



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAestrÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN
FACULTAD DE BIOLOGÍA

**“EFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT EN LA FENOLOGÍA Y
DEMOGRAFÍA DE *TABEBUIA ROSEA* EN UN BOSQUE CADUCIFOLIO”**

TESIS

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA

BIÓL. JULIO HERNÁNDEZ GÓMEZ

Directora de tesis:

Dra. YVONNE HERRERÍAS DIEGO

Morelia, Michoacán.



Las especies que sobreviven no son los más fuertes, ni las más rápidas, ni las más inteligentes; sino aquellas que se adaptan mejor al cambio.

--Charles Darwin--

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis papás y a mis hermanos, quienes han estado a mi lado todo este tiempo, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y las principales fuentes de inspiración de este " **sueño alcanzado**". Como símbolo de gratitud del apoyo incondicional que me han brindado en esta fase tan importante de mi vida profesional.

A mis hermanos, sobrinos y Kathleen, una meta bien trazada es medio camino avanzado. Ningún sueño es imposible de alcanzarlo, solo hay que ser tenaz en él, este trabajo es un ejemplo de ello.

AGRADECIMIENTOS

- A la UMSNH, la facultad de Biología y el programa institucional de maestría en ciencias biológicas, por las enseñanzas y el aprendizaje obtenido.
- Al proyecto " Efecto de la fragmentación del bosque en la fenología, éxito reproductivo y estructura genética de las especies maderables en Mesoamérica" financiado por CONACyT, por aportar los recursos para la realización de esta tesis.
- A las instituciones que aportaron el recurso: a CONACyT por la beca otorgada (no.598606), al Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), proyecto # 280505
- A Dra. Yvonne Herreras Diego por confiar en mí, por sus comentarios y apoyo para la realización de este trabajo, por brindarme su amistad y ayudarme a crecer profesionalmente.
- Al Dr. Alejandro Salinas Melgoza por sus comentarios y recomendaciones para la realización de este trabajo, por brindarme su amistad y ayudarme a crecer profesionalmente.
- A mis sinodales el Dr. Arnulfo Blanco García, el Dr. Mauricio Quesada Avendaño, el Dr. Horacio Paz Hernández y el Dr. Leonel López Toledo por sus aportaciones y valiosos comentarios para mejorar este trabajo.
- A mis papás y hermanos por su amor y apoyo incondicional, y por inculcarme principios y valores que me ayudaron a ser una persona como lo soy ahora.
- A Kathleen por motivarme, el apoyo incondicional de todos los días y por el apoyo durante el trabajo de campo y laboratorio.
- A mis compañeros de tesis, Alicia, Mauricio, Esmeralda y Gerardo por sus apoyos y porque ustedes hicieron que los trabajos en campo fueran divertidos.
- A mis compañeros y amigos del laboratorio de vida silvestre: Sammy, Isis, Marcos, Frecia, Xochilt y Ricardo, por brindarme su amistad, por la ayuda tanto en el laboratorio como en campo y porque aprendí mucho de ustedes.
- A mis compañeros y amigos de la Generación: Oscar, Rosa, Iris, Everardo, Jocelyn, Raymundo, Adrián, Leví, Aglaen y Francisco por brindarme su amistad, por la ayuda tanto en el laboratorio como en campo y porque aprendí mucho de ustedes.
- A las familias Mendoza G. y Farías F., por el apoyo y permitirnos trabajar en sus ranchos.

¡¡ A todos ustedes, muchas gracias!!...

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
3. HIPÓTESIS.....	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
4.1 SITIO DE ESTUDIO	7
4.2 ESPECIE DE ESTUDIO	8
4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	8
4.3.1 Selección de los sitios.....	8
4.3.2 Censos demográficos.....	9
4.3.3 La fenología y el éxito reproductivo	10
4.4 INTERACCIONES BIÓTICAS.....	10
4.4.1 Grabación de visitas de flores.....	10
4.4.2 Depredación de flores	11
4.4.3 Cobertura de lianas.....	12
4.5 FACTORES FÍSICOS.....	12
5. RESULTADOS.....	14
5.1 Censos demográficos	14
5.2 Proyecciones de crecimiento poblacional	15
5.3 Análisis de Sensibilidad y Elasticidad	16
5.4 FENOLOGÍA Y ÉXITO REPRODUCTIVO.....	16
5.4.1 Sincronía en la floración	16
.....	17
5.4.2 Producción de flores y frutos.....	17
5.5 INTERACCIONES BIÓTICAS.....	18
5.5.1 Tasa de visitas y comportamiento de los visitantes de flores.....	18
5.5.2 La depredación de flores.....	19
5.5.3 Cobertura de lianas.....	20
5.6 FACTORES FÍSICOS.....	21
6. DISCUSIÓN.....	24

6.1 Efecto de la fragmentación del hábitat en las tasas demográficas.....	24
6.2 Proyecciones de crecimiento poblacional	25
6.3 Sensibilidad y Elasticidad de la población a los efectos de la fragmentación de hábitat.....	25
6.4 Efecto de la fragmentación del hábitat en la fenología: éxito reproductivo	25
6.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FENOLOGÍA Y DEMOGRAFÍA.....	26
6.5.1 Tasas de visitas y comportamiento de los visitantes de flores y su influencia en el éxito reproductivo.....	26
6.5.2 Efecto de la depredación de flores en el éxito reproductivo	27
6.5.3 Efecto de las lianas en el éxito reproductivo.....	28
6.5.4 Efecto de la fragmentación del hábitat en los factores físicos y biológicos; sus influencias en el éxito reproductivo	28
7. CONCLUSIONES.....	30
8. BIBLIOGRAFÍA.....	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio en el municipio de Lázaro Cárdenas	7
Figura 2. Características morfológicas de <i>Tabebuia rosea</i> : a) individuo adulto, b) fruto y hoja, c) inflorescencia, d) partes reproductivas de la flor y e) semillas	8
Figura 3. Estructura poblacional de <i>T. rosea</i> en ambas condiciones de estudio.....	14
Figura 4. Probabilidad de sobrevivencia de los individuos de <i>T. rosea</i> en dos condiciones de hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar.....	15
Figura 5. Tamaño de las poblaciones en el futuro en ambas condiciones de bosque (a. Bosque continuo y b. Bosque fragmentado). Lambda (λ) =1 (población estable), $\lambda < 1$ (población en declive) y $\lambda > 1$ (población en crecimiento). Proyecciones de 47 generaciones	16
Figura 6. Número de individuos con flores en los días de registro en ambas condiciones de bosque	17
Figura 7. Proporción de individuos reproductivos de <i>T. rosea</i> en ambas condiciones de hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar.....	18
Figura 8. Tasa de visitas de las flores de <i>T. rosea</i> en ambas condiciones de hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar.....	19
Figura 9. Proporción de flores depredadas por <i>O. poliocephala</i> en ambas condiciones del hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar.....	20
Figura 10. Relación de la proporción de flores depredadas con respecto a la producción de frutos ($r=0.81$, $r^2=0.66$, $p<0.001$ y $y = -0.0195x + 0.9727$).	20
Figura 11. Asociación entre el porcentaje de cobertura de lianas y la producción de flores ($r=0.37$, $r^2=0.141$, $p=0.04$, y $y = -2E-05x + 0.7868$).....	21
Figura 12. Relación entre el porcentaje de humedad relativa (HR) y la producción flores de <i>T. rosea</i> ($r=0.55$, $r^2=0.32$, $p=0.05$, y $y = -2E-05x + 0.5961$).	22
Figura 13. Relación entre la cobertura vegetal y la producción flores de <i>T. rosea</i> ($r=0.70$, $r^2=0.48$, $p=0.02$, y $y = -1E-05x + 0.8988$).....	23
Figura 14. <i>Ortalis poliocephala</i> consumiendo flores de <i>Tabebuia rosea</i> : a) Depredación completa de flores. b) Depredación parcial de flores (cáliz y ovarios intactos)	28

RESUMEN

La fragmentación del hábitat, producto de la deforestación, es uno de los principales problemas que enfrentan los bosques tropicales secos. Las principales consecuencias de este proceso son el aislamiento entre conspecíficos, cambios en las interacciones bióticas y alteración de las condiciones microclimáticas, lo cual puede tener efecto en la reproducción y la sobrevivencia de las poblaciones naturales, poniendo a las especies en alguna categoría de riesgo. Se determinaron los efectos de la fragmentación del hábitat en la fenología y demográfica de la rosa morada (*Tabebuia rosea*) comparando sus poblaciones en bosque continuo y fragmentos de bosque, en parcelas permanentes de 100 x 20 m (cinco parcelas por condición). Se compararon las tasas de natalidad, mortalidad y sobrevivencia de los individuos entre las condiciones de bosque. También se comparó la proporción de flores que produjeron frutos (fruit-set) entre las condiciones de bosque. Adicionalmente, se determinaron los efectos de la fragmentación del hábitat en los factores físicos (intensidad de luz, temperatura (T), humedad relativa (HR) y humedad del suelo) e interacciones bióticas (polinización, depredación y competencia) y sus influencias en el éxito reproductivo de la *T. rosea*. La tasa de natalidad y mortalidad de los individuos fue similar entre las condiciones de bosque. La tasa de visita de los polinizadores fue menor en los fragmentos de bosque. La depredación y competencia junto con los efectos de la fragmentación redujeron el número total de frutos producidos. Los valores de los factores físicos fueron similares entre las condiciones del bosque. Nuestro estudio, muestra que la fragmentación del hábitat aunado a los efectos de las interacciones bióticas afecta negativamente el éxito reproductivo de la población de *T. rosea*. Por consiguiente, existe una reducción del tamaño de su población en los fragmentos bosque.

Palabras clave: sobrevivencia, mortalidad, sincronía, polinización y depredación.

ABSTRACT

Habitat fragmentation, the result of deforestation, is one of the main problems faced by tropical dry forests. The main consequences of this process are the isolation between conspecifics, changes in biotic interactions and alteration of microclimatic conditions, which may have an effect on the reproduction and survival of natural populations, putting the species in some category of risk. We determined the effects of habitat fragmentation on the phenology and demography of the purple rose (*Tabebuia rosea*) by comparing its populations in continuous forest and forest fragments, in permanent plots of 100 x 20 m (five plots per condition). The birth, mortality and survival rates of individuals were compared between forest conditions. The proportion of flowers that produced fruits (fruit-set) between forest conditions was also compared. Additionally, the effects of habitat fragmentation on physical factors (light intensity, temperature (T), relative humidity (RH) and soil moisture) and biotic interactions (pollination, predation and competition) and their influences on the reproductive success of *T. rosea*. The birth and mortality rate of the individuals was similar among the forest conditions. The visit rate of the pollinators was lower in the forest fragments. Predation and competition along with the effects of fragmentation reduced the total number of fruits produced. The values of the physical factors were similar between forest conditions. Our study shows that the fragmentation of the habitat together with the effects of biotic interactions negatively affects the reproductive success of the population of *T. rosea*. Consequently, there is a reduction in the size of its population in forest fragments.

Key words: survival, mortality, synchrony, pollination and predation.

1. INTRODUCCIÓN

La fragmentación del hábitat, producto de la deforestación, se ha posicionado como uno de los principales peligros para el mantenimiento de la biodiversidad, no sólo en los sistemas tropicales, sino en todos los ecosistemas terrestres (Bierregaard et al., 2001). Dicha fragmentación, por una parte, disminuye la densidad de las poblaciones naturales y por otra, ocasiona la formación de parches de bosque con poblaciones remanentes, distantes de las poblaciones en bosque continuo, y aisladas entre sí por una matriz de elementos distintos a los originales (Saunders et al., 1991; Murcia, 1996; Fahrig 2003; Herrerías et al., 2006). La pérdida de continuidad genera cambios importantes en el ambiente físico, que afectan tanto a las poblaciones de plantas como a las de animales y por ende altera el funcionamiento de la comunidad (Cristóbal, 2011). Además, la pérdida de continuidad del bosque puede ocasionar alteración en la variabilidad genética, lo cual puede derivar en la pérdida de poblaciones y hasta especies en casos extremos (Saunders et al., 1991; Brooks et al., 2002, Aguilar et al. 2008).

Los árboles tropicales tienen características particulares que los hacen vulnerables a la fragmentación del hábitat; son polinizados en su mayoría por animales y presentan tasas de exocruzamiento altas (Fuchs et al., 2003; Quesada et al., 2003, 2004; Herrerías et al., 2006, Quesada et al. 2013); estas son promovidas por los rasgos reproductivos que fomentan la polinización animal, como es la presencia de recompensa ya sea néctar, polen o una combinación de ambas, ya que han evolucionado en ellos sistemas de autoincompatibilidad, así como la presencia de flores unisexuales (James et al, 1998). La modificación en la densidad de plantas y sus polinizadores en ambientes fragmentados, puede tener efectos críticos en el éxito reproductivo (Aizen & Feinsinger, 1994), este es determinado por la producción de flores, frutos y semillas, aunados a otros procesos (Murcia, 1996). Una reducción en el número de individuos que componen la población está íntimamente relacionada con una disminución en la intensidad de floración por unidad de área (Herrerías-Diego *et al.*, 2006). De la misma manera, al incrementarse la distancia entre árboles reproductivos, disminuye la disponibilidad de polen y el número de

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

visitas de polinizadores, alterando la eficiencia de polinización (Aizen y Feinsinger, 1994; Cascante et al, 2002). De la misma forma que puede afectar el éxito reproductivo, la fragmentación puede afectar de manera negativa las tasas demográficas de las poblaciones naturales y este efecto puede ser distinto en cada categoría de edad (Benítez, 1998). Las principales consecuencias registradas son: a) diferenciación en la mortalidad y en el crecimiento de los individuos de la población, especialmente de plántulas, resultando en una disminución en el reclutamiento de nuevos individuos (Scariot, 1999; Bruna, 2002); b) alteración de los factores ambientales tales como la disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura, el fuego, la disponibilidad de luz, los cuales influyen sobre el reclutamiento de plántulas en el bosque tropical (Khurana & Singh, 2000).

2. OBJETIVOS

Determinar el efecto de la fragmentación del hábitat en la fenología y demografía de rosa morada (*Tabebuia rosea*), especie arbórea de los bosques secos

Determinar el efecto de la fragmentación del hábitat en la tasa de visita y comportamiento de los visitantes de flores (polinizadores y ladrones de néctar) en la misma especie

Evaluar el efecto de la fragmentación del hábitat en los factores físicos e interacciones bióticas y sus influencias en el éxito reproductivo de *T. rosea*.

3. HIPÓTESIS

La fragmentación del hábitat modifica las condiciones microclimáticas tales como mayor incidencia de luz, cambios en las temperaturas diarias y en la humedad relativa (Herrerías-Diego et al., 2006; Martínez-Ramos & García-Orth, 2007). Estos influyen sobre la tasa de germinación y la sobrevivencia de plántulas (Martínez-Ramos & García-Orth, 2007; López-Gómez, 2009). Además, la presencia de cultivos y pastizales impiden el establecimiento de las plántulas, principalmente por la competencia por recursos (Martínez-Ramos & García-Orth, 2007). Por lo tanto, se esperaba obtener efectos diferenciales de la fragmentación sobre cada estadio de desarrollo y las plántulas sean el estadio más susceptible, presentando mayor porcentaje de mortalidad.

La pérdida de cobertura vegetal altera variables climáticas a nivel local tales como incrementos en la radiación solar y disminución en la disponibilidad de agua en el suelo, lo cual puede propiciar desfases en el tiempo de inicio y duración de la floración, derivando en periodos reproductivos asincrónicos (Herrerías-Diego et al., 2006). Por ende, se esperaba poca sincronía en la floración de los individuos, produciendo una separación temporal de la reproducción y evitándose en cierta medida el apareamiento entre condiciones

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

La fragmentación del hábitat afecta de manera negativa las tasas de visitas y comportamiento de los visitantes (Lobo et al., 2016). Por lo cual, se esperaba diferencias estadísticas significativas de las tasas de visitas entre condiciones, siendo mayor en el bosque continuo.

La fragmentación del hábitat altera las condiciones climáticas a nivel local tales como mayor incidencia de luz, cambios en las temperaturas diarias y en la humedad relativa (Herrerías-Diego et al., 2006; Martínez-Ramos & García-Orth, 2007), así como también genera disminución en la disponibilidad de agua en el suelo (Herrerías-Diego et al., 2006), por ello, se esperó encontrar diferencias significativas en los valores de los factores físicos (humedad del suelo, humedad relativa, intensidad de luz y temperatura) entre condiciones.

4.2 ESPECIE DE ESTUDIO

Tabebuia rosea (Bignoniaceae). Es un árbol alto que alcanza desde 25 a 30 m de altura y 1 m de diámetro (Fig.2). La floración se presenta de marzo a junio y la polinización es entomófila. El área de distribución natural se encuentra en la vertiente del Golfo de México, el norte de Chiapas y sur de Quintana Roo; en la vertiente del Pacífico se extiende desde Nayarit hasta Chiapas (Penningtón & Sarukhán, 1998)

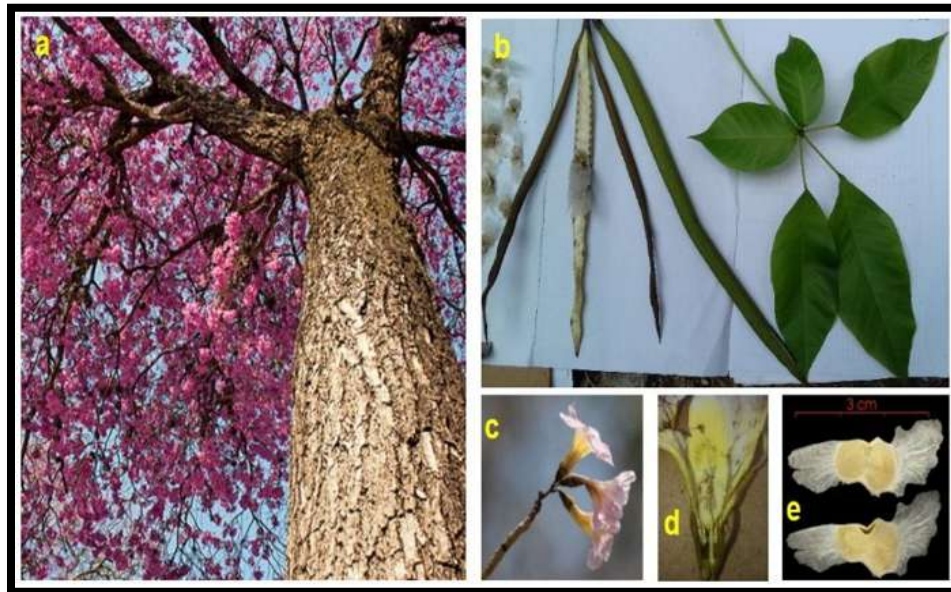


Figura 2. Características morfológicas de *Tabebuia rosea*: a) individuo adulto, b) fruto y hoja, c) inflorescencia, d) partes reproductivas de la flor y e) semillas

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

4.3.1 Selección de los sitios

Para determinar los efectos de la fragmentación del hábitat sobre *T. rosea* se compararon sus poblaciones en condiciones de bosque continuo y fragmentado. La selección de sitios fue principalmente por la matriz que los rodea, por ello un árbol se consideró como en hábitat fragmentado sí se encuentra rodeado por una matriz de campos agrícolas, zonas de pastoreo y/o asentamientos humanos. Se consideraron en bosque continuo sí se encuentran rodeados por una matriz de bosque maduro

(Herrerías et al., 2006; López, 2008). Con los criterios ya mencionados se marcaron cinco parcelas permanentes de 100 x 20 m en ambas condiciones.

4.3.2 Censos demográficos

Dentro de cada parcela se marcaron y censaron durante seis bimestres a todos los individuos de *T. rosea* independientemente de la edad, esto fue para registrar la sobrevivencia y la mortalidad en los individuos en ambas condiciones. De acuerdo a su altura y diámetro los individuos se incluyeron en una de las seis siguientes categorías con base al diámetro (cm): plántulas₁=0.030-1.2; plántulas₂=1.2-2.2), juveniles=2.2-6.5, brinzales=6.5-15, adultos₁=15-30 y adultos₂=30-54). Con los datos de los censos demográficos se construyeron tablas de vida, una para cada condición. De ellas se extrajeron valores claves, tales como la tasa de sobrevivencia (l_x) y de mortalidad (q_x), así como la fecundidad (m_x), para construir matrices de transición y proyecciones de crecimiento poblacional, para conocer el estado en que se encuentra la población de esta especie ante los efectos de la fragmentación y un análisis de Sensibilidad (S_{ij}) y Elasticidad (E_{ij}) para conocer el componente demográfico más importante.

Para determinar la probabilidad de sobrevivencia se utilizó un modelo lineal no generalizado aplicando el procedimiento GENMODE (SAS, 2000). Este procedimiento realiza una prueba de chi-cuadrada (de bondad de ajuste), la cual hace una interacción matricial tomando por un lado una matriz con el conjunto de datos observados y otra con el conjunto de datos esperados.

Para las proyecciones de crecimiento poblacional se realizó la multiplicación de los tres parámetros demográficos por un vector, en este caso se tomaron los valores del número de individuos en cada clase de edad, el resultado de esta multiplicación es un nuevo vector que representa el tamaño de la población en la siguiente generación. Al multiplicar sucesivamente los vectores resultantes con los parámetros de tablas de vida se obtuvieron las proyecciones del crecimiento para ambas condiciones de bosque. Cuando λ se estabilizó, se obtuvieron los eigenvalores de la matriz original y transpuesta, para el análisis de sensibilidad (S_{ij})

y elasticidad (E_{ij}) de la población de *T. rosea* ante los efectos de la fragmentación del hábitat, estos se realizaron con el programa Excel 16.0 (Microsoft Office 2016)

4.3.3 La fenología y el éxito reproductivo

Con el número de individuos que presentaron flores en cada fecha de registro se realizó el análisis de la sincronía en la floración con el comando traslape de nicho de "*Pianka*" del software EcoSim v7.72, con el cual se determinó el porcentaje de traslape en la floración de los individuos de ambas condiciones.

Se contabilizó también la producción de flores y frutos para conocer la proporción de flores que están produciendo frutos (fruit-set).

Para determinar si existen diferencias en la producción de flores y frutos se utilizaron el procedimiento GENMOD del software SAS (2000), con diferentes modelos: 1) para determinar la asociación del DAP con la producción de flores y frutos. 2) para establecer la relación entre la producción de flores y frutos. Se emplearon como factores de la variación la condición. Ambas variables tuvieron una distribución de tipo poisson y una función asociada log. Se utilizó el mismo procedimiento para determinar el fruit-set, en ello se usó como variable independiente la condición del bosque, la relación entre el número de flores producidas y el número de frutos como variable dependiente. La variable de respuesta tuvo una distribución binomial y una función asociada de tipo logit. Adicionalmente, usando el mismo procedimiento se determinó la proporción de individuos reproductivos, en el modelo se usó como variable dependiente el número de individuos reproductivos y la condición como factor de variación. La variable de respuesta tuvo una distribución binomial y una función asociada de tipo logit.

4.4 INTERACCIONES BIÓTICAS

4.4.1 Grabación de visitas de flores

Con cámaras de video digitales se registraron la llegada y el comportamiento de los visitantes a las inflorescencias de *T. rosea*. Las grabaciones se realizaron

durante el periodo máximo de floración (pico de floración). Cada día, se seleccionó un árbol dentro de las parcelas permanentes y se filmó durante un periodo de dos a tres horas utilizando de 1 a 2 cámaras enfocadas en 1 a 8 inflorescencias cada una. La grabación se realizó solo en los días soleados para evitar el efecto de las nubes y temperaturas más bajas en la actividad de los visitantes (Lobo et al., 2016). Se obtuvo un registro de 4 h de 2-8 inflorescencias para cada árbol.

Para comparar las tasas de visitas entre condiciones del bosque, se analizaron los datos utilizando el procedimiento GENMOD del software SAS (2000). En el cual se usó como variable explicativa el número de visitas y la condición como factores de variación. La variable de respuesta tuvo una distribución poisson y una función de enlace de tipo log. Se empleó el mismo procedimiento para determinar la duración de visitas entre los grupos de visitantes (ladrones y polinizadores), usando a la duración de visitas como variable dependiente y a los grupos de visitantes como variable independiente. Para evaluar la frecuencia de visitas de los grupos de visitantes se realizó una prueba de chi cuadrado realizada a partir de una tabla de contingencia.

4.4.2 Depredación de flores

Se contabilizó el número de flores depredadas por chachalacas (*Ortalis poliocephala*) en los individuos para conocer cómo esta interacción influye en el éxito reproductivo de la especie. Para ello se registró el número de flores en el primer día de la apertura y cada tercer día se contó el número de flores en el suelo (no depredadas). A partir de esta se calculó la proporción de flores depredadas.

Se determinó la proporción de árboles que sufrieron depredación de sus flores mediante el GENMOD del software SAS (2000), se empleó como variable dependiente el número de individuos reproductivos y a la condición como variable independiente. La variable de respuesta tuvo una distribución binomial y una función de enlace de tipo logit. Se utilizó el mismo procedimiento para determinar el efecto de la depredación de flores en el éxito reproductivo de la población. En el modelo se usó como variable explicada el número de frutos y a la proporción de flores

depredadas, la condición y su interacción como variables dependientes. Para conocer la relación entre la producción de frutos y la proporción de flores depredadas se realizó una regresión lineal con el programa R Studio. La variable dependiente fue el número de frutos por individuos y la proporción de flores depredados como variable independiente.

4.4.3 Cobertura de lianas

Para evaluar el efecto de la cobertura de lianas en el inicio e intensidad de floración de los individuos. Se realizaron evaluaciones visuales del porcentaje de su cobertura en los individuos reproductivos. También se obtuvo el número de lianas presentes en los árboles, con ello se comparó su abundancia entre las condiciones del bosque mediante un análisis de chi-cuadrada. Para determinar el efecto de las lianas en el inicio e intensidad de floración de los individuos se analizaron los datos con el procedimiento GENMOD del software SAS (2000). Se utilizó como variable dependiente el número de flores y al porcentaje de cobertura de lianas, la condición y su interacción como variables independientes. La variable de respuesta tuvo una distribución poisson y una función asociada de tipo log. Para evaluar la asociación entre el número de flores y el porcentaje de cobertura de lianas se realizó una regresión lineal con el programa R Studio. En el modelo se usó el número de flores por individuos como variable explicada y el porcentaje de la cobertura de lianas como variable explicativa.

4.5 FACTORES FÍSICOS

Para determinar el efecto de la fragmentación del hábitat en los factores físicos y su asociación con la producción de flores de *T. rosea*. En cada una de las parcelas marcadas en ambas condiciones se registraron los datos de la temperatura, humedad relativa (HR) e intensidad de luz con data loggers; la humedad del suelo con un sensor (medidor de humedad, WET Sensor HH2) y el porcentaje de cobertura vegetal con un densímetro esférico. Estos se registraron durante quince días en el periodo de floración de mayor intensidad. En el análisis estadístico, con el

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

fin de reducir el número de variables registradas se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Posteriormente, con las variables principales se realizó un análisis de varianza (ANOVA) del software SAS (2000). En el cual se usaron como variables dependientes a los factores físicos y biológicos y como variable explicativa a la condición del bosque. Para determinar el efecto de los factores físicos y biológicos en la producción de flores se analizaron los datos con el procedimiento GENMOD del software SAS (2000). Se empleó como variable dependiente el número de flores y la HR, la cobertura vegetal, la condición y su interacción como variables independientes. También se realizaron regresiones lineales con el programa R Studio para establecer la relación entre la HR, cobertura vegetal y el número de flores de los individuos.

5. RESULTADOS

5.1 Censos demográficos

Durante los censos poblacionales se registraron inicialmente un total de 192 individuos de *T. rosea* de todas las categorías de edad, 115 en el bosque continuo y 77 en los fragmentos, mientras que al final se registraron 173 individuos, 106 en bosque continuo y 67 en los fragmentos. La estructura de las poblaciones estudiadas es una curva tipo J invertida, indicando altas tasas de mortalidad en plántulas y elevadas tasas de supervivencia de los individuos restantes, principalmente de adultos (Fig. 3). Se registró la mortalidad de plántulas en la estación seca (9 en continuo vs 8 en los fragmentos) y el reclutamiento de nuevos individuos en la temporada de lluvias (12 en continuo vs 3 en los fragmentos), generando de esta manera una variación en la estructura de la población a través del tiempo. Aunque las tasas de natalidad y mortalidad fueron similares entre ambas condiciones de bosque ($\chi^2=2.79$, $df=1$, $p=0.09$ y $\chi^2=0.35$, $df=1$, $p=0.55$, respectivamente), el número total de individuos fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos de bosque ($\chi^2=24.23$, $df=5$, $p=0.0002$, Fig.3).

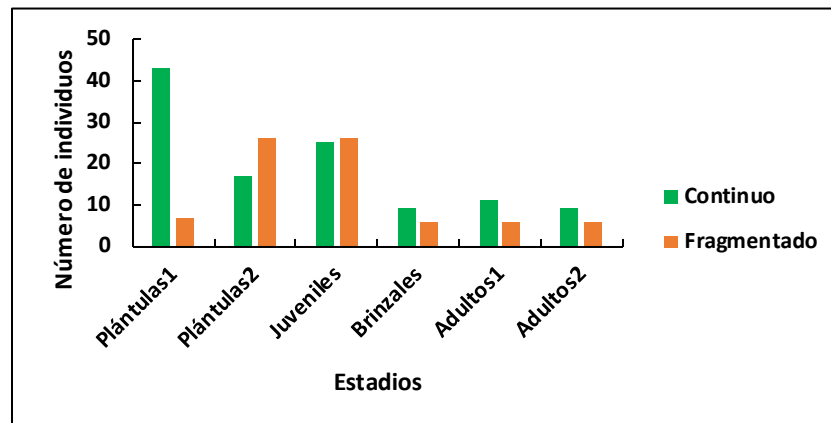


Figura 3. Estructura poblacional de *T. rosea* en ambas condiciones de estudio

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

De acuerdo con el análisis de sobrevivencia, los individuos en un bosque continuo tienen mayor probabilidad de sobrevivir en contraste con los individuos en los fragmentos de bosque (LSMean=17.11, SE= 0.36, $\chi^2= 58.58$, df= 1, $p= <0.04$, fig. 4).

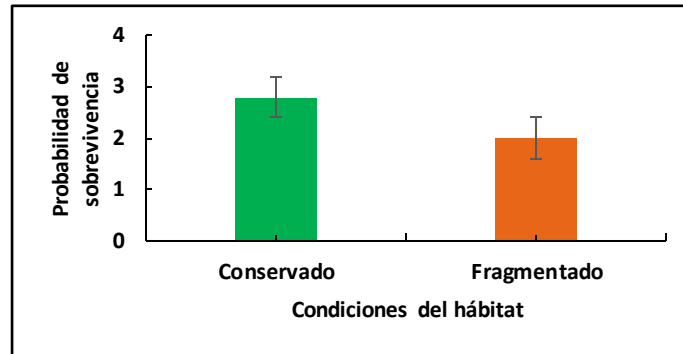
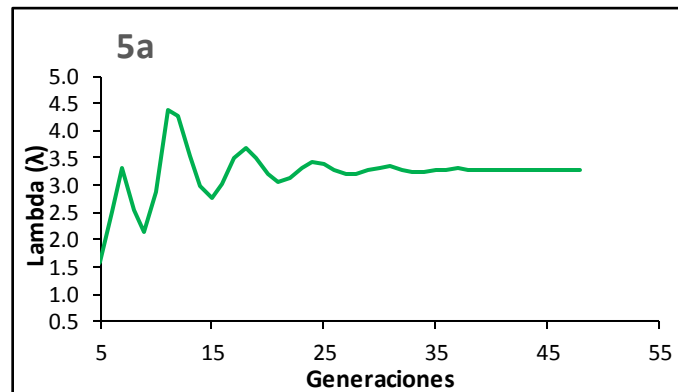


Figura 4. Probabilidad de sobrevivencia de los individuos de *T. rosea* en dos condiciones de hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar

5.2 Proyecciones de crecimiento poblacional

Las proyecciones de crecimiento muestran valores de lambda (λ) que indican que con los datos poblacionales actuales (número de individuos, tasas de natalidad y mortalidad y fecundidad), en el bosque continuo se observa crecimiento poblacional ($\lambda > 1$, Figura 5a) y en el bosque fragmentado la población se mantiene estable ($\lambda = 1$, Figura 5b). Se aprecia esta tendencia en los valores incluso después de 47 generaciones.



EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

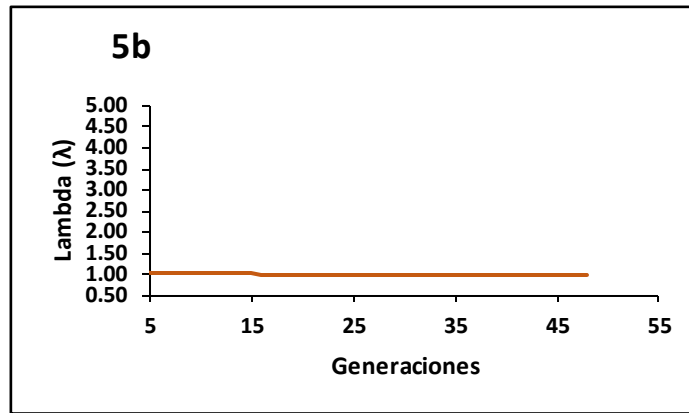


Figura 5. Tamaño de las poblaciones en el futuro en ambas condiciones de bosque (a. Bosque continuo y b. Bosque fragmentado). Lambda (λ) =1 (población estable), $\lambda < 1$ (población en declive) y $\lambda > 1$ (población en crecimiento). Proyecciones de 47 generaciones

5.3 Análisis de Sensibilidad y Elasticidad

Para el bosque continuo, los elementos de crecimiento (progresión) de la matriz de elasticidad contribuyeron con 61% de la elasticidad total y los elementos de reproducción con 15% del total. Para los fragmentos de bosque, la supervivencia (permanencia) aporta el 98% de la elasticidad total y la reproducción con tan sólo 1% del total.

5.4 FENOLOGÍA Y ÉXITO REPRODUCTIVO

5.4.1 Sincronía en la floración

El análisis de traslape demuestra poca sincronía en la floración entre los individuos de la misma condición (30%), mientras que esta variable se redujo entre individuos de distintas condiciones (13%). Esto es producto de una variación en la frecuencia de individuos que florecieron en distintos momentos durante el periodo reproductivo de la especie (Fig.6).

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

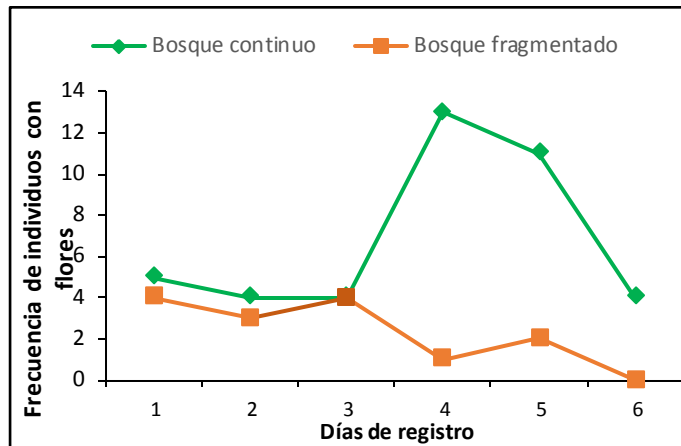


Figura 6. Número de individuos con flores en los días de registro en ambas condiciones de bosque

5.4.2 Producción de flores y frutos

La producción de flores y frutos cambió con el DAP de los individuos por efecto de un sólo árbol que produjo muchas flores y frutos (LSMean=1, SE=2.90E-6, $\chi^2= 1036.48$, df=1, $p<0.0001$ y LSMean=0.0002, SE=0.11, $\chi^2= 4.71$, df=1, $p<0.02$, respectivamente). Catorce individuos del bosque continuo y seis de los fragmentos presentaron floración y la proporción de individuos de *T. rosea* que produjeron flores fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos de bosque (LSMean= 0.42, $\chi^2= 4.16$, df=1, $p=0.04$, fig. 7). Sin embargo, la producción de flores fue mayor en los fragmentos de bosque que en el bosque continuo (LSMean= 10120.95, SE= 0.0021, $\chi^2= 2564242.1$, df=1, $p<0.0001$, número total de flores: 17,575 vs 5,974, respectivamente).

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

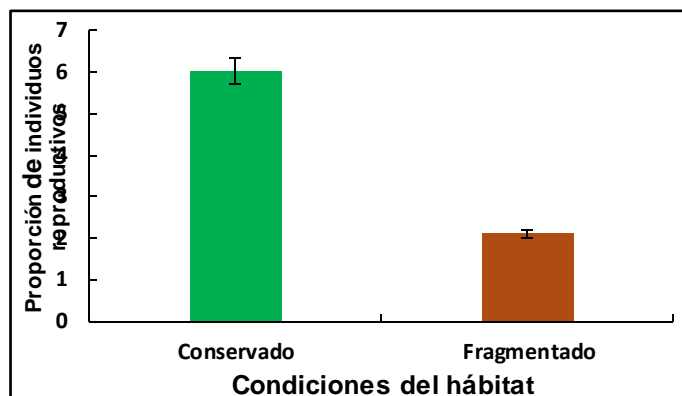


Figura 7. Proporción de individuos reproductivos de *T. rosea* en ambas condiciones de hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar

A pesar de lo anterior resulta interesante que la proporción de flores que se convirtieron en frutos (fruit-set) fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos (LSMean= 0.000161, SE= 1.39, $\chi^2 = 39.11$, df=1, $p < 0.0001$). No obstante, el número total de frutos producidos en el bosque continuo fue ampliamente mayor (227) que en los fragmentos (38).

5.5 INTERACCIONES BIÓTICAS

5.5.1 Tasa de visitas y comportamiento de los visitantes de flores

Los árboles en el bosque continuo recibieron más visitas (tasa de visita) de los visitantes de flores en comparación con los árboles en los fragmentos de bosque (LSMean = 78.15, SE= 0.036, $\chi^2 = 4549.8$, df=1, $p < 0.001$, fig. 8). Los visitantes florales se separaron en dos grupos con base al comportamiento: a) Las abejas son los polinizadores potenciales, entran a la corola hasta el disco nectarario. Las especies que pertenecen a este grupo son *Apis mellifera*, *Xylocopa* sp1, *Xylocopa* sp1 y dentro de ellas una especie de colibrí; *Heliomaster constantii*. b) Las abejas grandes y una especie de ave roban el néctar de la base de la corola en el borde adyacente al cáliz. Las especies pertenecientes a este grupo incluyen *Xylocopa violácea* e *Icterus cucullatus*. La frecuencia de visitas de los polinizadores potenciales se redujo en los fragmentos de bosque ($\chi^2 = 538.32$, gl= 1, $p < 0.001$). Sin embargo, la

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

frecuencia y duración de las visitas de los polinizadores fue significativamente mayor que las de los ladrones de néctar ($\chi^2=410.63$, $gl=10$, $p<0.001$ y $LSMean=-0.134$, $\chi^2=540.02$, $df=1$ $p<0.001$, respectivamente).

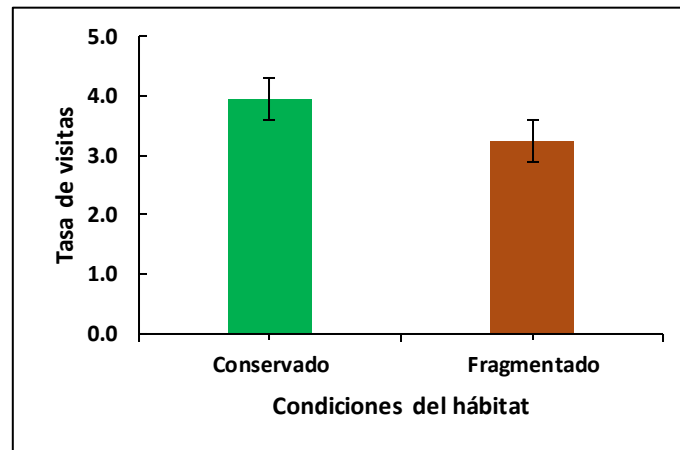


Figura 8. Tasa de visitas de las flores de *T. rosea* en ambas condiciones de hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar

5.5.2 La depredación de flores

La proporción de árboles que sufrieron depredación de sus flores no fue diferente entre las condiciones del bosque ($LSMean=2.199$, $\chi^2=0.05$, $df=1$, $p=0.63$). Sin embargo, la proporción de flores depredadas fue mayor en los fragmentos de bosque que en el bosque continuo ($LSMean=0.00084$, $\chi^2=85.79$, $df=1$ $p<0.001$, fig.9). El número total de flores depredadas fue significativamente mayor en los fragmentos (13,804) que el bosque continuo (4,799). Además, hubo una interacción significativa en la producción de frutos entre las condiciones bosque y la proporción de flores depredadas ($LSMean=145.37$, $\chi^2=35.71$, $df=1$, $p<0.001$), el efecto de la depredación fue mayor en los fragmentos que en el bosque continuo. Esta interacción influyó de manera negativa en la producción de frutos, existiendo una relación negativa entre estos parámetros ($r=0.65$, $r^2=0.42$, $p=0.007$), es decir, a mayor proporción de flores depredadas menor fue producción de frutos (fig.10).

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

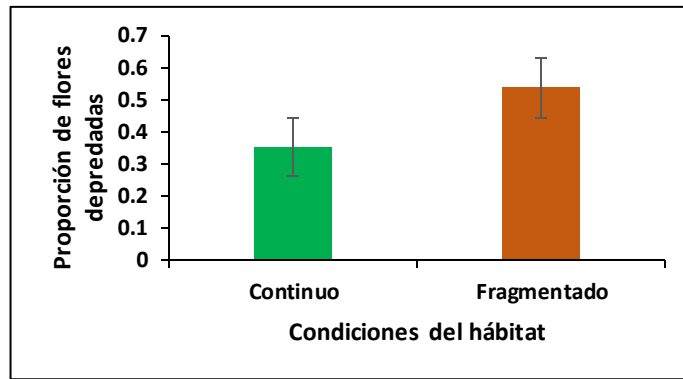


Figura 9. Proporción de flores depredadas por *O. poliocephala* en ambas condiciones del hábitat. Las líneas sobre las barras representan error estándar

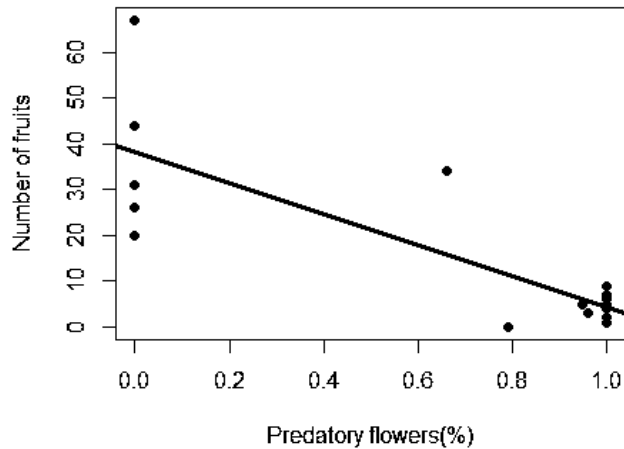


Figura 10. Relación de la proporción de flores depredadas con respecto a la producción de frutos ($r=0.81$, $r^2=0.66$, $p<0.001$ y $y = -0.0195x + 0.9727$).

5.5.3 Cobertura de lianas

La abundancia de lianas fue similar entre las condiciones del bosque ($\chi^2=8.62$, $df=1$, $p=0.07$), sin embargo, el porcentaje de cobertura afectó negativamente el inicio e intensidad de floración de los individuos de *T. rosea* ($LSMean=1.16E-16$, $\chi^2=13256.8$ $df=1$, $p < 0.001$) por el efecto de las especies de lianas perennifolio (*Machaerium riparium* Brandegees y *Combretum laxum* Jacq) y caducifolio (*Entada patens* Standl, *Combretum decandrum* Jacq. y *Didymaea* sp) encontradas en ambos sitios de estudio. Además, hubo una interacción significativa en la producción de

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

a menor HR los árboles produjeron más flores (fig.12). La cobertura vegetal también afectó de manera negativa la producción de flores (LSMean=1.75E-08, $\chi^2=15358.14$, df=1, $p < 0.001$). Existió también una interacción significativa en la producción de flores entre las condiciones del bosque y la cobertura vegetal (LSMean=2.48, $\chi^2=28.843808$, df=1, $p < 0.001$), el efecto de la cobertura vegetal fue mayor en el bosque continuo. Por lo tanto, hubo una relación negativa entre estas variables ($r=0.70$, $r^2=0.48$, $p=0.02$), es decir, a menor cobertura vegetal los árboles produjeron más flores (fig. 13).

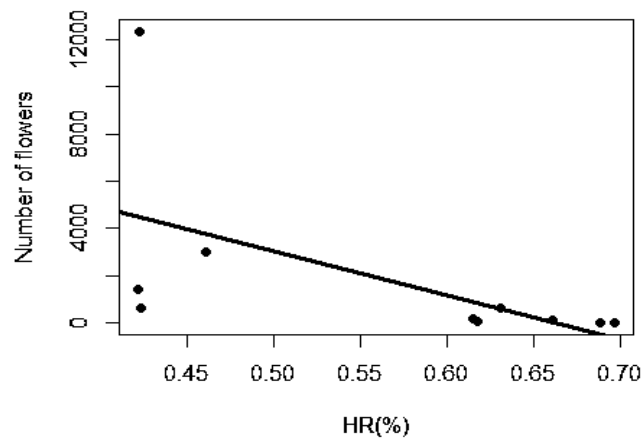


Figura 12. Relación entre el porcentaje de humedad relativa (HR) y la producción flores de *T. rosea* ($r=0.55$, $r^2=0.32$, $p=0.05$, $y= -2E-05x + 0.5961$).

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

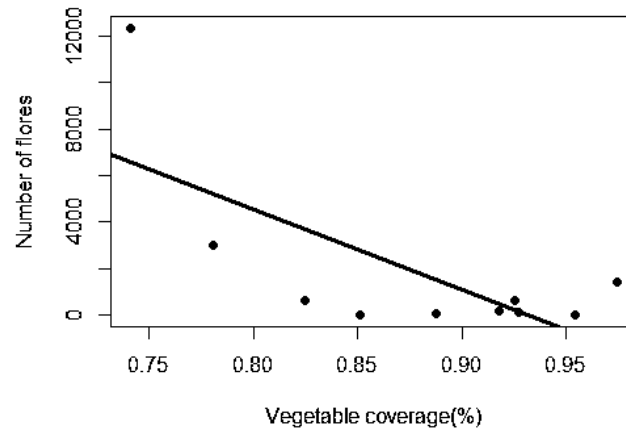


Figura 13. Relación entre la cobertura vegetal y la producción flores de *T. rosea* ($r=0.70$, $r^2=0.48$, $p=0.02$, $y = -1E-05x + 0.8988$).

6. DISCUSIÓN

6.1 Efecto de la fragmentación del hábitat en las tasas demográficas

Los resultados de esta investigación concuerdan con estudios anteriores con otras especies de plantas tropicales, los cuales señalan que la fragmentación del hábitat reduce el tamaño de las poblaciones naturales (López, 2009 y Cristóbal, 2011). Esto se debe principalmente a la disminución del hábitat disponible para esta especie como consecuencia de la sustitución de la vegetación original por pastizales por causa de la ganadería extensiva y tierras de cultivos (Maass, 1988; Quesada y Stoner, 2004). Este cambio en el uso de suelo y la disminución de la continuidad de las áreas de bosque pueden estar afectando de manera negativa y diferencial a las diferentes clases de edades, ocasionando la reducción en el número de individuos en las clases más pequeñas, debido a factores como son, el pisoteo de ganado, la alteración de las condiciones ambientales y la reducción en el éxito reproductivo de los individuos remanentes. Las fluctuaciones microclimáticas relacionadas con este proceso, como el incremento de insolación y la disminución en la humedad relativa del suelo y el aire, pueden tener un efecto directo sobre el reclutamiento de los individuos a la población (Cristóbal, 2011). En el presente estudio, la proporción de reclutamiento de nuevos individuos fue similar entre las condiciones y la de mortalidad de plántulas también fue similar entre las dos condiciones de bosque, el último es inconsistente con el hallazgo de López (2009) y Cristóbal (2011) con *Astronium graveolens* Jacq, ambos autores mencionan a las plántulas como el estadio más susceptible a los efectos de la fragmentación de hábitat. Las diferencias en los resultados, probablemente es por la plasticidad fenotípica de *T. rosea*, la cual les permite a las plántulas tolerar las condiciones alteradas (Ordoñez, 2012). Por lo tanto, en este trabajo se encontró a los individuos del bosque continuo con mayor probabilidad de sobrevivir que los individuos en los fragmentos de bosque.

6.2 Proyecciones de crecimiento poblacional

Las proyecciones de crecimiento poblacional indican, una población en crecimiento para el bosque continuo y una población estable en los fragmentos de bosque. Estos valores son alentadores siempre y cuando se mantengan en el estado en que se encuentran actualmente, es decir, con las mismas tasas de sobrevivencia, mortalidad y natalidad. Además, las condiciones ambientales en el futuro deben ser similares a las que se tiene actualmente.

6.3 Sensibilidad y Elasticidad de la población a los efectos de la fragmentación de hábitat

En los fragmentos de bosque, la supervivencia de los individuos aporta la mayor elasticidad de la población que el crecimiento y la reproducción. En cambio, la población en el bosque continuo, le apuesta más al crecimiento, luego a la reproducción (15% más que la población en los fragmentos) y finalmente a la supervivencia de sus individuos. Esto sugiere que la estabilidad y permanencia de las poblaciones estudiadas dependen en gran medida de la supervivencia de las plantas adultas. De este modo, la poca elasticidad de los elementos de la reproducción podría estar explicando la sensibilidad de la población a los efectos de la fragmentación. Además, sugiere que el aprovechamiento selectivo de los individuos adultos en los fragmentos podría ocasionar el declive de la población local.

6.4 Efecto de la fragmentación del hábitat en la fenología: éxito reproductivo

La fragmentación del hábitat altera las condiciones abióticas y a su vez, éstas pueden también modificar la fenología de floración de las plantas (Herrerías et al., 2006), así como también puede afectar la duración y la intensidad de floración de los individuos, esto puede incrementar la probabilidad de perder polinizadores (Ghazoul, 2005, Aguilar et al. 2006). Por otra parte, los individuos en una población pueden florecer sincrónica o asincrónicamente, resultando en diferencias en los tamaños de poblaciones efectivos para la reproducción (Bronstein, 1995, Fuchs et al. 2003). En el presente estudio, se observó diferencias en el inicio, duración e intensidad de floración entre los individuos de la misma condición, así como entre individuos de

distintas condiciones del bosque. Por lo tanto, existió poco traslape en la fenología de floración de los individuos de una misma condición y este se redujo aún más entre individuos de distintas condiciones. Este resultado es consistente con estudios anteriores que reportan una reducción en la sincronía en la floración de los individuos entre las condiciones del bosque (Fuchs et al., 2003; Herrerías et al., 2006). Además, estos estudios encontraron que el número total de flores producidas es mayor en los fragmentos de bosque, al igual que el presente estudio. Esto se debe a que las plantas en los fragmentos de bosque invierten mayor recurso en la reproducción (Fuchs et al., 2003, Herrerías et al. 2006, Quesada et. al. 2013). Sin embargo, el número total de frutos producidos fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos, este resultado concuerda con el de los estudios anteriores (Fuchs et al., 2003; Herrerías et al., 2006). En parte, esto se debe al efecto de la condición del bosque en la frecuencia de individuos reproductivos, esta fue mayor en el bosque continuo. Este reducido número de individuos reproductivos en los fragmentos está asociado no sólo a los efectos de fragmentación sino también a su extracción selectiva, siendo estos un recurso apreciado por la comunidad local.

6.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FENOLOGÍA Y DEMOGRAFÍA

6.5.1 Tasas de visitas y comportamiento de los visitantes de flores y su influencia en el éxito reproductivo

La fragmentación del hábitat puede provocar declive en la abundancia de los polinizadores y, por ende, se limita el movimiento entre los árboles aislados (Aizen et al, 2002; Lobo et al., 2003; Quesada et al., 2004). En un estudio anterior con otra especie del mismo género que la *T. rosea*, en *T. aurea* se observó reducción de las tasas y frecuencias de visitas de sus polinizadores en los fragmentos de bosque (Lobo et al., (2016), también se observó en el presente estudio. Por lo tanto, los individuos de los fragmentos pueden estar recibiendo cargas de polen más pequeñas o polen de baja calidad, afectando negativamente el fruit set (Aizen et al., 2002, Aguilar et al. 2006), esta es una de las posibles explicaciones del bajo

potencial reproductivo de los individuos de *T. rosea* en los fragmentos del bosque. Además, la actividad de los ladrones de néctar puede afectar los patrones de movimiento de los polinizadores entre las inflorescencias y/o árboles por la reducida disponibilidad de néctar o interacciones agresivas (Roubik, 1982). Los colibrís son territoriales, defienden sus recursos florales contra los polinizadores y ocasionalmente monopolizan las inflorescencias durante muchas horas (Lobo et al., 2016). En este estudio, aves de la especie *Icterus cucullatus* mostraron comportamiento agresivo contra los colibrís y evitaron que se acercaran a ciertas inflorescencias (obs. pers). Relaciones de este tipo pueden afectar negativamente la importación y exportación de polen entre los individuos de la misma condición y entre los individuos de distintas condiciones de bosque.

6.5.2 Efecto de la depredación de flores en el éxito reproductivo

En los bosques secos, la disponibilidad de recursos alimenticios disminuye durante la época seca, esto puede obligar a los animales a acudir a fuentes alternos de alimentos, siendo las flores una fuente potencial de alimento rica en agua, azúcares y aminoácidos. Por ejemplo, los murciélagos frugívoros, *Artibeus jamaicensis* complementan la dieta con néctar y polen durante la estación seca (MacSwiney et al., 2017). En este estudio, se observó a las chachalacas principalmente consumir las flores de *T. rosea* en ambas condiciones de estudio (fig. 14). En las zonas perturbadas, el tamaño de la población de los animales se disminuye (Young et al., 2016), por lo tanto, se esperaba encontrar mayor proporción de flores depredados en el bosque continuo, sin embargo, esta fue mayor en los fragmentos de bosque, pese a la mayor abundancia de chachalacas en el bosque continuo (obs.pers). La depredación afectó negativamente la producción de frutos, probablemente como producto del consumo completo de la flor (fig.14, a) o porque aún no estaba polinizada antes de la depredación de su corola (fig.14, b), en casos de una depredación parcial (ovarios intactos).

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT



Figura 14. *Ortalis poliocephala* consumiendo flores de *Tabebuia rosea*: a) Depredación completa de flores. b) Depredación parcial de flores (cáliz y ovarios intactos)

6.5.3 Efecto de las lianas en el éxito reproductivo

Las zonas abiertas que dejan los árboles al caerse son colonizadas rápidamente por lianas, estas limitan el crecimiento y provocan la mortalidad de los árboles (Putz,1984; Schnitzer et al., 2000; Sfair et al.,2017). Por consiguiente, se esperaba encontrar mayor abundancia de lianas en los fragmentos de bosque, pero no fue así, el número de lianas fue similar entre las condiciones del bosque. Sin embargo, las plantas que presentaron menor cobertura de lianas produjeron mayor número de flores en contraste con las plantas que presentaron mayor cobertura de lianas. Además, las lianas influyeron en el inicio, duración e intensidad de floración de los individuos de *T. rosea*. Probablemente, esto fue producto de la competencia por el espacio que hubo entre ellas.

6.5.4 Efecto de la fragmentación del hábitat en los factores físicos y biológicos; sus influencias en el éxito reproductivo

La fragmentación del hábitat genera cambios en la cobertura vegetal, a su vez altera las variables climáticas a nivel local, tales como incrementos en la incidencia de luz, cambios en las temperaturas extremas diarias, en la humedad relativa y

disminución en la humedad del suelo (Herrerías-Diego et al., 2006, Martínez-Ramos & García-Orth, 2007). En el presente estudio, los valores de la intensidad de luz, temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y cobertura vegetal fueron similares entre las condiciones del bosque. Esto sugiere que la fragmentación del hábitat no necesariamente altera los factores físicos y biológicos, sino depende de la matriz de elementos del sistema que compone cada fragmento de vegetación. Por ejemplo, en este estudio, todo indica que la presencia de arroyos intermitentes en ambas condiciones del bosque es el factor clave que mantuvo a los valores de los factores físicos y biológicos similares entre las condiciones del bosque o, probablemente por el reducido número de días de registro no fue posible detectar las diferencias de estas variables entre las condiciones del bosque. Sin embargo, los valores de la HR disminuyeron en zonas abiertas y perturbadas. Estos influyeron positivamente en la producción de flores de la *T. rosea*, es decir, a menor HR los individuos produjeron mayor número de flores. Esto era de esperarse, el género *Tabebuia* se reproduce en la época seca, periodo en la que los valores de HR se reducen. Además, se ha observado en otra especie de su género, en *Tabebuia aurea*, los individuos en sitios abiertos particularmente en zonas urbanas producen más flores en contraste con los de bosque continuo (Lobo et al., 2016). Asimismo, la *T. rosea* tolera las condiciones ambientales adversas, así como la alta disponibilidad de luz le favorece su crecimiento (Ordoñez, 2012). Nuestro resultado puede estar sugiriendo, por un lado, la falta de competencia con otros árboles por los recursos tales como la luz, el agua y espacio y, por otro lado, puede ser una estrategia reproductiva para atraer a mayor número posible de polinizadores (Janzen, 1967) y asegurar sus descendientes en respuesta a las condiciones desfavorables por la fragmentación del hábitat. Para el caso de cobertura vegetal el efecto sobre la producción de flores fue inverso a la de la HR, es decir, a mayor cobertura vegetal las plantas produjeron menos flores, probablemente esto fue resultado de la competencia por el espacio que hubo entre ellas como ocurrió con las lianas.

7. CONCLUSIONES

En el presente estudio, se concluye que la fragmentación del hábitat afecta negativamente la frecuencia de individuos reproductivos, la sincronía de floración y la tasa de visitas de los polinizadores. Aunado a la depredación de flores, la cobertura de lianas y cobertura vegetal repercuten sustancialmente en el éxito reproductivo de la *T. rosea*, afectando la dinámica de su población. Este hallazgo indica que en un futuro no muy lejano podría resultar en la extinción local de esta especie de planta y de muchas otras con las que cohabita, incluyendo a los animales. Estos resultados son el producto de los efectos en cascada en este ecosistema, consecuencias de las diferentes actividades antropogénicas históricas y contemporáneas (Dirzo et al., 2014; Young et al., 2016). Por ende, se recomienda planear y desarrollar acciones unificadamente con los diferentes sectores sociales a nivel local y nacional para conservar a las especies, así mismo mantener los servicios ecológicos que éstos proveen y que hacen posible el bienestar humano.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen MA. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecol Lett* 9(8):968-80.
- Aguilar R, Quesada M, Ashworth L, Herrerías Y and Lobo J. 2008. Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: susceptible signals in plant traits and methodological approaches. *Molecular Ecology* 17, 5177–5188
- Aizen MA, Ashworth L and Galetto L 2002. Reproductive success in fragmented habitats: ¿do compatibility systems and pollination specialization matter? *Journal of Vegetation Science* 13: 885-892.
- Aizen, MA., Feinsinger, P., 1994. Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey-bees in Argentine Chaco Serrano. *Ecological Applications*. 4: 378–392.
- Benítez MJ. 1998. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology* 12:380-389.
- Bierregaard, RO. and Gascon C. 2001. History of a long-term conservation project. Lessons from Amazonia. Yale University Press, Michigan, EE.UU. Pp. 5-12.
- Bronstein 1995 The plant/pollinator landscape. pp. 256-288. En *Mosaic Landscapes and Ecological Processes*, L. Hansson, L. Fahrig, and G. Merriam (eds). Chapman and Hall, New York.
- Brooks TM, et al., 2002. Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity *Conservation Biology* 16: 909-923.
- Bruna, E. M. and W. J. Kress. 2002. Effect of forest fragmentation on *Heliconia acuminata* seedling recruitment in Central Amazonia. *Oecologia*. 132:235-243.
- Cascante, A., Quesada, M., Lobo, J.A., Fuchs, E.J., 2002. Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree, *Samanea saman*. *Conservation Biology*. 16, 137–147

- Cristobal PE., 2011. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre la demografía y la fenología de *Astronium graveolens* (Anacardiaceae). Tesis profesional de Licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH. Mich., Mexico. 48 pp
- Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Nick JB, Collen B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*. Vol 345 ISSUE 6195. pp. 401-406
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487–515.
- Fuchs, E.J., Lobo, J.A., Quesada, M., 2003. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns on the tropical dry forest tree, *Pachira quinata* (Bombacaceae). *Conservation Biology*. 17: 149–157.
- Gentry, H. S. 1992. Rio Mayo Plants. A study of the flora and vegetation of the Valley of the Rio Mayo, Sonora. Carnegie Institution of Washington Publication 527. Washington, D.C. 328 pp
- Ghazoul, J. (2005) Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biology Reviews*, 80: 413–443
- Herrerías DY.; Quesada, M.; Stoner, K. & Lobo, J., 2006. Effects of forest fragmentation on phenological patterns and reproductive success of the Tropical Dry Forest tree *Ceiba aesculifolia*. *Conservation Biology* 20: 1111-1120.
- James, T., Vege, S., Aldrich, P., Hamrick, J.L., 1998. Mating systems of three tropical dry forest tree species source. *Biotropica* 30: 587–594.
- Janzen DH. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620–37.
- Khurana, E. and Singh, J. 2000. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental conservation* 28: 39-52.
- Lobo AJ.; Lacerda RD., and Cabral BA, 2016. Visitation rate of pollinators and nectar robbers to the flowers and inflorescences of *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae): effects of floral display size and habitat fragmentation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181:667–681.

- Lobo, JA.; Quesada, M.; Stoner, KE.; Fuchs, EJ.; Herrerías DY.; Rojas, J., Saborio, G., 2003. Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90: 1054–1063
- López GJ. 2009. Efecto de la fragmentación de hábitat en la estructura demográfica de *Astronium graveolens* jacq. En la reserva de la biosfera de Chamela- Cuixmala, Jalisco México. Tesis profesional de Licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH. Mich., Mexico. 40 pp.
- Maass, JM.; Jordan C. and Sarukhán J. 1988. Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agro ecosystems under various management techniques. *Journal of Applied Ecology* 25: 595-607.
- MacSwiney et al., 2017. Pollen movement by the bat *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera) in an agricultural landscape in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Mamm Res* 62:189–193. DOI 10.1007/s13364-016-0306-9
- Martínez R.M. and García O.X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, ISSN: 0366-2128. Sociedad Botánica de México, D.F., México, pp. 69-84
- Murcia C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of Neotropical plants. Pp: 19-36. En Schelhas, J. & R. Grenberg (eds.). *Forest Patches in Tropical Landscape*. Island Press. Washington.
- Ordoñez RMA, 2012. Crecimiento y variación fenotípica en las plantas jóvenes de *Tabebuia chrysantha* y *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en respuesta a la disponibilidad de luz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias-Escuela de Biología-Universidad de Santander. Bucaramanga. Colombia. 36 pp.
- Pennington, TD. and Sarukhán J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 521 p.
- Putz FE. 1984. The Natural History of Lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*. 65: 1713-1724. doi: 10.2307 / 1937767
- Quesada M, Herrerías Y, Lobo J, Sanchez G, Rosas F and Aguilar R. 2013. Long-term effects of habitat fragmentation on matting patterns and gene flow of a tropical

- dry forest tree, *Ceiba aesculifolia* (Malvaceae: Bombacoideae). *American Journal of Botany*.6:1095-1101.
- Quesada, M., and K. E. Stoner. 2004. Threats to the conservation of the tropical dry forest in Costa Rica. *Biodiversity Conservation in Costa Rica: Learning the Lessons in a Seasonal Dry Forest*. Pages 266-280 in G. W. Frankie, A. Mata, and S. B. Vinson editors. University of California Press, Berkeley, California.
- Quesada, M., K. E. Stoner, V. Rosas G.C. Palacios G, and Lobo J. A. 2003. Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats in a dry forest: implications for the reproductive success of the neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia* 135: 400–406.
- Roubik DW; Ackerman JD; Copenhaver C, Smith BH. 1982. Stratum, tree, and flower selection by tropical bees: implications for the reproductive biology of outcrossing *Cochlospermum vitifolium* in Panama. *Ecology* 63: 712–720.
- Saunders DA.; Hobbs, RJ. & Margules CR. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Scariot, A. 1999. Forest fragmentation effects on palm diversity in Central Amazonia. *Journal of Ecology* 87: 66-76.
- Schnitzer SA, Dalling JW, and Carson WP. 2000. The impact of lianas on tree regeneration in tropical forest canopy gaps: evidence for an alternative pathway of gap-phase regeneration. *Journal of Ecology*. 88: 655-666
- Sfair JC, Weiser VL, Martins FR, Vidal MM and Guimaraes Jr PR. 2017. Species traits and abundance influence the organization of liana–tree antagonistic interaction. *Austral Ecology*. doi:10.1111/aec.12560
- Tellez GL. 2008. Abundancia relativa y características del hábitat de anidación del loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*) en diferentes condiciones de conservación de la vegetación. Tesis de Maestría. Facultad de Biología-UMSNH. Mich., Mexico. 105 pp.
- Young HS, McCauley DJ, Galetti M and Dirzo R. 2016. Patterns, Causes, and Consequences of Anthropocene Defaunation. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 47:333–58