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, Morfo 20 *Manilkara zapota*, *Serjania goniocarpa*, *Ehretia tinifolia* y *Diospyros nigra*), una especie exclusivamente en agosto (*Brosimum alicastrum*) y dos especies exclusivamente en octubre (*Aristolochia chamissonis* y *Leucaena leucocephala*).

Por otro lado, las familias que mostraron un elevado número de especies fueron las siguientes: Fabaceae (3), Sapotaceae (2), Boraginaceae (2), Malvaceae (2) y Bignoniaceae (2). Por el contrario, las familias que aportaron únicamente una especie durante todo el muestreo son las siguientes: Picraminaceae, Aristolochiaceae, Moraceae, Burseraceae, Meliaceae, Sapotaceae, Ranunculaceae, Ebenaceae, Apocynaceae, Rhamnaceae, Hernandiaceae, Anacardiaceae.

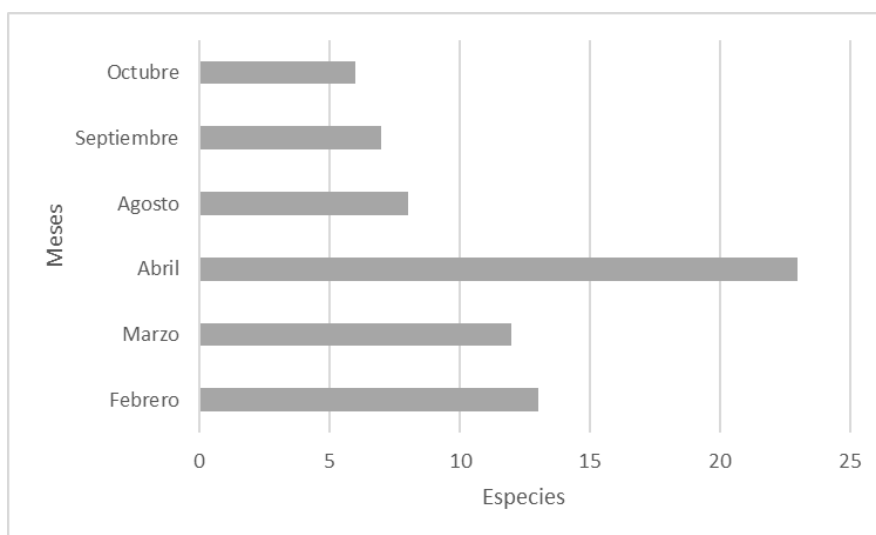


Figura 5. Riqueza de especies colectadas por mes en la temporada de lluvia y seca en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

c) Diversidad

Tabla 1. Diferentes índices de diversidad para los meses correspondientes a febrero, marzo, abril (época de seca) y agosto, septiembre y octubre (época de lluvia). En negrita se presentan los valores más altos.

	Febrero	Marzo	Abril	Agosto	Septiembre	Octubre
Taxa_S	13	12	23	9	7	6
Individuals	933	1490	2301	148	61	618
Dominance_D	0.3714	0.3673	<b>0.4015</b>	0.5499	0.3249	<b>0.946</b>
Simpson_1-D	0.62859381	<b>0.63273816</b>	0.59853651	0.45014609	<b>0.67508734</b>	0.05395838
Shannon_H	<b>1.3881413</b>	1.3370705	1.3142358	1.0626190	1.4663544	<b>0.1779308</b>
Área bajo la curva	<b>4.785412</b>	4.553697	6.344345	3.591328	3.851546	1.286605

En esta tabla se pueden observar los diferentes índices de diversidad (tabla 1), el valor más alto es para el mes de abril, por el contrario, el valor más bajo es para el mes de octubre según el índice del área bajo la curva (BioFTF).

La figura 5 muestra la diversidad presentada durante todo el estudio, a través del índice área bajo la curva. El índice muestra una diversidad estable para las comunidades 1, 2, 3, 4 y 5 que corresponde a (febrero, marzo, abril, agosto y septiembre) ya que todos presentan un pico bajo, no obstante, la comunidad que presenta una distribución más equilibrada de las especies es la comunidad 3 (abril).

Para la comunidad 6 (octubre) se puede observar un cambio considerable, con un pico muy alto, mostrando un desequilibrio de la distribución.



El índice área bajo la curva es una herramienta adecuada para la medición de la biodiversidad ya que evalúa o combina dos índices importantes como lo es Shannon y Simpson.

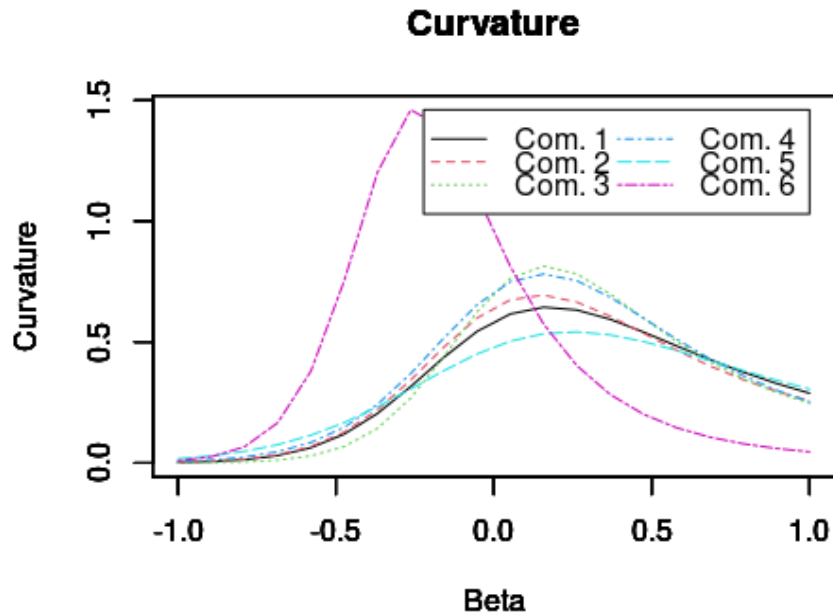


Figura 6. Diversidad utilizando el índice área bajo la curva para los muestreos de semillas de la época de seca y lluviosa, correspondientes a los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre en un fragmento de la selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En donde comunidad 1 es febrero, la comunidad 2 es marzo, la comunidad 3 es abril, la comunidad 4 corresponde a agosto, la comunidad 5 a septiembre y la comunidad 6 a octubre.

Tabla 2. Prueba estadística de T-Student. En cada celda primero está el valor de T separado por (;) y luego el valor de grados de libertad. Los asteriscos representan la significancia estadística (ns = no significativo, \* < 0.05, \*\* < 0.005, \*\*\* < 0.001). Arriba de cada segmento en negro están los valores de T para el índice de diversidad de Simpson; debajo de cada segmento en negro están los valores de T para el índice de diversidad de Shannon.

	Febrero	Marzo	Abril	Agosto	Septiembre	Octubre
Febrero		0.27405; 1493.8ns	-2.0294; 1416.9*	-3.6969; 172.97	0.97394; 71.594	-31.352; 1512.5***
Marzo	1.0627; 1948.7		3.4835; 3442.7***	3.8868; 155.34***	-0.91208; 64.104	39.66; 1046.2***
Abril	1.8571; 1975.2	-0.89913; 3525.5		-3.1654; 154.04***	1.6523; 63.551	-38.162; 980.29***
Agosto	2.9546; 184.53**	-2.5731; 169.57*	2.2626; 167.32*		- 3.4476;1 74.5***	8.2357;1 70.59***
Septiembre	-0.67527; 72.594	1.0756; 67.618	-1.3567; 66.925	2.5768;1 51.54*		13.056; 70.601
Octubre	24.369; 1527.3***	-26.412; 1489.9***	26.178; 1487.8***	- 7.869;17 8.7***	-10.175; 70.455	

En esta tabla se muestra la prueba estadística de T-Student (tabla 2), respecto a los valores mostrados, las diferencias significativas más altas se encontraron para el mes de octubre ya que como se observa este mes es altamente significativo, teniendo así diferencias estadísticas con respecto a los índices de diversidad en comparación a los otros meses del año.

Por su parte la prueba de Kruskal- Wallis, muestra que existen diferencias significativas en cuanto a los meses estudiados durante las dos épocas del año ( $\chi^2=25.86$ ,  $p < 0.001$ ) (figura 7).

La figura 7 muestra que el único mes de seca (abril) presenta diferencia con respecto a los meses de lluvia (agosto-octubre).

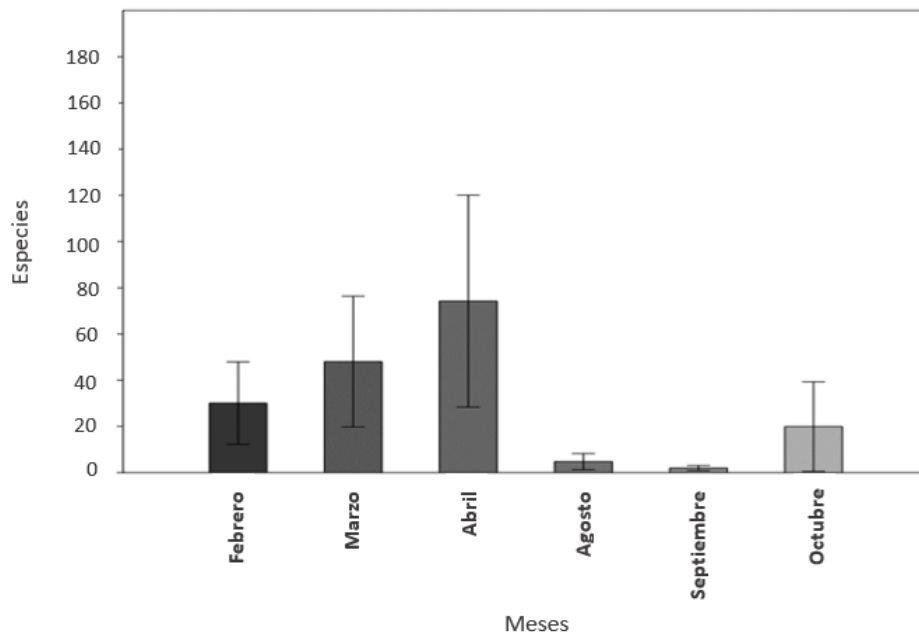


Figura 7. Prueba de Kruskal- Wallis para el análisis de la época de seca y lluviosa correspondiente a los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre respectivamente en un fragmento de la Reserva el Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Por su parte la prueba de Mann-Whitney, demuestra que existe diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a la abundancia en las dos estaciones del año (lluvia y seca) año ( $U = 2980$ ;  $p < 0.0001$ ) (figura 8).

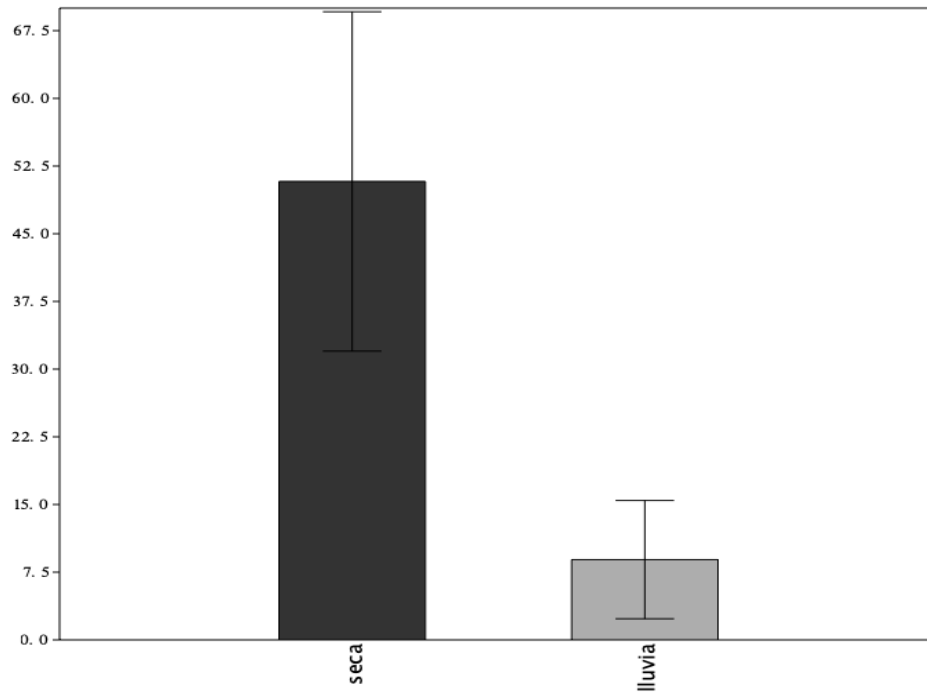


Figura 8. Prueba de Mann-Whitney-U en cuanto a la abundancia para las dos épocas del año (lluvia y seca) en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Tabla 3. Debajo de la diagonal están los valores de Mann-Whitney-U y arriba de la diagonal están los valores de p. \*son los valores de p que fueron estadísticamente significativos.

	Febrero	Marzo	Abril	Agosto	Septiembre	Octubre
Febrero		1	0.584	1	1	0.6666
Marzo	478.5		0.941	1	1	0.7838
Abril	339	353.5		0.0067*	0.00159*	0.000353*
Agosto	405	406.5	245.5		1	1

	Febrero	Marzo	Abril	Agosto	Septiembre	Octubre
Septiembre	377	385	224.5	452		1
Octubre	363.5	369.5	203.5	433.5	463	

La tabla anterior muestra las diferencias estadísticamente significativas para los meses de agosto, septiembre y octubre (temporada de lluvia) en comparación con el único mes de seca, abril (tabla 3).

Con respecto a la curva de acumulación (figura 9), se puede notar de manera clara que la tendencia de la curva de especies para los meses de abril y marzo, alcanzan la asíntota correspondiente, lo cual representa valores estables frente al esfuerzo de muestreo realizado para dichos meses, esto tomando en cuenta que la curva va en ascendencia hasta alcanzar su punto máximo de especies acumuladas, demostrando de esta manera que se ha alcanzado o se ha muestreado el mayor número de especies posibles.

De igual forma, para los meses correspondientes a febrero y octubre la pendiente de la curva muestra un esfuerzo de muestreo, en donde los niveles logran alcanzar el pico más alto del número de especies o la asíntota, lo cual demuestra que se han encontrado el mayor número de especies posibles para dichos meses.

Para el caso de los meses de agosto y septiembre el esfuerzo de muestreo observado presenta una curva de acumulación de especies muy lejana a alcanzar los valores necesarios o la asíntota, esto puede deberse también a la época de recolección de los datos.

Validando el esfuerzo de muestreo, la tendencia de la curva de acumulación de especies alcanza la asíntota.

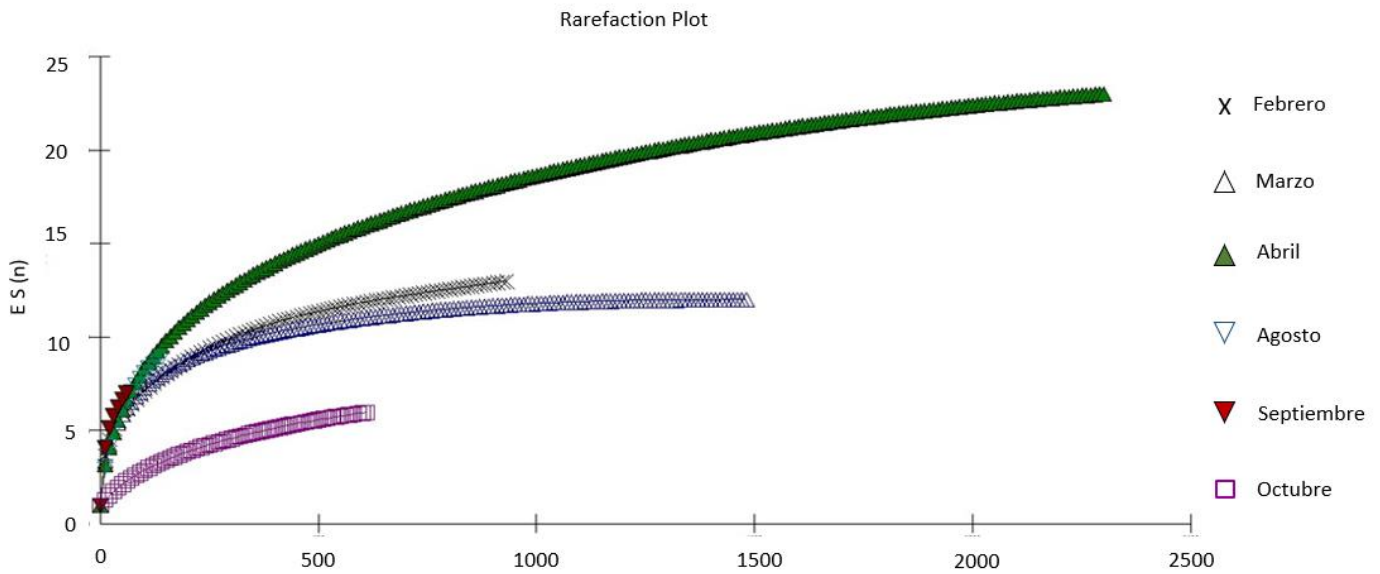


Figura 9. Curvas de rarefacción o acumulación de especies entre número de especies acumulado y el esfuerzo de muestreo empleado para la época de seca y lluviosa, correspondientes a los meses de febrero, marzo, abril, agosto septiembre y octubre en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

En cuanto al análisis de similitud (figura 10), se puede notar que se forman dos grupos, el primer grupo para septiembre y agosto (meses de lluvia intensa), segundo grupo; los meses abril, marzo, octubre y febrero (meses de seca).

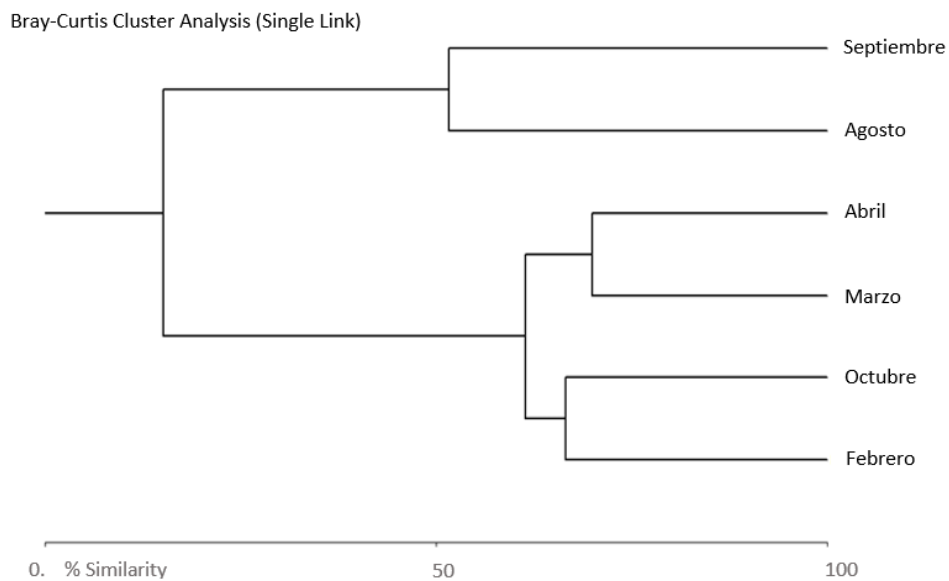


Figura 10. Índice de similitud de Bray-curtis para el análisis de la época de seca y lluviosa correspondiente a los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre respectivamente en un fragmento de selva mediana subperennifolia de la Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

## VIII. DISCUSIÓN

El mayor número de semillas, fueron colectadas en los meses de febrero, marzo y abril que corresponden a la época de seca (figura 3). Estos resultados son comparables con los obtenidos por Rodríguez *et al.*, (2006); Trujillo *et al.*, (2008); Martínez *et al.*, (2013) y Arias (2019), en donde presentan resultados parecidos para la época de seca. En comparación, la época de lluvia para el mes de septiembre muestra una disminución de semillas en el sitio. Por su parte la zona de estudio se caracteriza por tener bien marcadas las estacionalidades de seca y lluviosas para cada año (Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda, 2009) y (Palacios *et al.*, 2016) (figura 1 y 3).

Es por ello que como mencionan Rodríguez *et al.*, (2006) los patrones estacionales de la fructificación en la vegetación tienen una fuerte influencia en la variación temporal en el flujo de semillas.

Por su parte Flores y Dezzeo (2005), mencionan también que la variabilidad espacial en la distribución de semillas en el suelo, se encuentra relacionada con la producción de frutos maduros y con la separación entre las trampas de recolección y la fuente de semillas. De igual forma la zona de estudio se caracteriza por tener bien marcadas las estacionalidades de seca y lluviosas para cada año (Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda, 2009) y (Palacios *et al.*, 2016).

Las familias con mayor representatividad durante los muestreos en las dos temporadas fueron para las familias Fabaceae y Malvaceae, esto debido a los periodos de fructificación y fenología de cada uno (Ochoa *et al.*, 2008). Por su parte la familia Fabaceae se encuentra caracterizada por presentar semillas con diferentes tipos de morfología, generalmente legumbre y con lo cual puede facilitar su dispersión por algunos factores como el viento y por animales (Olvera *et al.*, 2012) y (Ramírez, 2016). Por otro lado, la familia Malvaceae es un tipo de semilla que puede ser fácilmente transportada por el viento, ya que algunas semillas presentan estructuras aladas (Fryxell, 1992).



De igual forma las familias antes mencionadas, son propias de la vegetación del sitio, encontrándose dentro de las cinco familias con mayor cantidad de especies del lugar (Palacios *et al.*, 2016).

Las semillas que presentaron mayor abundancia fueron *Cedrela odorata* y *Alvaradoa amorphoides* durante la época de seca como se muestra en la figura 2, de igual forma para la época lluviosa la semilla de *C. odorata* se presentó de nuevo, pero con una menor abundancia (figura 3), representando casi la tercera parte de la época lluviosa, con ello se puede observar una diferencia en cuanto a los totales de cada uno.

*Cedrela odorata* por su parte es una especie que presenta semillas aladas, de 2 a 2.5 cm de largo, cada cápsula puede contener de 20 a 40 semillas. Un solo árbol puede producir anualmente cerca de 10 millones de semillas. Por otro lado, éstas pueden ser dispersadas fácilmente por el viento, debido a su estructura ya antes mencionada, además por aves frugívoras (Arnaez, 1986). La semilla presenta una fácil dispersión, logrando esta diseminación a largas distancias y áreas bastantes extensas, persistiendo en los bancos de semillas ya que se producen en grandes cantidades por esta razón es la semilla que se presentó en mayor cantidad durante las dos épocas de muestreo (seca y lluviosa) en la mayoría de trampas (Cintron, 1990), (Instituto Nacional de Bosques, 2017) y (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2019).

Por otro lado, se observó la aparición de semillas de *Cordia alliodora* (figura 1), la cual se presenta cuando la acción del hombre es persistente, esta aparición puede deberse a la mancha urbana que se ubica en los alrededores de la zona de estudio, lo cual permite su entrada a la lluvia de semillas (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2013), sin embargo, como señalan Rodríguez Santamaría *et al.*, (2006) las semillas caídas en las trampas también pueden ser dispersadas por las aves o la acción del viento desde lugares cercanos.

Estas diferencias también se logran observar en cuanto a la riqueza de especies para los meses de seca, ya que se observaron máximos de 28 especies

(90.32%) para la época de seca, en cambio, para la época de lluviosa tan solo 11 (35%), notando así una diferencia significativa ya que en total para los dos fueron 31 especies (Figura 4). De igual forma esto representa la fenología y los periodos de fructificación de cada especie, además de la dispersión (Ochoa *et al.*, 2008).

En cuanto al análisis de diversidad utilizando el índice área bajo la curva, podemos mencionar que la temporada de seca resultó tener la lluvia de semillas más diversa, presentando máximos notorios en el mes de abril (Tabla 1 y figura 6). Esto es comparable con los estudios de Arias (2009) que reportó una diversidad máxima para la época de seca, sin embargo, presenta el valor más alto para el mes de julio. De igual forma Calderón *et al.*, (2019) presentan en su trabajo una diversidad alta en el mes de abril en un tipo de cobertura vegetal, coincidiendo con la época de seca.

Es importante mencionar que el índice área bajo la curva del perfil Beta de diversidad utilizado para este estudio, presenta mayores ventajas que los índices convencionales, ya que combina la riqueza de especies y uniformidad en un mismo índice, lo cual hace más confiable los resultados de diversidad (Di Battista, *et al.*, 2017).

Con los resultados se logra observar mayor fluctuación de semillas para la época de seca, sin embargo, la fenología de las semillas también depende de cada familia y por consiguiente de cada especie, los patrones fenológicos varían dentro de una especie, entre años y localidades, esto lo mencionan Ochoa *et al.*, (2008).

Se observó una clara variación temporal en la lluvia de semillas, siendo influenciada por la estacionalidad, esto se encuentra definido por los patrones estacionales de floración y fructificación, considerando también los patrones de dispersión de las semillas, explicando así los valores obtenidos en este estudio (Martínez *et al.*, 2019).

Asimismo, tomando en cuenta la recolección adecuada en las trampas durante los meses, recolectando así la mayoría de las especies, es notorio un buen

esfuerzo de muestreo descartando tan solo a pocas especies según el estudio realizado.

## IX. CONCLUSIÓN

Existe variación temporal en la lluvia de semilla para la Reserva El Zapotal las cuales se ven determinadas por la fenología y fructificación de cada especie, además de las condiciones en las que se encuentre el lugar de estudio, siendo estos, factores importantes.

La época de seca mostró los valores más altos en la fluctuación de semillas, concordando con el mes de abril tanto para riqueza, abundancia y diversidad.

La diversidad de semillas fue mayor en el mes de abril coincidiendo con el mes de seca.

Las familias con mayor representatividad durante los muestreos en las dos temporadas son las familias Fabaceae y Malvaceae.

Las semillas más representativas fueron de la especie *Cedrela odorata*, presentando la mayor abundancia, siendo perteneciente a la vegetación del sitio, lo cual facilita la regeneración natural evidenciando así la entrada de semillas pioneras a la lluvia de semillas.

## **X. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar la recolección de semillas, tomando en cuenta la fenología de cada especie, para el caso de la Reserva El Zapotal, la mayor concentración de semillas se da en la época de seca.

Existen diferencias significativas en la lluvia de semillas entre el periodo de seca y el periodo de lluvia. Se recomienda también realizar una evaluación de la germinación de las semillas para observar claramente si las especies recolectadas son viables después de su recolección, además de conocer la fecha idónea de semillas viables.

Se necesitan más investigaciones encaminadas a la observación de otros factores ambientales que impulsen la producción de semillas.

## XI. LITERATURA CITADA

- Achard, F., Eva, D., Stibig, J., Mayaux, J., Gallego, R. y Malingreau, P. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forest. *Science*. 297 (5583): 999-1002.
- Alegría, M., Tello, E., Panduro, M., Álvarez, V., Macedo, B., Rojas, T., Ramírez, A., Barbagelata, R. y Encinas, M. 2016. Dinámica de la regeneración natural en claros y frecuencia de claros en bosques de terraza baja, Iquitos-Perú. <http://www.unapiquitos.edu.pe/investigacion/oginv/descargas/2008/ARTICULO-waldemaralegría.pdf>. Consultado el 9 de mayo del 2019.
- Aquino, A. 2016. Banco de semillas del suelo y su importancia en la regeneración de un mosaico heterogéneo en el trópico seco de Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Pp. 69.
- Arias, V. 2019. Caracterización de la lluvia de semillas en unidades de manejo prioritizadas para la restauración ecológica del bosque seco tropical. Proyecto curricular de ingeniería forestal. Facultad de medio ambiente y recursos naturales. Universidad distrital Francisco José Caldas. Bogotá. Pp. 74.
- Arnáez, S. E. 1986. Aspectos morfológicos de *Cedrela Odoata* Linnaeus (cedro amargo) Meliaceae. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Bedoya, J., Estévez, J., y Castaño, J. 2010. Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín científico museo e historia natural*. 14 (2): 77-91.
- Bonilla, C. 2016. Caracterización de la lluvia de semillas en el Biotopo Protegido Cerro Cahuí, Petén, durante la época lluviosa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos. Petén, Guatemala. Pp. 71.

- Cano, A., Zavala, H., Orozco, A., Valverde, M. y Pérez, P. 2012. Composición y abundancia del banco de Semillas en una región Semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y Temporal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 2 (83): 437-446.
- Cameras, M. 2006. Tamaño y densidad poblacional de la chachalaca olivácea (*Ortalis vetula Wagler, 1983*) en el zoológico regional Miguel Álvarez Del Toro, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Calderón, C., Correa, M. y Muñoz, J. 2009. Potencial del banco de semillas y la lluvia de semillas en la restauración natural de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual (Florenca-Caquetá, Colombia). *Revista Facultad de ciencias básicas*. 1 (1): 118- 127.
- Cancino H. D. 1999. Factores asociados a la Regeneración del chicozapote (*Manilkara zapota* Van Royen (sapotaceae) en el Centro Ecológico y Recreativo “El Zapotal”, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tesis de Maestría de Educación para el Desarrollo y la Conservación CATIE. Turrialba Costa Rica. Pp. 99.
- Cintrón, B. B. 1990. *Cedrela odorata* L. *Silvics of North America, Department of Agriculture, Forest Service*. Washington DC. 2 (654): 128-134.
- Clark, C., Poulsen, J. y Parker, V. 2001. The role of arboreal seed dispersal groups on the seed rain of a Lowland Tropical Forest. *Biotropica*. 33 (4): 606-620.
- Comisión Nacional Forestal, (CONAFOR). 2009. Inventario nacional forestal y de suelos. 2009. <http://www.cnf.gob.mx/>. Consultado el 10 de octubre del 2018.

- Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2017. La importancia que tienen los Bosques Tropicales. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/la-importancia-que-tienen-los-bosques-tropicales>. Consultado el 25 de marzo del 2019.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). 2019. Plan de Manejo y Conservación del Cedro (*Cedrela odorata L.*) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Bogotá, Colombia. Pp.1-57.
- Cousens, R., Dytham, C. y Law, R. 2008. Dispersal in plants: a population perspective. *Annals of Botany*. 103 (3): 1-2.
- Cuesta, V., Martínez, C y Urrutia, Y. 2017. Formación del banco de semillas durante la revegetación temprana de áreas afectadas por la minería en un bosque pluvial trópic del Choco Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 65 (1): 393-404.
- Dalling, J., Swaine, M. y Garwood, N. 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology*. 2 (79): 564-578.
- Di Battista, T., Fortuna, F. y Maturo F. 2016. BioFTF: An R package for biodiversity assessment with the functional data analysis approach. *Ecological Indicator*. 73: 726-732.
- Dirzo, R. Aguirre, A. y López, J. 2009. Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados. *Investigación ambiental*. 1 (1): 17-22.
- Domínguez, V. G. 1992. El banco de semillas en la regeneración de comunidades sucesionales de la selva Lacandona, Chiapas. Tesis de licenciatura en biología. Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas (ICACH). Pp. 70.
- Flores, S. y Dezzeo, N. 2005. Variaciones temporales en la cantidad de semillas en el suelo y en lluvia de semillas en un gradiente bosque-sabana en la gran sabana, Venezuela. *Interciencia*. 1 (30): 39-43.



Fryxell, P. A. 1992. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, AC. Xalapa, Veracruz, México. Pp. 1-3.

Granados, R., Sánchez, A., Martínez, D. y Octavio, P. 2017. Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88 (1): 122-135.

Gómez, H. 2013. Lluvia de semillas en un gradiente sucesional de bosque mesófilo de montaña, en La Reserva de la Biosfera el Triunfo Chiapas, México. Tesis de Maestría en ciencias. Facultad de Biología. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Godínez, S., Rodríguez, F., López, N. y Camposeco, J. 2016. Evaluación de la regeneración natural de tres especies de coníferas en áreas de distribución natural en el altiplano occidental de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 3 (1): 5-17.

Godínez, O. y López, L. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología*. 73 (2): 283-314.

Gómez-Pompa, A. y Dirzo, R. 1995. Reservas de la biósfera y otras áreas naturales protegidas de México. México, D. F. [https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/reservasBiosfera\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/reservasBiosfera_Cont.pdf). Consultado 15 de marzo del 2019.

Gómez, T. M. L. 2021. Efecto del hábitat y la estructura del paisaje sobre la diversidad de los odonatos adultos en los ríos Naha y Puerto Bello Metzabok. Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Tesis de doctorado. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas.

Ibarra, G., y Cornejo, G. 2010. Diversidad de frutos de los árboles del bosque tropical perennifolio de México. *Acta Botánica Mexicana*. 90 (1): 51-104.

- Ibarra, G., Martínez, M. y Cornejo, T. 2015. Frutos y semillas del bosque tropical perennifolio: región de los Tuxtlas, Veracruz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F. Pp.1-356.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). 2017. Cedro, *Cedrela odorata*, paquete tecnológico forestal. Dirección de Desarrollo Forestal. Guatemala. Pp. 1-97.
- Juárez, A. A., Herrera, C. N., Martínez, P. J. y Reyes, M. U. 2016. Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Guerrero, México. *CIBA Revista iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias*. 10 (5): 1-20.
- Koleff, P., Urquiza, T. y Contreras, B. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Revista Ecosistemas*. 21 (1-2): 6-20.
- Magurran, E. 1988. Ecology diversity and its measurement. University Press. Princeton, United States. Pp. 179.
- Marañón, T. 2001. Ecología del banco de semillas y dinámica de comunidades mediterráneas. *Ecosistemas mediterráneos*. 155-179.
- Marques, M. y Oliveira, P. 2007. Seasonal rhythms of seed rain and seedling emergence in two tropical rain forests in southern Brazil. *PlantBiology*. 10 (5): 596-603.
- Martínez, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 3 (54): 179-224.
- Martínez, R. M. y García, O. X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80: 69-84.

- Martínez, Y., Castillo, A., Álvarez, J., Collazo, O. y Zavala, A. 2013. Lluvia y banco de semillas como facilitadores de la regeneración natural en un bosque templado de la ciudad de México. *Interciencia*. 6 (38): 400-409.
- Miranda, F. 1952. Vegetación de Chiapas, Volumen 1. Ediciones del estado, Tuxtla Gutiérrez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Pp. 334.
- Miranda, F. y Hernández, X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28 (97): 29-179.
- Muñoz, J. 2017. Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*. 7(2): 130-143.
- Norden, N. 2014. Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*. 17 (2): 247-261.
- Ochoa, G. S., Pérez, H. I. y Jong, B. H. J. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*. 2(56): 657-673.
- Olvera-Luna, A. R., Gama-López, S. y Delgado-Salinas, A. 2012. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Biología. Departamento de Botánica. México D.F. Pp. 1-3.
- Orozco, C. y Montagnini, F. 2007. Lluvia de semillas y sus agentes dispersores en plantaciones forestales de nueve especies nativas en parcelas puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Revista Recursos naturales y ambiente*. 49: 131-140.
- Palacios, E., Beutelspacher, C, y Sarmiento, O. 2015. Vegetación y flora del Parque Ecológico y Recreativo El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista Lacandonia*. 1(10): 37-85.

- Pennington, T. y Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Fondo de cultura. México, D.F.
- Quinto, H., Rengifo, R. y Ramos, Y. 2009. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque pluvial tropical de Chocó (Colombia). *La Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*. 62 (1): 4855-4868.
- Ramírez, N., Gonzalez, M. y Quintana, P. 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosque de pino-encino de los Altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana*. 20: 59-75.
- Ramírez, M. I. 2016. Fabaceae (Leguminosae) en la Península de Yucatán, México. Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán. Pp. 111- 116.
- Rodríguez, M., Puentes, J. y Córtes. 2006. Caracterización temporal de la lluvia de semillas en un bosque nublado del cerro de Mapacha (Bocaya- Colombia). *Revista Académica Colombiana*. 30 (117): 619-624.
- Ramírez, M. I. 2016. Fabaceae (Leguminosae) en la Península de Yucatán, México. Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán. Pp. 111- 116.
- Rodríguez, J., Sinaca, P. y Jamangapé, G. 2009. Frutos y semillas de árboles tropicales de México. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F.
- Rodríguez-Santamaría, M., Puentes-Aguilar, J. y Cortés-Pérez, F. 2006. Caracterización temporal de la lluvia de semillas en un bosque nublado del cerro Mamapacha (Bocayá-Colombia). *Revista Académica Colombiana Ciencia*. 30 (117): 619-624.

- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Editorial LIMUSA. México, D.F. Pp. 504.
- Sábado, T. J. 2010 Fundamentos de bioestadística y análisis de datos para enfermería. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. Pp. 89-91.
- Sánchez, A. y Vega, A. 2002. Lluvia de semillas en un bosque alto andino en una zona de la región de Mamapacha (Boyacá, Colombia). Trabajo de grado (Biólogo). Facultad de biología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Sánchez, G. F., Valenzuela, G. A., Valdez, H. J. I., y González, G. C. A. 2017. Estructura y diversidad de especies arbóreas en el sitio arqueológico “El mirador”, selva lacandona, Chiapas. *Polibotanica*. 44 (1): 79-94.
- Sánchez, B., Ibarra, G. y González. 1991. Manual de identificación de frutos y semillas anemocoros de árboles y lianas de la estación “Los Tuxtlas” Veracruz, México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. Pp. 1-86.
- Sánchez, P. B., Castillo, A. O. y Cámara, C. L. 2011. Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el parque estatal de agua blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Polibotánica*. 32: 63-88.
- Secretaría de Medioambiente Recursos Naturales, (SEMARNAT). 2002. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo, México. [http://www.ccmss.org.mx/wpcontent/uploads/2014/10/Anuario\\_estadistico\\_de\\_la\\_produccion\\_forestal\\_2001.pdf](http://www.ccmss.org.mx/wpcontent/uploads/2014/10/Anuario_estadistico_de_la_produccion_forestal_2001.pdf). Consultado el 10 de octubre del 2018.

- Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN). 2013. Programa de manejo del centro ecológico recreativo “el zapotal”. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.  
[http://sistemaestatalambiental.chiapas.gob.mx/siseiach/descargas/pm{anp/PROGRAMA\\_DE\\_MANEJO\\_EL\\_ZAPOTAL.pdf](http://sistemaestatalambiental.chiapas.gob.mx/siseiach/descargas/pm{anp/PROGRAMA_DE_MANEJO_EL_ZAPOTAL.pdf). Consultado el 12 de febrero del 2019.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2012. Flora Nativa de Tuxtla Gutiérrez: Registro fotográfico de las especies nativas, uso actual y potencial ornamental en el paisaje urbano. Chiapas, Tuxtla Gutiérrez. Pp. 411.
- Shannon, E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*. 27: 379-423.
- Serrana, R. 2003. Regeneración natural: situaciones, conceptos, factores y evaluación. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales .1 (15): 11-15.
- Sione, S., Ledesma, S., Rosenberger, L., Galliusi, R. y Sabattini, R. 2015. Banco de semillas del suelo, en relación a dos estados sucesionales del bosque nativo en Entre Ríos. *Quebracho- Revista de Ciencias Forestales*. 23 (1-2): 62-76.
- Tibisay, M., Naranjo, E., Gámez, E. y Murillo, J. 2013. Lluvia de semillas en una selva nublada y en un bosque secundario en Los Andes Venezolanos. *Ecotrópicos*. 28 (1-2): 1-13.
- Trujillo, L., López, A. y Vargas, O. (2008). Lluvia de semillas en borde de bosque. En: Vargas, O. (Ed.). Estrategias para la restauración ecológica de bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Colombia, Bogotá. Pp. 282-293.

- Zuluaga, S. 2010. Regeneración inicial y composición de formas de vida de plantas en rozas experimentales en una selva húmeda tropical del Chocó colombiano. *Ecotropicos*. 23 (2): 100- 113.
- Van Roosmalen, M. Fruits of the guian flora. 1985. Fruits of the Guianan flora. Institute of Systematic Botany. Wagwningen. Pp. 483.
- Vázquez, M., Armenta, S., Campos, J. y Carvajal, C. 2010. Árboles de la región de los Tuxtlas. Veracruz, México. Pp. 202.
- Zamora, N. Jiménez, Q. y Poveda, L. 2004. Árboles de Costa Rica. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Pp. 556.