

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**

---

---



**INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA Y ECOLOGÍA  
APLICADA**

**DEMOGRAFÍA, CAMBIO CLIMÁTICO Y  
BIOPROSPECCIÓN: UNA APROXIMACIÓN  
INTEGRAL PARA LA CONSERVACIÓN DE *Magnolia  
schiedeana* SCHLTL.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO  
DE DOCTOR EN CIENCIAS EN ECOLOGÍA Y  
BIOTECNOLOGÍA**

**PRESENTA  
BIOL. SURIA GISELA VÁSQUEZ MORALES**

**XALAPA, VERACRUZ**

**ENERO 2015**



Universidad Veracruzana

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA Y ECOLOGÍA APLICADA

UNIVERSIDAD VERACRUZANA



**DEMOGRAFÍA, CAMBIO CLIMÁTICO Y BIOPROSPECCIÓN:  
UNA APROXIMACIÓN INTEGRAL PARA LA CONSERVACIÓN DE**

*Magnolia schiedeana* SCHLTL.

**TESIS QUE PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN  
CIENCIAS EN ECOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA**

**BIOL. SURIA GISELA VÁSQUEZ MORALES**

**DR. LÁZARO RAFAEL SÁNCHEZ VELÁSQUEZ**

**DIRECTOR**

**DR. FRANCISCO DÍAZ FLEISCHER**

**CO-DIRECTOR**

**XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO**

**ENERO DEL 2015**



INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA Y ECOLOGIA APLICADA  
UNIVERSIDAD VERACRUZANA



Universidad Veracruzana

---



---

**ECOBIOT-18DAR**

#### DECLARATORIA DE AUTORIA

Quien suscribe **Biol. SURIA GISELA VÁSQUEZ MORALES (s09015733)** estudiante del Doctorado en Ciencias en Ecología y Biotecnología con salida lateral de Maestría, hace constar que es autor del Trabajo para la obtención del Grado de Doctorado intitulado: **DEMOGRAFÍA, CAMBIO CLIMÁTICO Y BIOPROSPECCIÓN: UNA APROXIMACIÓN INTEGRAL PARA LA CONSERVACIÓN DE *Magnolia schiedeana* Schiltl. (017)**, el cual constituye la elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Comité Tutorial siguiente:

Dr. Lázaro Rafael Sánchez Velásquez

Dr. Francisco Díaz Fleischer

Dra. María del Rosario Pineda López

Dra. Norma Flores Estévez

Dr. Héctor Viveros Viveros

En tal sentido, manifiesto la originalidad de los conceptos, base de datos registrados (Bitácora), interpretación de los datos, conclusiones y recomendaciones. Por último, dejo establecido que los aportes intelectuales de otros autores se han referido debidamente en el texto y en la sección de literatura citada de dicho trabajo.

---

**Biol. Suria Gisela Vásquez Morales**

Xalapa de Enríquez, Veracruz, a 16 de Enero de 2015.



**Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada  
Dirección General de Investigaciones  
Universidad Veracruzana  
Programa de Posgrado**



Universidad Veracruzana

**ECOBIO-14RETD**

**RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL DOCUMENTO DE TESIS DOCTORAL**

**C. VÁSQUEZ MORALES SURIA GISELA**

Estudiante del Posgrado INBIOTECA,  
Doctorado en Ciencias en Ecología y Biotecnología,  
con salida lateral de maestría

**PRESENTE**

Por este conducto se hace de su conocimiento que el JURADO doctoral ha evaluado su Tesis doctoral intitulada "**DEMOGRAFÍA, CAMBIO CLIMÁTICO Y BIOPROSPECCIÓN: UNA APROXIMACIÓN INTEGRAL PARA LA CONSERVACIÓN DE *Magnolia schiedeana* SCHLTL.**" y ha emitido el veredicto de **ACEPTADO** ya que **SI** reúne los elementos suficientes de fondo y forma.

Se autoriza continuar con los trámites administrativos para la obtención del grado en la Coordinación del Posgrado INBIOTECA.

Xalapa de Enríquez a 16 de Enero de 2015.  
"Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz"

Presidente      Dra. Diana F. Pérez Staples \_\_\_\_\_

Secretario      Dra. Yareni Perroni Ventura \_\_\_\_\_

Vocal 1      Dr. Vijendra Dinesh Rao \_\_\_\_\_

Vocal 2      Dr. Oswaldo Téllez Valdés \_\_\_\_\_

Vocal externo      Dra. Martha Bonilla Moheno \_\_\_\_\_

Suplente      Dra. María del Rosario Pineda López \_\_\_\_\_

C.c.p. Expediente correspondiente  
Consideraciones Generales.

Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Zona Universitaria.  
Av. Culturas Veracruzanas No. 101. Col. Emiliano Zapata. Xalapa de Enríquez, Ver., Ap. Pos. 250.  
Tel. 01-228-8422773, 01-228-8421700 ext 10856 correo-e: labioteca@uv.mx.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realizó integrando el conocimiento de muchas personas que amablemente me orientaron para llegar a su culminación y obtener el grado de doctora. Por ello agradezco profundamente a las siguientes personas e instituciones:

A mi maestro, el Dr. Lázaro Rafael Sánchez Velásquez por su invaluable apoyo en la realización de esta tesis, por aceptarme como su estudiante durante estos años y creer en mí. Le agradezco todas sus enseñanzas y por ser el ejemplo de investigador que quiero seguir. Sé que nunca podré agradecerle lo suficiente, por lo que la deuda que tengo con usted la pagare siguiendo su ejemplo con mis futuros estudiantes.

A mi maestra, la Dra. María del Rosario Pineda López por todo su cariño y aprecio, así como sus enseñanzas, consejos y ayuda en este trabajo y en anteriores. Le agradezco que me haya enseñado que no solo se puede ser exitoso en el trabajo, sino tambien en la vida diaria y familiar.

Al Dr. Francisco Díaz Fleischer, por enseñarme la importancia de trabajar con *Anastrepha ludens*, su enorme apoyo en este trabajo, y motivarme para seguir cumpliendo mis objetivos.

A la Dra. Norma Flores Estévez, por siempre buscar la mejora de mi trabajo, así como de mi persona. Enseñarme el hermoso trabajo en el laboratorio y valorar mi trabajo.

Al Dr. Hector Viveros Viveros, por su apoyo y disposición en la mejora de este trabajo. Así como su confianza en darme la oportunidad de mostrar mi trabajo en su aula.

Al Dr. Oswaldo Téllez Váldez, por haberme aceptado durante mi estancia en el FESI-UNAM, así como todo su apoyo en el uso de modelos bioclimáticos y software especializados. Su confianza en mi trabajo y apoyo hacia mi persona, igualmente a las

personas del Laboratorio de Recursos Naturales del UBIPRO, por hacer de mi estancia agradable y hacerme sentir como en casa.

Al estudiante de servicio social, Moises Abraham Constantino Aguirre por su poyo en el manejo de moscas.

A mis amigos y compañeros de generación (2009), Dulce Murrieta, Angela Baldo, Sue Vázquez, Dulce Galván, Salvador Meza, Benito Hernández, Jorge García, Marco Tejeda por haber recorrido este camino a mi lado, sus buenos consejos y apoyo incondicional.

Les agradezco a los miembros de mi jurado: Dra. Diana Pérez Staples, Dra. Yareni Perroni Ventura, Dra. Martha Bonilla Moheno, Dr. Vijendra Dinesh Rao, y Dr. Oswaldo Téllez Váldes, por haberse interesado en mi trabajo y darse el tiempo de revisarlo para su mejora. Así como sus acertados comentarios en los resultados y la proyección de mi investigación.

A la Universidad Veracruzana y al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada por haberme dado la oportunidad de ser parte del programa de su posgrado. Así como todos los investigadores, técnicos, administrativos y estudiantes, que directa o indirectamente me ayudaron a la realización de este proyecto.

A todos los profesores investigadores del programa del posgrado del Inbioteca por compartir sus conocimientos, los cuales aplique en este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de posgrado.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres Martha Morales y Alejandro Vásquez, por haberme dado la vida, apoyarme en todas mis decisiones y estar a mi lado en todos mis caminos.

A mis hermanos Keren Vásquez y Grey Torres, por ser el motivo para lograr mis sueños y enseñarles que el trabajo arduo tiene sus recompensas, ojala y algun día les sirva de ejemplo.

A mi pareja de vida Ramón Hernández, por siempre creer en mí y motivarme para lograr todo lo que me propongo. Así mismo por tu amor y ayuda en el campo, sin tí no lo hubiera logrado.



INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA Y ECOLOGIA APLICADA  
UNIVERSIDAD VERACRUZANA



Universidad Veracruzana

---

ECOBIO-T-17A  
AGRADECIMIENTOS Y CREDITOS INSTITUCIONALES

El presente trabajo se realizó bajo la dirección del **Dr. Lázaro Rafael Sánchez Velásquez** y co-dirección del **Dr. Francisco Díaz Fleischer** dentro de las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento **Ecología y Manejo de la Biodiversidad: de genes a ecosistemas**, y **Ecología Vegetal y Servicios Ecosistémicos**, éste último perteneciente al Cuerpo Académico **Estructura y Funcionamiento de Ecosistemas Forestales y Agrícolas** con Clave CA-UVER-324 registrado en el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana en Xalapa, Veracruz.

El trabajo doctoral se desarrolló dentro del proyecto **Modelos de restauración y reintroducción de especies del Bosque Mesófilo de Montaña**, financiado por el fondo Ciencia Básica SEP-CONACYT 2010-2012, mismo al que se le agradece su apoyo.

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo al estudiante con una beca académica con N° de becario **229667**.

Se agradece al programa de posgrado Doctorado en Ciencias en Ecología y Biotecnología, al ex-Coordinador Dr. Francisco Díaz Fleischer y al actual coordinador el Dr. Alejandro Castro Luna, así como al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada siendo encargado de la dirección el Dr. Juan Carlos Noa Carrazana.

Xalapa de Enríquez, Veracruz, a 16 de Enero de 2015.

CONTENIDO	Pág
Índice de figuras.....	9
Índice de tablas.....	10
Resumen general.....	11
<b>Capítulo I.</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Introducción.....	15
1.1.1 El bosque mesófilo de montaña.....	15
1.1.2 La familia Magnoliaceae.....	16
1.1.3 Estudios demográficos como herramienta para la conservación de especies..	18
1.1.4 El impacto del cambio climático global sobre la vegetación: el caso de las poblaciones de <i>Magnolia</i> .....	19
1.1.5 La bioprospección: una opción de manejo y conservación para <i>M. schiedeana</i> .....	21
1.2 Preguntas generales de investigación.....	23
1.3 Hipótesis.....	24
1.4 Objetivo general.....	24
1.5 Objetivos específicos.....	24
1.6 Descripción de <i>M. schiedeana</i> .....	25
1.7 Sitios de estudio.....	27
1.8 Literatura citada.....	29
<b>Capítulo II</b>	
<b>DEMOGRAFÍA DE <i>Magnolia schiedeana</i> SCHLTL., EN DOS POBLACIONES CONTRASTANTES</b>	
Resumen.....	49
Introducción.....	50
Método.....	52
Resultados.....	55
Discusión.....	57
Referencias.....	59
<b>Capítulo III</b>	
<b>EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF <i>Magnolia schiedeana</i>: A THREATENED SPECIES</b>	
Abstrac.....	70
Resumen.....	70
Introduction.....	70
Methods.....	72
Results.....	74
Discussion.....	76
Acknowledgements.....	77
Literature cited.....	77

**Capítulo IV****BIOPROSPECTING OF BOTANICAL INSECTICIDES: THE CASE OF ETHANOL EXTRACTS OF *Magnolia schiedeana* Schltl. APPLIED TO A TEPHRITID, FRUIT FLY *Anastrepha ludens* LOEW**

Abstrac.....	82
Introduction.....	82
Materials and methods.....	83
Results and discussion.....	84
Conclusion.....	85
Acknowledgements.....	85
References.....	85

**Capítulo V****DISCUSIÓN GENERAL**

5.1 Discusión general.....	88
5.1.1 Demografía de <i>M. schiedeana</i> .....	88
5.1.2 Efecto del cambio climático en las poblaciones de <i>M. schiedeana</i> .....	90
5.1.3 Bioprospección de <i>M. schiedeana</i> .....	92
5.2 Propuesta integral de conservación de <i>M. schiedeana</i> .....	94
5.2.1 Cosecha de germoplasma.....	94
5.2.2 Tratamientos pregerminativos.....	95
5.2.3 Cuidados en vivero.....	96
5.2.4 Sitios de reintroducción.....	96
5.2.5 Reforestación.....	100
5.2.6 Bioprospección.....	101
5.2.7 Especie emblemática.....	102
5.3 Conclusiones.....	102
5.4 Literatura citada.....	104

	ÍNDICE DE FIGURAS	Pág
<b>Capítulo I</b>		
Figura 1. Sitios de estudio.....		28
<b>Capítulo II</b>		
Figura 1. Ciclo de vida de <i>M. schiedeana</i> .....		65
Figura 2. Estructura de tamaños de ambas poblaciones.....		66
<b>Capítulo III</b>		
Figure 1. Distribution models of <i>M. schiedeana</i> at c.a. 1 km <sup>2</sup> . Current potential distribution (green) and potential distribution under period 1 (blue: year 2040) and under period 2 (red: year 2080).....		73
Figure 2. Altitudinal distribution of the current potential distribution models and those produced under two periods for <i>M. schiedeana</i> .....		74
<b>Capítulo IV</b>		
Figure 1. Kaplan-Meier survival plot for <i>A. ludens</i> exposed to ethanolic extracts of A) seed with sarcotesta and B) sarcotesta in three dilutions (mg mL <sup>-1</sup> ) of <i>M. schiedeana</i> during 5 days.....		85

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Capítulo II</b>	
Tabla 1. Matrices de transición de <i>M. schiedeana</i> en dos poblaciones.....	67
Tabla 2. Matriz de elasticidad promedio de <i>M. schiedeana</i> en dos poblaciones....	67
Tabla 3. Efecto del experimento de la respuesta de la tabla de vida promedio del ciclo de vida de <i>M. schiedeana</i> .....	68
<b>Capítulo III</b>	
Table 1. Bioclimatic variables and values used to generate the current and future potential distribution of <i>M. schiedeana</i> .....	72
Table 2. Potential distribution of <i>M. schiedeana</i> and that produced under two periods within Protected Natural Areas in Mexico.....	75
<b>Capítulo IV</b>	
Table 1. Abbott index of <i>A. ludens</i> exposed to ethanolic extracts of vegetative structures in <i>M. schiedeana</i> in A: proportion 1:5 p v <sup>-1</sup> and B: proportion 2:10 p v <sup>-1</sup> with three dilutions (0.1, 0.01 y 0.001 mg mL <sup>-1</sup> ).....	84

## RESUMEN GENERAL

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es un ecosistema que tiene una gran reducción de su área a nivel mundial debido, al cambio de uso del suelo, disturbios, fragmentación y explotación de especies de interés económico, entre otros. Una de las familias de especies vegetales representativas del BMM es la Magnoliaceae, la cual incluye 131 taxa, corresponde a 53%, en alguna de las categorías de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en Inglés). La IUCN incluye a *Magnolia schiedeana* Schltl. como una especie en peligro de extinción y de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 es considerada como amenazada. Aunado a esto, los escenarios sobre el efecto del cambio climático global consideran que habrá repercusiones en la distribución latitudinal y altitudinal de las magnolias, obligando su desplazamiento a otras zonas para su supervivencia y previendo una reducción en el número de individuos de las poblaciones. Todo esto constituye elementos que señalan las condiciones críticas en las que prevalecen actualmente las poblaciones de esta familia. Por lo anterior es importante considerar mecanismos de generación de conocimiento para su conservación.

Los estudios demográficos son una opción viable para el manejo sustentable y la conservación de poblaciones, mediante sus atributos demográficos se conoce el estado actual de la población, detecta las etapas vulnerables y determina la viabilidad de las poblaciones. El estudio del modelado bioclimático nos permite comprender el posible efecto del cambio climático global en la distribución de las especies y tomar decisiones para mitigar y conservar dichas especies.

Los estudios de conservación pueden incluir la bioprospección, a través de la utilización sostenible de sus especies. Las especies de la familia Magnoliaceae son apreciadas por sus

propiedades farmacológicas y biológicas sobre otros organismos, por ejemplo; propiedades insecticidas, bactericidas, fungicidas, y nematicidas, entre otros. Sin embargo, se han realizado pocos estudios al respecto con las *Magnolias* distribuidas en México.

El presente estudio se divide en cinco capítulos; introducción; comparación demográfica de dos poblaciones contrastantes de *M. schiedeana*; el impacto de los escenarios del cambio climático global sobre la distribución potencial de las poblaciones; una propuesta de bioprospección a partir de extractos crudos etanólicos con actividad insecticida sobre *Anastrepha ludens* Loew; y discusión general.

Los objetivos planteados en este trabajo son: (1) conocer y comparar los atributos demográficos entre dos poblaciones de *M. schiedeana* con manejo contrastante, en su grado de disturbio, (2) conocer la distribución potencial actual de las poblaciones de *M. schiedeana* y la resultante de acuerdo a los modelos de cambio climático global para los escenarios de los años 2040 y 2080, y (3) determinar las propiedades insecticidas de diferentes estructuras vegetativas de *M. schiedeana* sobre adultos de *A. ludens*.

Se determinó que ambas poblaciones de *M. schiedeana* se encuentran en crecimiento con una  $\lambda > 1$ , los valores fueron de  $1.497 \pm 0.430$  y  $1.399 \pm 0.090$ , para el área con mayor perturbación y menos perturbada, respectivamente. La fase que más contribuye a la  $\lambda$  son los individuos con un diámetro normal de 0 a 5 cm en ambas poblaciones. El efecto del cambio climático global, de acuerdo a los escenarios posibles, afectará su distribución latitudinal en  $64 \text{ km}^2$  como máximo y aumentará su límite altitudinal superior hasta los 3,084 m para los escenarios que se esperan en los años 2040 y 2080. Se obtuvo un 64 % de efectividad insecticida en *A. ludens* con el extracto crudo etanólico de sarcotesta de *M.*

*schiedeana*, siendo necesario la continuidad del estudio para aislar el metabolito secundario que manifiesta esta actividad insecticida.

De tal manera, las poblaciones de *M. schiedeana* estudiadas se encuentran en crecimiento sin afectarle aún el disturbio, tala de árboles, posiblemente sea por la capacidad de rebrote de la especie. Además el efecto del cambio climático global disminuirá un 2% la distribución potencial de *M. schiedeana*, igualmente se disminuirá su rango de altitud. Se demostró que la especie presenta potencial para obtener un bioinsecticida de la sarcotesta de sus semillas.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.1. El bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña (BMM) cubre el 2.5 % del área total de los bosques tropicales del mundo, representa un raro y frágil ecosistema (Bubb et al. 2004). Su distribución depende de su altitud, latitud, pendiente y clima, adoptando diferentes estructuras y composición. El BMM se caracteriza por la presencia de grandes bancos de neblina o nubosidad, razón por la cual es también llamado bosque de niebla (Hamilton et al. 1995, Still et al. 1999).

En México presenta una distribución de tipo archipiélago, encontrándose en un rango de altitud de 1,000 – 3,000 m. Sus principales características son la mezcla de flora Holártica y Neotropical, con períodos prolongados de niebla y alberga el mayor número de especies por unidad de superficie (Rzedowski 1996, Challenger 1998).

Este bosque presenta una amplia diversidad de especies y endemismos; Villaseñor (2010) reporta 6,790 especies de plantas vasculares, 1,625 géneros, 238 familias, incluyendo 2,361 especies endémicas. Las familias características de este ecosistema son Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Fagaceae, Lauraceae, Magnoliaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Poaceae, Podocarpaceae, Rubiaceae, Solanaceae, entre otras. Así mismo, incluye parentes silvestres de especies comestibles y otras especies importantes a nivel regional por los servicios ecosistémicos que ofrecen (e.g., captación de agua, generación de oxígeno, mitigación de los efectos del cambio climático, entre otros) (Rzedowski 1978, Luna et al. 2001) y sus diversos usos, como medicinales, ornamentales, cercas vivas, madera, alimentos y leña, entre muchos otros (Sánchez-Velásquez et al. 2008).

La Organización para la cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en el 2003, declaró que México perdió más del 90 % del BMM durante los años 1993 y 2000, debido a fuertes transformaciones por una amplia variedad de disturbios tales como: el cambio del uso de suelo (a pastizales, cultivos agrícolas y asentamientos humanos), tala selectiva de árboles, caza, incendios, extracción de recursos no maderables, contaminación, deforestación, fragmentación y el cambio climático (ONU 2006, Álvarez-Aquino et al. 2008, González-Espinosa et al. 2011). Actualmente el BMM presenta 83 especies en peligro de extinción, 206 amenazadas, y 175 vulnerables (CONABIO 2010, SEMARNAT 2010, Villaseñor 2010, González-Espinosa et al. 2011).

### **1.1.2. La familia Magnoliaceae**

La familia Magnoliaceae se divide en dos subfamilias Liriodendroidae y Magnolioideae, y consta de dos géneros, *Liriodendron* y *Magnolia*, con alrededor de 243 especies de árboles y arbustos deciduos ó perennes, distribuyéndose en regiones templadas y tropicales. El 80 % de las especies se distribuyen en Asia, Gran Bretaña, entre otros; mientras que el 20 % restante, se distribuye en el continente Americano (González-Espinosa et al. 2001). A la familia Magnoliaceae se le nombra fosil viviente, debido a su existencia desde el periodo terciario y presentar mínimos cambios evolutivos en sus estructuras morfológicas. Además, es conocida como la familia viva más primitiva con presencia de flores (Watanabe et al. 2002).

A nivel mundial la familia Magnoliaceae se compone por 131 taxa amenazados con riesgo de extinción a escala global, más del 50% de los taxa conocidos (Cicuzza et al.

2007). Específicamente para el género *Magnolia* la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en Inglés) en el 2010 registró 83 especies en alguna categoría de protección.

Cicuzza y colaboradores (2007) afirman que en México se incluyen dos especies de *Magnolia* en peligro de extinción (*M. dealbata* Zucc. y *M. schiedeana* Schltr.) y dos especies vulnerables con alto riesgo de extinción (*M. iltisiana* Vázquez y *M. krusei* Jiménez-Ramírez y Cruz-Durán). Sin embargo, la NOM-059-SEMARNAT en el 2010 consideró sólo una especie en peligro de extinción (*M. dealbata*) y tres amenazadas (*M. schiedeana*, *M. iltisiana* y *M. mexicana* DC). Atribuyendo a la destrucción de su hábitat como la causa principal de esta distinción.

En México se distribuyen 29 especies de *Magnolia*, de las cuales 27 son especies endémicas (Vázquez-García et al. 2014). Desde el punto de vista ecosistémico, las especies del género *Magnolia* prosperan favorablemente en el BMM en México y son un caso representativo e indicativo de conservación de este ecosistema, debido a que son especies de estados sucesionales avanzados (Lozano 1983, Rzedowski 1978, 1996, Dieringer y Espinosa 1994, Williams-Linera 2001, Bubb et al. 2004, Cicuzza et al. 2007).

Los estudios ecológicos muestran que las especies de *Magnolia* necesitan a los escarabajos como vector para su polinización (Dieringer y Espinosa 1994, Hiroshi et al. 1999, Watanabe et al. 2002, Li et al. 2007). Se han determinado una serie de tratamientos previos a la germinación que permiten mejorar su propagación (Olson et al. 1974, Saldaña et al. 2001, Corral y Sánchez-Velásquez 2006, Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez 2011). Las especies de *Magnolia* presentan banco de semillas persistentes, con una amplia remoción *in situ* (e.g., Corral y Sánchez-Velásquez 2006, Vásquez-Morales y Sánchez-

Velásquez 2011) y son de estados sucesionales intermedios y avanzados debido a su tolerancia a la sombra (Ramírez-Bamonde et al. 2005, Sánchez-Velásquez et al. 2008).

### **1.1.3. Estudios demográficos como herramienta para la conservación de especies**

El estudio de la regulación poblacional y la demografía en hábitats naturales es de suma importancia para la conservación de especies raras y en peligro de extinción, así como para el manejo sustentable de especies de importancia económica (Oostermeijer et al. 1996, Lesica 1999, Caswell 2000, Menges 2000, Kaye et al. 2001). Uno de los atributos relevantes en los estudios demográficos dentro de este enfoque, es la tasa de crecimiento poblacional o  $\lambda$ , la cual nos indica si la población permanece estable, tiende a crecer o a decrecer (Lande 1988, Crowder et al. 1994, Schemske et al. 1994, Pico y Quintana-Asencio 2005).

Los modelos matriciales son una herramienta para estimar atributos poblacionales y su respuesta en diferentes condiciones ambientales, así como para simular condiciones de manejo, conservación y control de plagas (Menges y Dolan 1998, Caswell 2001, Menges y Dolan 1998, Morris y Doak 2002). Es recomendable que los estudios demográficos incluyan varios años debido a la fluctuación de las condiciones climáticas y reproductivas de las especies (Mayberry y Elle 2010).

La matriz de elasticidad nos proporciona información sobre la contribución relativa de cada uno de los estadíos, edades o tamaños sobre la  $\lambda$  (Silvertown et al. 1992, Franco y Silvertown 2004), este conocimiento es útil para la toma de decisiones en el manejo de las poblaciones (Caswell 2001, eg., Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2010).

Se han realizado estudios demográficos basados en diferentes estructuras vegetativas de magnolias, por ejemplo: hoja de *M. schiedeana* (Williams-Linera 2000), raíz de *M. obovata* (Satomura et al. 2006), banco de semillas en *M. dealbata*, *M. stellata* y *M. schiedeana* (Corral y Sánchez-Velásquez 2006, Kisanuki et al. 2008, Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez 2011), establecimiento de plántulas en *M. sharpii*, *M. obovata* y *M. stellata* (Ramírez-Marcial et al. 2001, Shin y Shibuya 2007, Kisanuki et al. 2008), mortalidad y crecimiento en *M. splendens* (Weaver 1987), y fecundidad en *M. macrophylla* Weath., *M. schiedeana* y *M. praecocissima* Koidz subsp. *borealis* Sargent (Doyle 1989, Dieringer y Espinosa 1994, Yasaka et al. 2008).

En Coyopolán, Veracruz, México, se estudiaron las poblaciones de *M. dealbata* bajo disturbio, presencia de ganado, encontrando que presenta una  $\lambda > 1$ , la cual indica que la población se encuentra en crecimiento y que la presencia de ganado vacuno no afecta su crecimiento poblacional debido a su capacidad de rebrote (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2006, 2010). Hasta el momento, no se ha realizado un estudio demográfico completo en poblaciones de *M. schiedena* y se desconoce el efecto de los disturbios antropogénicos en sus atributos demográficos.

#### **1.1.4. El impacto del cambio climático global sobre la vegetación: El caso de las poblaciones de *Magnolia***

Desde mediados del siglo XIX a la fecha, las actividades antrópicas han aumentado la temperatura global, ocasionando cambios climáticos a nivel global (Hardy 2003, Hegerl et

al. 2007). Estas modificaciones están teniendo efectos en los océanos, la cubierta de hielo y enfriamiento de la estratosfera baja (IPCC 2001, Hardy 2003, Magaña-Rueda 2004).

Las variaciones en la temperatura y la precipitación aumentan la probabilidad de sobrepasar el valor de umbral de adaptación de los organismos (IPCC 2003, SAI 2006, Tews 2007, Williams-Linera 2007), reflejándose en la composición y funcionamiento de los ecosistemas (adaptación, distribución, dinámica, estructura, extinción de especies, fenología, y fisiología) (Hardy 2003, Ibáñez et al. 2006, Williams-Linera 2007, Estrada-Contreras 2010, CONANP 2010). Se estima que en los próximos 100 años se extinguirá el 11.6 % de la biota endémica del mundo, debido al incremento de los niveles de CO<sub>2</sub> (Malcolm et al. 2006). Así mismo, se prevee que para el BMM habrá una disminución en su diversidad biológica (Bubb et al. 2004, Williams-Linera 2007), así como en los servicios ecosistémicos que ofrecen (e.g., captura de carbono, conservación de la diversidad, distribución del agua, y servicios de recreación, entre otros) (Foster 2001, Rodríguez-Laguna 2006, Maroschek et al. 2009, Imbach et al. 2010, Locatelli y Kanninen 2010).

Algunos escenarios del cambio climático global señalan que el BMM será vulnerable, debido a los impactos negativos por el incremento de temperatura y disminución de la precipitación (Markham 1998, Foster 2001, Arriaga y Gómez 2004, Villers y Trejo 2004, Magaña-Rueda 2004, Ruiz y Cruz 2004), que darían lugar a la sustitución del BMM por ecosistemas que se encuentran actualmente en menor altitud (Bubb et al. 2004, Williams-Linera 2007, Pineda-López et al. 2008).

El cambio climático global afectará la nubosidad en las áreas donde se desarrolla el BMM, afectando a las especies sensibles a las fluctuaciones de humedad (Lande 1988, Pounds et al. 1999, Williams-Linera 2007), así como a las especies de hábitat restringido

(Midgley et al. 2002). Bajo este contexto, el conocimiento de la distribución geográfica y el potencial de hábitat para las especies, serán esenciales para la conservación y manejo de las mismas (Margules y Pressey 2000); para ello existen programas digitales que modelan el cambio climático tales como Bioclim, GARP, MaxEnt, y WorldClim, entre muchos otros (Téllez-Valdés et al. 2006, Peterson et al. 2007, Phillips et al. 2006, Reddy y Dávalos 2007, Lira et al. 2009, Estrada-Contreras 2010, Londoño-Murcia et al. 2010).

Los escenarios climáticos proporcionan representaciones verosímiles de contextos futuros, construidos a partir de la relación entre las variables del clima observado y el proyectado, así como las posibles amenazas a la supervivencia y conservación de las especies (Hilbert et al. 2004, Li y Hilbert 2008, PVCC 2009). De acuerdo a estudios sobre el impacto del cambio climático en la distribución de las poblaciones de *Magnolia* se estimó que la distribución actual de *M. acuminata* L., *M. macrophylla* y *M. virginiana* L., se verá disminuida; y las poblaciones de *M. virginiana* se desplazarán hacia el Sur de EU (Iverson y Prasad 1998, Iverson et al. 1999, Schwartz et al. 2006, McKenney 2007). Se desconoce el posible efecto del cambio climático para las especies de *Magnolia* distribuidas en México debido a la falta de estudios al respecto.

### **1.1.5. La bioprospección: Una opción de manejo y conservación para *Magnolia schiedeana***

La bioprospección se define como la observación sistemática de las relaciones ecológicas entre los seres vivos y su ambiente, produciendo información valiosa para su uso en procesos de producción en diversos sectores (Melgarejo et al. 2002). Dicha información

está contenida en el material genético, metabolitos secundarios o en sus interacciones, jugando un papel fundamental para el manejo y protección racional de la biodiversidad (Sittenfeld y Gaméz 1993, Chapela 1996, Carrizosa 2002, Melgarejo 2003).

Una opción de uso de plantas es la búsqueda de propiedades valiosas de sus estructuras vegetativas, desarrollándose en la industria farmacológica, biotecnológica, alimentaria, de biorremediación y agrícola (Umbreit y Santos-Acevedo 2002, Verpoorte et al. 2002, Melgarejo 2003).

Los metabolitos secundarios son compuestos que las plantas producen (se considera que estos compuestos no intervienen en sus procesos vitales), debido a la interacción de los factores bióticos (respuesta a la herbivoría y polinización, entre otros) y abióticos (estrés ambiental y nutrición, entre otros), que les proporcionan un mayor éxito biológico en supervivencia, reproducción y establecimiento (Anaya-Lang 2003, Theis y Lerdau 2003, Trejo-Tapia y Rodríguez-Monroy 2006). En resumen los metabolitos secundarios pueden favorecer a las plantas como medios de defensa ante insectos, hongos, bacterias, e interacciones entre ellos. Algunos de éstos se utilizan como repelentes a insectos, herbicidas en cultivos agrícolas y fármacos (Arias-Zabala et al. 2009).

La familia Magnoliaceae es importante en la medicina tradicional y moderna en Japón, China (Watanabe et al. 2002, He et al. 2009) y México (Puig 1993, Waizel 2002), debido a la cantidad de metabolitos secundarios con efectos biológicos y farmacológicos (Maruyama et al. 2002, Schühly et al. 2001, Zhang et al. 2002, Jacobo-Salcedo et al. 2011). Se han aislado diferentes metabolitos secundarios en especies de *Magnolia*, como alcaloides de 23 especies, flavonoides de 21 especies, neolignanos de 17 especies, lignanos y terpenoides de 16 especies; dichos metabolitos secundarios se han encontrado en diferentes estructuras

vegetativas de la planta, por ejemplo: corteza, hojas, flor, semillas, raíces, entre otros (Nitao et al. 1991, Azuma et al. 1997, Luo et al. 2001, Sarker et al. 2002).

Los metabolitos secundarios en *Magnolia* han registrado actividad biológica en diversos organismos tales como: insectos, *Drosophila melanogaster* Meigen y *Aedes aegypti* L. (Miyazawa et al. 1994, Kelm et al. 1997); en nematodos, *Bursaphelenchus xylophilus* Steiner et Buhrer y *Panagrellus redivivus* Goodey (Hong et al. 2007, Dong et al, 2008, Elbadri et al. 2008); en hongos, *Pycnoporus coccineus* Bull., *Trichophyton mentagrophytes* y *Cryptococcus neoformans* Vuill. (Mori et al. 1997, Bang et al. 2000); y en bacterias, *Helicobacter pylori*, *Porphyromonas gingivalis* Shah y Collins, y *Pseudomonas aeruginosa* Schroeter (Park et al. 1997, Ho et al. 2001, Jacobo-Salcedo et al. 2011).

En este contexto, el efecto de los extractos etanólicos de las estructuras vegetativas de *Magnolia schiedeana* ha sido poco estudiado, por ello en este estudio se aborda sobre el tefrítido mosca de la fruta, *Anastrepha ludens* Loew.

## 1.2 PREGUNTAS GENERALES DE INVESTIGACIÓN

¿Son los atributos demográficos significativamente diferentes entre dos poblaciones de *Magnolia schiedeana* manejadas de manera contrastante (con disturbio vs escaso disturbio)?

¿Cambiará significativamente la distribución potencial de las poblaciones de *Magnolia schiedeana* de acuerdo a los escenarios proyectados para los años 2040 y 2080, e.i., de aumento de temperatura y disminución de la precipitación por el efecto del cambio climático global?

¿Tendrán los extractos crudos de *Magnolia schiedeana* actividad insecticida sobre *Anastrepha ludens*, y será diferente la respuesta de acuerdo a sus estructuras vegetativas?

### **1.3 HIPÓTESIS**

- 1.3.1 Sí *M. schiedeana* es de estados sucesionales avanzados, se espera que la tasa de crecimiento poblacional sea significativamente menor en la población con disturbio.
- 1.3.2 Debido al cambio climático hay un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación de las zonas donde se desarrolla el bosque mesófilo de montaña, entonces se prevé que *Magnolia schiedeana*, especie susceptible a las fluctuaciones climáticas, sea reducida en su distribución potencial de acuerdo a los escenarios esperados para los años 2040 y 2080.
- 1.3.3 Previamente se ha demostrado la presencia de metabolitos secundarios con propiedades insecticidas en especies del género *Magnolia*, entonces esperamos que los extractos crudos etanólicos de *Magnolia schiedeana* presenten propiedades insecticidas sobre los adultos de *Anastrepha ludens*.

### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Plantear una propuesta de conservación para *M. schiedeana* con base en sus atributos demográficos, su posible afectación por medio del cambio climático y su bioprospección como insecticida.

### **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.5.1 Conocer y comparar los atributos demográficos de dos poblaciones de *M. schiedeana* con historia de manejo contrastante.

- 1.5.2 Modelar la distribución potencial de las poblaciones de *M. schiedeana* y la resultante del cambio climático para los escenarios de los años 2040 y 2080.
- 1.5.3 Determinar las propiedades insecticidas de diferentes estructuras vegetativas de *M. schiedeana* utilizando los adultos de *A. ludens*.

## **1.6 DESCRIPCIÓN DE *Magnolia schiedeana***

*Magnolia schiedeana* Schltr. pertenece a la familia Magnoliaceae, es un árbol perenne, que llega a crecer hasta los 25 m de altura con un diámetro natural máximo de 50 cm y una corona irregular. Tiene una corteza externa áspera de coloración pardo-verduzca por la adherencia de líquenes y la interna es suave de color amarillento. Sus hojas son coriáceas de color verde claro de forma elíptica u ovada con 16 cm de largo y 7.7 cm de ancho; las jóvenes con indumento seríceo amarillo-verdoso y las adultas glabras. Exhibe flores bisexuales solitarias de color blanco, son glabras y carnosas con 3 sépalos de forma obovada y cóncava de 5 cm de largo y 3 cm de ancho, 6 pétalos cóncavos distribuidos en dos series de 3, la primera de forma obovada de 5 cm de largo y 2 cm de ancho y la segunda de forma elíptica de 3.5 cm de largo y 1.7 cm de ancho; los estambres son numerosos y están arreglados en espiral sobre el eje floral, tienen una forma laminar de color amarillo de 8 mm de largo, sus anteras introsas con 2 tecas paralelas; los pistilos son numerosos de color pardo oscuro con indumento de tipo seríceo amarillo-verdoso con ovarios de 5 mm de largo y estilo recurvado en el ápice de 1 mm de largo, la floración ocurre durante los meses de abril a junio, su olor florar es compuesto de monoterpenos y no producen néctar. El fruto es un polifolículo de color verde cuando es tierno y pardo-rojizo cuando está maduro, con un largo máximo de 8 cm con folículos glabros y leñosos con

dehiscencia dorsal y en cada folículo se encuentran regularmente dos semillas que penden de un funículo, éstas son asperas y elípticas a obovadas de 7 mm de largo con una sarcotesta de color rojo carnosa y blanda, testa café claro, endospermo abundante, cotiledones elípticos y embrión recto y rudimentario, fructifica una vez al año durante los meses de junio hasta agosto (Hernández-Cerda 1980, Hiroshi et al. 1999, Dieringer y Espinosa 1994).

Con respecto a los requerimientos bioclimáticos de *M. schiedeana*, se desarrolla en condiciones húmedas a sub húmedas con climas cálidos, templados y semicalidos correspondiendo igualmente que *M. grandiflora* al clima templado húmedo C(fm) a una temperatura media anual de 12° hasta 22 °C con una preferencia del 89 % al intervalo de 14° - 22 °C, con requerimientos de humedad más altos que *M. dealbata* siendo los valores de precipitación anual de 1,500 – 2,500 mm, distribuyéndose en un rango de altitud de 1,000 – 2,000 m igualmente que *M. dealbata* y *M. grandiflora* (Zulueta y Soto 1993).

*Magnolia schiedeana* se distribuye exclusivamente en la porción central de la vertiente del Golfo de México (Jiménez et al. 2007), es endémica del BMM y sus poblaciones se encuentran inmersas en fragmentos irregulares donde se presentan disturbios tales como: tala selectiva y mortalidad de árboles, poblaciones urbanas en crecimiento, lotificación de predios, contaminación de desechos inorgánicos, extracción de agua (empresas purificadoras) y tierra (venta en mercados locales), fragmentación por caminos y pastizales con ganado e invasión de especies exóticas (*Pteridium aquilinum*), entre otros.

De acuerdo a los aspectos ecológicos de *M. schiedeana* se sabe que la floración es influenciada por la elevación de la temperatura y que las flores no producen néctar sino una fuerte fragancia con olor a fruta que atreva a escarabajos polinizadores (*Cyclocephala*

*jalapensis* y *Stenagria* sp.); una vez abierta la corola floral sus estigmas son receptivos para la reproducción durante pocas horas (Dieringer y Espinosa 1994, Watanabe et al. 2002).

Esta especie se reproduce con mayor éxito por la vía vegetativa que por la vía sexual, ya que presenta una germinación limitada debido a la latencia de sus semillas y una alta remoción *in situ* de las mismas (Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez 2011). Así mismo tiene la habilidad de rebrotar cuando es talada, en forma de retoños, y seguir con su supervivencia (Sosa y Puig 1987).

Su principal uso es maderable, para garrocha en estado juvenil, leña y construcción en estado adulto, se cultiva de forma escasa como planta de ornato en casas, parques y jardines botánicos. Así mismo su uso medicinal se enfoca en la ingesta de infusión de flores secas (petalos) para combatir enfermedades del corazón, picaduras de alacrán y esterilidad femenina (Puig 1993).

## 1.7 SITIOS DE ESTUDIO

Se seleccionaron dos poblaciones de *Magnolia schiedeana* ubicadas en la zona centro del Estado de Veracruz, México. La población más grande se localiza en La Martinica en el municipio de Banderilla, entre las coordenadas 19° 34' 55'' N y 96° 56' 55'' W, con una altitud de 1,461 m. Su temperatura media es de 16 °C, con una precipitación media anual de 1,451 mm.

La población más pequeña se localiza en la parte alta del volcán de Acatlán entre las coordenadas 19° 41' 0.8'' N y 96° 51' 14'' W, con una altitud de 1,998 m. Su temperatura media es de 15.2 °C, con una precipitación media anual de 1,532 mm y humedad alta y niebla casi todo el año. El volcán tiene una forma cónica con pendientes pronunciadas y se

encuentra aislado en un valle casi completamente deforestado, la población se localiza en la zona superior norte alrededor del volcán. El suelo es profundo de tipo franco arcillo-arenoso con un alto contenido de materia orgánica (Williams-Linera et al. 2000).

Las principales especies asociadas a *M. schiedeana* en ambos sitios son: *Carpinus caroliniana* Walter., *Cletra mexicana* DC., *Fagus grandifolia* var. *mexicana* Martínez., *Liquidambar macrophylla* L., *Oreopanax xalapensis* Decne y Planch., *Quercus germana* Cham y Schlecht., *Q. laurina* Humb. y Bonpl., *Q. xalapensis* Humb y Bonpl., *Symplocos limoncillo* Humb. y Bonpl., *Styrax glabrescens* Benth., *Ternstroemia sylvatica* Cham. y Schldl., y *Turpinia insignis* Kunth (Rzedowski 1996, Williams-Linera 1996, 2002).

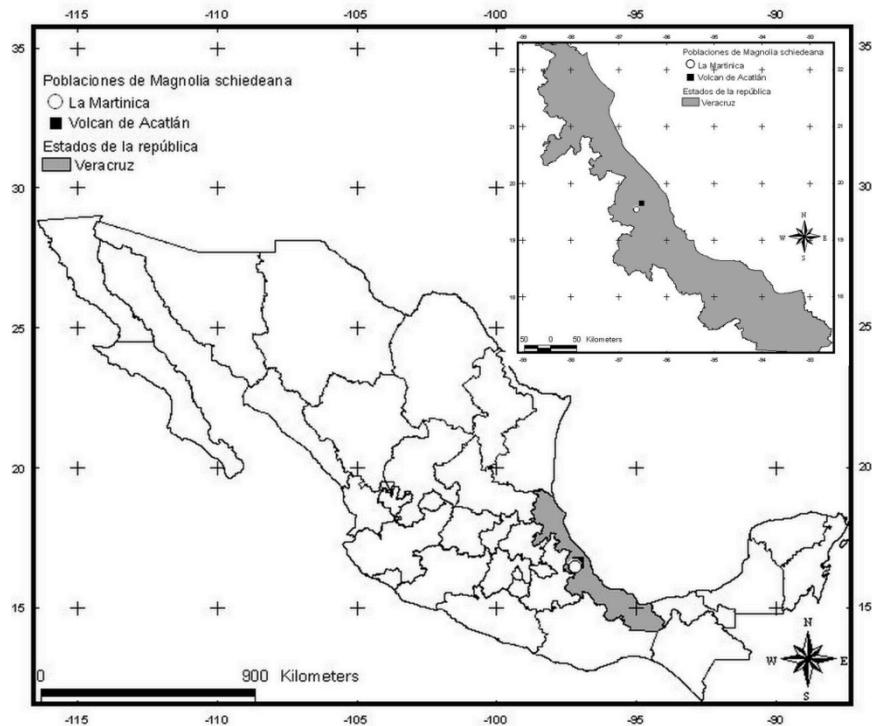


Fig. 1. Sitios de estudio. Poblaciones de *Magnolia schiedeana* en La Martinica, Banderilla y Volcán de Acatlán, Acatlán en el estado de Veracruz, México.

## 1.8 LITERATURA CITADA

- Álvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera y R.A. Pedraza. 2008. Experiencias sobre restauración ecológica en la región del bosque de niebla del centro de Veracruz. Páginas 125-146 *in* L.R. Sánchez-Velásquez, J.R. Galindo-González and F. Díaz-Fleischer, (editores). Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México. Anaya-Lang, A.L. 2003. Ecología Química. Instituto de Ecología. Plaza y Valdés. México.
- Arias-Zabala M., M.J. Anagarita-Velásquez, A.M. Aguirre-Cardona, J.M. Restrepo-Flórez, y C. Montoya-Vallejo. 2009. Estrategias para incrementar la producción de metabolitos secundarios en cultivos de células vegetales. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín 62: 4881-4895.
- Arriaga, L., and L. Gómez. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad en México. Paginas 255-265 *in*: J. Martínez, and A. Fernández (Coordinadores). Cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT. México.
- Azuma, H., L.B. Thien, M. Toyota, Y. Asakawa, and S. Kawano. 1997. Distribution and differential expression on (E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene in leaf and floral volatiles of *Magnolia* and *Liriodendron* taxa. Journal of Chemical Ecology 23: 2467-2478.
- Bang, K.H., Y.K. Kim, B.S. Min, M.K. Na, Y.H. Rhee, J.P. Lee, and K.H. Bae. 2000. Antifungal activity of Magnolol and Honokiol. Archives of Pharmacal Research 23: 46-49.
- Bubb, P., I. May, L. Miles, and J. Sayer. 2004. Cloud Forest Agenda. UNEPWCMC, Cambridge, UK.

- Carrizosa, S. 2002. Análisis comparativo de modelos internacionales de bioprospección: implicaciones para la conservación de la biodiversidad y la distribución equitativa de beneficios. Paginas 171-190 *in* L.M. Melgarejo, J. Sánchez, A. Chaparro, F. Newmark, M. Santos-Acevedo, C. Burbano, and C. Reyes. Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia Bogotá. Cargraphics. Serie de documentos generales INVEMAR No. 10. Bogotá-Colombia.
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analysis: their roles in conservation biology. *Ecology* 81: 619-627.
- Caswell, H. 2001. Matrix population models, construction, analysis and interpretation, 2dn Edn. Sinauer, Mass.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. CONABIO. INE. UNAM. Agrupación Sierra Madre. S.C. D.F. México.
- Chapela, I. 1996. La bioprospección en la era de la información: un análisis critico de las iniciativas de conservación asociadas con el descubrimiento de nuevos fármacos. Paginas 29-49 *in* J. Feinsilver editor. Biodiversidad, biotecnología y desarrollo sostenible en salud y agricultura: conexiones emergentes. Organización panamericana de la salud. Publicación científica 560. Washington D.C. USA.
- Cicuzza, D., A. Newton, and S. Oldfield. 2007. The Red List of Magnoliaceae. Fauna & Flora International. Botanic Gardens Conservation International. The Global Trees Campaign. The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group.
- CONANP 2010. Estrategia de cambio climático para Áreas protegidas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAT. México.

- Corral-Aguirre, J., and L.R. Sánchez-Velásquez. 2006. Seed Ecology and Germination Treatments in *Magnolia dealbata*: An Endangered Species. Flora 201: 227-232.
- Crowder, L.B., D.T. Crouse, S.S. Heppel, and T.H. Martin. 1994. Predicting the impact of turtle excluder devices on loggerhead sea turtle populations. Ecological Applications 4: 437-445.
- Dieringer, G., and S.J.E. Espinosa. 1994. Reproductive ecology of *Magnolia schiedeana* (Magnoliaceae), a threatened cloud forest tree species in Veracruz, Mexico. Bulletin Torrey Botanical Club 121: 154-159.
- Doyle, A.M. 1989. *Magnolia macrophylla*: population structure, reproductive strategies and the disturbance regime of Mill Creek Forest. Bachelor Thesis, Tulane University, Louisiana, USA.
- Dong, L., G. Li, and K. Zhang. 2008. Screening and isolation of anti-nematodal metabolites against *Bursaphelenchus xylophilus* produced by fungi and plant. Pages 347-358 in M.M. Mota, and P. Vieira, editors. Pine wilt disease: A worldwide threat to forest ecosystems. Springer Science+Business Media B. V.
- Elbadri, A.A.G., D.W. Lee, J.C Park, H.B. Yu, H.Y. Choo, S.M. Lee, and T.H. Lim. 2008. Nematocidal screening of essential oils and herbal extracts against *Bursaphelenchus xylophilus*. The Plant Pathology Journal 24: 178-182.
- Estrada-Contreras, I. 2010. Modelación de los cambios en la distribución de las comunidades vegetales terrestres del estado de Veracruz por efecto del cambio climático global. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Foster, P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. Earth-Science Reviews 55: 73-106.

- Franco, M., and J. Silvertown. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. *Ecology* 85: 531-538.
- González-Espinosa, M., J.A. Meave, F.G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, and A.C. Newton. 2011. The red list of Mexican Cloud Forest Trees. Fauna & Flora International. Botanic Gardens Conservation International. The Global Trees Campaign. The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group.
- Hamilton, L.S., J.O. Juvik, and F.N. Scatena. 1995. Tropical Montane cloud Forests. Ecological Studies 110. Springer, New York. USA.
- Hardy, T.J. 2003. Climate Change. Causes, effects, and solutions. John Wiley & Sons Ltd, England.
- He, J., L. Chen, Y. Si, B. Huang, X. Ban, and Y. Wang. 2009. Population structure and genetic diversity distribution in wild and cultivated populations of the traditional Chinese medicinal plant *Magnolia officinalis* subsp. *Biloba*. (Magnoliaceae). *Genetica* 135: 233-243.
- Hegerl, G.C., F.W. Zwiers, P. Braconnot, N.P. Gillett, Y. Lou, J.A.M. Orsini, N. Nicholls, J.E. Penner, and P.A. Stott. 2007. Understanding and attributing climate change. Pages 663-746 in S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller, editors. Climate Change. The physical Science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge. United Kingdom and Ney York. USA.
- Hilbert, D.W., M. Bradford, T. Parker, and D.A. Westcott. 2004. Golden bowerbird (*Prionodura newtonia*) habitat in past, present and future climates: predicted extinction

of vertebrate in tropical highlands due to global warming. Biological Conservation 116: 367-377.

Hiroshi, A., B.T. Leonard, and K. Shoichi. 1999. Floral Scents, Leaf Volatiles and Thermogenic Flowers in Magnoliaceae. Plant Species Biology 14: 121-127.

Ho, K.Y., C.C. Tsai, P.C. Chen, S.J. Huang, and C.C. Lin. 2001. Antimicrobial activity of Honokiol and Magnolol isolated from *Magnolia officinalis*. Phytotery Research 15: 139-141.

Hong, L., G. Li, W. Zhou, X. Wang, and K. Zhang. 2007. Screening and isolation of a nematicidal sesquiterpene from *Magnolia grandiflora* L. Pest Management Science 63: 301-305.

Ibáñez, I., J.S. Clark, M.C. Dietze, K. Feeley, M. Hersh, S. LaDeau, A. McBride, N.E. Welch, and M.S. Wolosin. 2006. Predicting biodiversity change: outside the climate envelope, beyond the species-area curve. Ecology 87: 1896-1906.

Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, y L. Corrales. 2010. Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos hidrológicos al cambio climático en Mesoamérica. Paginas 23-31 in C. Martínez-Alonso, B. Locatelli, R. Vignola, and P. Imbach, editors. Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina. Libro de actas del seminario internacional sobre adaptación al cambio climático: el rol de los servicios ecosistémicos. SIASSE/2008. CATIE.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernment Panel on Climate Change. Thechnical Summary. WMO-UNEP. Cambridge: Cambridge University Press.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al tercer informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. PNUMA/GRID-Areandal. Noruega.
- IUCN (Union Internacional para la Conservación de la Naturaleza) 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Ver en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- Iverson, R.L., and A.M. Prasad. 1998. Predicting abundance of 80 tree species following climate change in the Eastern United States. Ecological Monographs 68: 465-485.
- Iverson, R.L., A.M. Prasad, B.J. Hale, and E.K. Sutherland. 1999. Atlas of current and potential future distributions of common trees of the Eastern United States. Northeastern Research Station. USDA. Forest Service. Radnor. Pennsylvania. USA.
- Jacobo-Salcedo, M.R., A.L. González-Espindola, A.J. Alonso-Castro, M.R. González-Martínez, F. Domínguez, and A. García-Carranca. 2011. Antimicrobial activity and cytotoxic effects of *Magnolia dealbata* and its active compounds. Natural Products Communications 6: 1121-1124.
- Jiménez-Ramírez, J., K. Vega-Flores, R. Cruz-Duran, y A.J. Vázquez-García. 2007. *Magnolia guerrerensis* (Magnoliaceae), una especie nueva del bosque mesófilo de montaña del Estado de Guerrero, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 80: 73-76.
- Kaye, T.N., L.K. Pendergrass, K. Finley, and B.J. Kauffman. 2001. The effect of fire on the population viability of an endangered prairie plant. Ecological Applications 11: 1366-1380.

- Kelm, A.M., M.G. Nair, and R.A. Schutzki. 1997. Mosquitocidal compounds from *Magnolia salicifolia*. *Pharmaceutical Biology* 35: 84-90.
- Kisanuki, H., H. Oguro, A. Nakai, S. Setsuko, N. Nishimura, and N. Tomaru. 2008. The soil seed bank of the threatened plant *Magnolia stellata* is subordinate to the emergence of current-year seedlings. *Journal Forest Research* 13: 143-146.
- Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241: 1455-1460.
- Lesica, P. 1999. Effects of fire on the demography of the endangered, geophytic herb, *Silene spaldingii*. *American Journal of Botany* 86: 996-1002.
- Li, J., M. Tanaka, K. Kurasawa, T. Ikeda, and T. Nohara. 2007. Studies of the chemical constituents of the flower buds of *Magnolia kobus* and *Magnolia salicifolia*. *Journal Natural Medical* 61: 222-223.
- Li, J., and D.W. Hilbert. 2008. LIVES: a new habitat modeling technique for predicting the distribution of species' occurrences using presence-only data based on limiting factor theory. *Biodiversity Conservation* 17: 3079-3095.
- Lira, R., O. Téllez-Valdés, and P. Dávila. 2009. The effects of climate change on the geographic distribution of Mexican wild relatives of domesticated Cucurbitaceae. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56: 691-703.
- Locatelli, B., and M. Kanninen. 2010. Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático. Paginas 11-20 *in* C. Martínez-Alonso, B. Locatelli, R. Vignola, and P. Imbach, editors. *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina. Libro de actas del seminario internacional sobre adaptación al cambio climático: el rol de los servicios ecosistémicos*. SIASSE/2008. CATIE.

- Londoño-Murcia, M.C., O. Téllez-Valdés, and V. Sánchez-Cordero. 2010. Environmental heterogeneity of World Wildlife Fund for Nature ecoregions and implications for conservation in Neotropical biodiversity hotspots. *Environmental Conservation* 37: 116-127.
- Lozano, C.G. 1983. Magnoliaceae. *Flora de Colombia* 1: 1-119.
- Luna, I., A. Velásquez, y E. Velásquez. 2001. México. Paginas 183-230 *in* M. Kappelle, y A.D. Brown, editores. *Bosques nublados del Neotrópico*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Luo, D.X., S.H. Wu, Y.B. Ma, D.G. Wu, and J. Zhou. 2001. Sesquiterpenoids from *Magnolia grandiflora*. *Planta Medica* 67: 354-357.
- Magaña-Rueda, V., J.M. Méndez, R. Morales, y C. Millán. 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. Paginas 204-213 *in* J. Martínez, y A. Fernández-bremauntz, compiladores. *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT. INE. México.
- Malcolm, J.R., C. Liu, R.P. Neilson, L. Hansen, and L. Hannah. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20: 538-548.
- Margules, C.R., and R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Markham, A. 1998. Potential impacts of climate change on tropical forest ecosystems. *Climatic Change* 39: 141-143.
- Maroschek, M., R. Seidl, S. Netherer, and M.J. Lexer. 2009. Climate change impacts on goods services of European mountain forest. *Unasylva* 231/232: 76-80.

- Maruyama, Y., Y. Ikarashi, and H. Kuribara. 2002. Bioactivity and Pharmacological ASPECT OF *Magnolia*. Pages 75-127 in S.D. Satyajit, and M. Yuji, editors. *Magnolia. The Genus Magnolia*. Taylor & Francis. New York. USA.
- Mata-Rosas, M., and A. Jiménez-Rodriguez. 2006. Somatic embriogénesis and organogénesis in *Magnolia dealbata* Zucc, (Magnoliaceae). An endangered, endemic mexican species. HortScience 41: 1325-1329.
- Mayberry, R.J., and E. Elle. 2010. Conservation of a rare plant requires different methods in different habitats: demographic lessons from *Actaea elata*. Oecologia 164: 1121-1130.
- McKenney, W.D., J.H. Pedlar., K. Lawrence., K. Campbell, and M.F. Hutchinson. 2007. Potencial impacts of climate change on the distribution of the North American Trees. BioScience 57: 939-948.
- Melgarejo, M.L., J. Sánchez, C. Reyes, F. Newmark, y M. Santos-Acevedo. 2002. Plan nacional en bioprospección continental y marina (propuesta técnica) Bogotá: Cargraphics. Serie de documentos generales INVEMAR No. 11. Bogotá-Colombia.
- Melgarejo, M.L. 2003. Bioprospección: Plan nacional y aproximación al estado actual en Colombia. Acta Biológica Colombiana 8: 73-86.
- Menges, E.S., and R. Dolan. 1998. Demographic viability of populations of *Silene regia* in midwestern prairies: relationships with fire management, genetic variation, geographic location, population size and isolation. Journal of Ecology 86: 63-78.
- Menges, E.S. 2000. Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. Trends in Ecology & Evolution 15: 51-56.

- Midgley, G.F., L. Hannah, D. Millar, M.C. Rutherford, and L.W. Powrie. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology and Biogeography* 11: 445-451.
- Miyazawa, M., Y. Ishikawa, H. Kasahara, J. Yamanaka, and H. Kameoka. 1994. An insect growth inhibitory lignan from flower buds of *Magnolia fargesii*. *Phytochemistry* 35: 611-613.
- Mori, M., M. Aoyama, and S. Doi. 1997. Antifungal constituents in the bark of *Magnolia obovata* Thunb. *European Journal of Wood and Wood Products* 55: 275-278.
- Morris, W., and D. Doak. 2002. Quantitative conservation biology: theory and practice of population viability analysis. Sinauer, Sunderland.
- Nitao, K.J., M.G. Nair, D.L. Thorogood, K.S. Johnson, and J.M. Scriber. 1991. Bioactive neolignans from the leaves of *Magnolia virginiana*. *Phytochemistry* 30: 2193-2195.
- Nowak, J.D., J.R. McBride, and R.A. Beatty. 1990. Newly planted street tree growth and mortality. *Journal of Arboriculture* 16: 124-129.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 2003. Evaluación del desempeño ambiental: México. OCDE, México.
- Olson, F.D., R.L. Barnes, and L. Jones. 1974. *Magnolia* L. Seed of woody plants in the United States. Forest Service U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C. USA.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2006. Los objetivos del desarrollo del milenio en México: Informe de avance 2005. Resumen ejecutivo. Sistema de las naciones unidas de México. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Revista Aportes 11: 215-252.

- Oostermeijer, J.G.B., L.M. Brugman, R.E. de Boer, and M.C.J. Den Nijs. 1996. Temporal and spatial variation in the demography of *Gentiana pneumonanthe*, a rare perennial herb. *Journal of Ecology* 84: 153-166.
- Park, J., C. Lee, and H.J. Park. 1997. Anti-*Helicobacter pylori* effect of Costunolide isolated from the stem bark of *Magnolia sieboldii*. *Archives of Pharmacal Research* 20: 275-279.
- Phillips, J.S., R.P. Anderson, and R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Pico, X.F., y P.F. Quintana-Asencio. 2005. Análisis de factores demográficos y genéticos para la conservación de poblaciones de plantas en un hábitat fragmentado. *Ecosistemas* 14: 109-115.
- Pineda-López, M.R., L.R. Sánchez-Velásquez, J.C. Noa-Carrazana, N. Flores-Estévez, F. Díaz-Fleischer, L. Iglesias-Andreu, G. Ortiz-Caballos, G. Vázquez-Domínguez, y S.G. Vásquez-Morales. 2008. 4.5 Impactos en el medio natural: Adaptación de la biodiversidad y el cambio climático. *in:* A. Tejeda- Martínez, M. E. Guadarrama-Olivera, and C. M. Welsh-Rodríguez, compilers. Estudios para un programa veracruzano ante el cambio climático. Universidad Veracruzana. Instituto Nacional de Ecología. Embajada británica en México. Ver en:  
[http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/PROTECCIONVER/CAMBIO\\_CLIMATICO/ESTUDIOS\\_CAMBIO\\_CLIMATICO/ADAPTACI%D3N%20DE%20LA%20BIODIVERSIDAD%20Y%20CAMBIO%20CLIM%C1TICO.PDF](http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/PROTECCIONVER/CAMBIO_CLIMATICO/ESTUDIOS_CAMBIO_CLIMATICO/ADAPTACI%D3N%20DE%20LA%20BIODIVERSIDAD%20Y%20CAMBIO%20CLIM%C1TICO.PDF)
- Peterson, T.A., M. Pape, and M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.

- Pounds, J.A., M.P.L. Fogden, and J.H. Campbell. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611-615.
- Puig, H. 1993. Árboles y Arbustos del Bosque Mesófilo de Montaña de la Reserva "El Cielo", Tamaulipas, México. Instituto de Ecología. A. C. México.
- PVCC (Programa Veracruzano ante el Cambio Climático). 2009. Programa veracruzano ante el cambio climático. Universidad Veracruzana-INE. México.
- Ramírez-Bamonde, E., L.R. Sánchez-Velásquez, and A. Andrade-Torres. 2005. Seedling survival and growth of three species of mountain cloud forest in Mexico, under different canopy treatments. *New Forests* 30: 95-101.
- Ramírez-Marcial, N., M. González-Espinosa, and G. Williams-Linera. 2001. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forests in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154: 311-326.
- Reddy, S., and L.M. Dávalos. 2007. Geographical sampling bias and its implications for conservations priorities in Africa. *Journal of Biogeography* 30: 1719-1727.
- Rodríguez-Laguna, R., J. Jiménez-Pérez, O.A. Aguirre-Calderón, y E.J. Treviño-Garza. 2006. Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* 9: 179-188.
- Rojas, R.F. 2005. Principales especies forestales introducidas en Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal* 2 (4).
- Ruiz-Suárez, L.G. y X. Cruz-Núñez. 2004. Los gases de efecto invernadero y sus emisiones en México. Páginas 109-121 *in* J. Martínez, y A. Fernández-bremauntz, compiladores. Cambio climático: una visión desde México. SEMARNAT. INE. México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.

Rzedowski, J. 1996. Análisis Preliminar de la Flora Vascular de los Bosques Mesófilos de Montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.

SAI (Situación Ambiental Internacional) 2006. Principales preguntas sobre el cambio climático. Cambio climático. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Argentina. Ver en:

<http://dsostenible.com.ar/situacion-inter/clima/prg2001c.html>.

Saldaña-Acosta, A., M.S. Zuloaga-Aguilar, y E. Jardel-Peláez. 2001. Germinación de *Acer skutchii* Rehder y *Magnolia iltisiana* Vázquez en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Forestal Veracruzana* 3: 1-8.

Sánchez-Velásquez, L.R., E.S. Ramírez-Bamonde, A. Andrade-Torres, y P. Rodriguez-Torrez. 2008. Ecología florística y restauración del bosque mesófilo de Montaña. Paginas 09-35 in L.R. Sánchez-Velásquez, J.R. Galindo-González, and F. Díaz-Fleischer, editores. Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México. CONABIO. México.

Sánchez-Velásquez, L.R., E. Ezcurra, M. Martínez-Ramos, E. Alvarez-Buylla, and R. Lorente A. 2002. Population dynamics of *Zea diploperennis*, a perennial herbs: effect of slash and burn practice. *Journal of Ecology* 90: 684-692.

Sánchez-Velásquez, L.R., and M.R. Pineda-López. 2006. Species diversity, structure and dynamics of two populations endangered species, *Magnolia dealbata* (Magnoliaceae). *Revista Biológica Tropical* 54: 997-1002.

Sánchez-Velásquez, L.R., y M.R. Pineda-López. 2009. Distribución de la vegetación y cambio climático como un proceso de selección natural. *La Ciencia y El Hombre* XXII: 51-58.

- Sánchez-Velásquez, L.R and M.R. Pineda-López. 2010. Comparative demographic analysis in contrasting environments of *Magnolia dealbata*: an endangered species from Mexico. Population Ecology 52: 203-210.
- Sarker, S.D., Z. Latif., M. Stewart, and L. Nahar. 2002. Phytochemistry of the genus *Magnolia*. Pages 21-74 in D.S. Satyajit, and M. Yuji, editors. *Magnolia. The Genus Magnolia*. Taylor & Francis. New York. USA.
- Satomura, T., Y. Hashimoto, H. Koizumu, K. Nakane, and T. Horikoshi. 2006. Seasonal patterns of fine root demography in a cool-temperate deciduous forest in central Japan. Ecological Research 21: 741-753.
- Schemske, D.W., B.C. Husband, M.H. Ruckelshaus, C. Goodwillie, I.M. Parker, and J.G. Bishop. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. Ecology 75: 584-606.
- Schimper, A. 1964. Plant geographic upon a physiological basis. Historiae naturalis classical II. Repr. Cramer-Weinheim. USA.
- Schühly, W., I. Khan, and N.H. Fischer. 2001. The Ethnomedicinal Uses of Magnoliaceae from the Southeastern United States as Leads in Drug Discovery. Pharmaceutical Biology 39: 63- 69.
- Schwartz, W.M., L.R. Iverson, A.M. Prasad, S.N. Matthews, and R.J. O'Connor. 2006. Predicting extinctions as a result of climate change. Ecology 87: 1611-1615.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. NOM-059- SEMARNAT-2010 de protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo, especificaciones para su inclusión, exclusión o

- cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de Diciembre del 2010. Segunda sección. México.
- Shin, C., and M. Shibuya. 2007. Spatial variation in tree seedling density after the site preparation for planting in a cleared coniferous plantation in Hokkaido, northern Japan. Journal Forest Research 12: 57-62.
- Silvertown, J., M. Franco, and K. McConway. 1992. A demographic interpretation of Grime's Triangle. Functional Ecology 6: 130-136.
- Sittenfeld, A., and R. Gaméz. 1993. Biodiversity prospecting by INBio. Pages 69-98 *in* V.W. Reid, A.S. Laird, A.C. Meyer, R. Gaméz, A. Sittenfeld, and H.D. Jansen, editors. Biodiversity prospecting: using genetics resources for sustainable development. Washington. World Resources Institute. USA.
- Sosa, V. J. and H. Puig. 1987. Regeneración del extracto arbóreo en el Bosque Mesófilo de Montaña. Pages 107-131 *in* H. Puig and R. Bracho, editors. El Bosque Mesófilo de Montaña de Tamaulipas. Instituto de Ecología A. C. México D.F.
- Still, C.J., P.N. Foster, and S.H. Schneider. 1999. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. Nature 398: 608-610.
- Téllez-Valdés, O., Y.M. Chávez, A. Gómez-Tagle, and M.V. Gutiérrez. 2004. Modelaje bioclimático, una herramienta para desarrollar estrategias de manejo forestal: estudio de caso en cuatro especies mexicanas de *Pinus* (Pinaceae). Ciencia Forestal 29: 61-82.
- Téllez-Valdés, O., P. Dávila-Aranda, and R. Lira-Saade. 2006. The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the Cloud Forest in Eastern México. Biodiversity and Conservation 15: 1095-1107.

- Tews, J. 2007. Biodiversity and climate change: A modeling perspective. Pages 27-41 *in* J. Schwartz, editor. Focus on biodiversity research. Nova Science Publisher Inc.
- Theis, N., and M. Lerdau. 2003. The evolution of function in plant secondary metabolites. International Journal of Plant Sciences 164(s3): s93-s102.
- Trejo-Tapia, G., y M. Rodríguez-Monroy. 2006. La agregación celular en la producción de metabolitos secundarios en cultivos vegetales *in vitro*. Interciencia 10: 669-674.
- Umbreit, N.F., y M. Santos-Acevedo. 2002. Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia en el área de organismos marinos. Pages 27-46 *in* L.M. Melgarejo, J. Sánchez, A. Chaparro, F. Newmark, M. Santos-Acevedo, C. Burbano, y C. Reyes, coordinadores. Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia Bogotá. Cargraphics. Serie de documentos generales INVEMAR No. 10. Bogotá-Colombia.
- Vásquez-Morales, S.G., and L.R. Sánchez-Velásquez. 2011. Seed ecology and pre-germinative treatments in *Magnolia schiedeana* Schlecht., an endangered species from México. Journal of Food, Agriculture & Environment 9: 604-608.
- Vázquez-García, J.A., D.A. Neill, Á.J. Pérez-C, F. Arroyo, M.P. Núñez-V, M. Serna, E. De Castro Arce, R. Domínguez-Y, M.E. Véliz-P, M.A. Pérez-F, M.Á. Muñiz-C, y A. Sánchez González 2014. Magnoliaceae del Neotrópico: riqueza, endemismo y estado de conservación. XI Congreso Latinoamericano de Botánica, 19-24 de octubre de 2014, San Salvador Bahía, Brasil.
- Verpoorte, R., A. Contin, and J. Memelink. 2002. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. Phytochemistry Reviews 1: 13-25.

- Villaseñor, J.L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Villers, L., y I. Trejo. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. Paginas 239-254 *in* J. Martinez, y A. Fernandez, coordinadores. 2004. Cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT. México.
- Watanabe, K., F. Ikegami, and S. Horie. 2002. Introduction The Genus *Magnolia*. Pages 1-7 *in* S.D. Satyajit, and M. Yuji, editors. *Magnolia. The Genus Magnolia*. Taylor & Francis. New York. USA.
- Waizel, B.J. 2002. Uso tradicional e investigación científica de *Talauma mexicana* (DC.) Don., o Flor del Corazón. Revista Mexicana de Cardiología 13: 31-38.
- Weaver, P.L. 1987. Ecological Observations on *Magnolia splendens* Urban in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Caribbea Journal of Science 23: 340-351.
- Williams-Linera, G. 2000. Leaf demography and leaf traits of temperate-deciduous and tropical evergreen-broadleaved trees in a Mexican montane cloud forest. Plant Ecology 149: 233-244.
- Williams-Linera, G., S.M. Devall, y C. Alvarez-Aquino. 2000. A relict population of *Fagus grandifolia* var *mexicana* at the Acatlan Volcano, Mexico: struture, litterfall, phenology and dendroecology. Journal of Biogeography 27: 1297-1309.
- Williams-Linera, G. 2001. Restauración del Bosque de Montaña en Xalapa, Veracruz. Paginas 563-564 *in* R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, y F. Massardo, editores. Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México.

Williams-Linera, G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz. Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. INECOL. CONABIO. México.

Yasaka, M., M. Takiya, I. Watanabe, Y. Oono, and N. Mizui. 2008. Variation in seed production among years and among individuals in 11 broadleaf tree species in northern Japan. Journal of Forest Research 13: 83-88.

Zhang, P.K., A. Harris, and Y. Shao. 2002. Quality Control of Magnolia Bark. Pages 128-155 in S.D. Satyajit, and M. Yuji, editors. *Magnolia. The Genus Magnolia*. Taylor & Francis. New York. US.

## CAPÍTULO II

### DEMOGRAFÍA DE *Magnolia schiedeana* SCHLTL., EN DOS POBLACIONES CONTRASTANTES

Revistas propuestas para su publicación: **Population Ecology**, **Plant Ecology** y **Journal of Negative Results**.

## **Demografía de *Magnolia schiedeana* Schltr., en dos poblaciones contrastantes**

Suria Gisela Vásquez-Morales<sup>1</sup>, Lázaro Rafael Sánchez-Velásquez<sup>1,2\*</sup>, María del Rosario Pineda-López<sup>1</sup>, Francisco Díaz-Fleischer<sup>1</sup>, Norma Flores-Estévez<sup>1</sup>, Héctor Viveros-Viveros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Zona Universitaria A.P. 250, Xalapa, Veracruz 91090, México. ([suvasquez@uv.mx](mailto:suvasquez@uv.mx)) ([fradiaz@uv.mx](mailto:fradiaz@uv.mx)) ([nflores@uv.mx](mailto:nflores@uv.mx)) ([rpineda@uv.mx](mailto:rpineda@uv.mx))

<sup>2</sup> Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. ([lasanchez@uv.mx](mailto:lasanchez@uv.mx))\*

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR), Universidad Veracruzana, A.P. 551, Xalapa, Veracruz, México. ([heviveros@uv.mx](mailto:heviveros@uv.mx))

\*Autor de correspondencia

## RESUMEN

Los estudios demográficos son una herramienta robusta para programas de conservación o manejo de especies en peligro de extinción. Con los atributos demográficos, por ejemplo la tasa de crecimiento poblacional, la matriz de sensibilidad y elasticidad, es factible simular la respuesta poblacional a efectos de disturbios, escenarios de manejo y uso que permitan la conservación de las especies. *Magnolia schiedeana* es una especie en peligro de extinción debido a la destrucción de su hábitat, polinización especializada y su bajo porcentaje de germinación *in situ*. Se estudió la demografía de dos poblaciones contrastantes de *M. schiedeana* en términos de disturbio. Los atributos demográficos evaluados fueron la tasa de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ); las matrices de elasticidad, sensibilidad, y variación de la elasticidad y LTRE (life table response experiments). Las tasas de crecimiento poblacional no fueron significativamente diferentes entre ambas poblaciones  $1.497 \pm 0.4305$  y  $1.399 \pm 0.090$ , con mayor y menor disturbio, respectivamente. La transiciones con los valores de elasticidad más altos, es decir que más contribuyen a la  $\lambda$  fue similar en ambas poblaciones, más del 80 % de la contribución a la  $\lambda$  está dada por los individuos  $< 5$  cm de diámetro. El análisis LTRE y los valores de sensibilidad llaman la atención sobre la clases de tamaño  $\leq 5$  cm de diámetro para considerar un manejo de sus poblaciones con fines productivos o de conservación.

**Palabras Clave:** Bosque mesófilo de montaña, conservación, especie en peligro, LTRE, modelos matriciales.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios demográficos en hábitats naturales son de suma importancia para la conservación de especies endémicas y en peligro de extinción (Caswell 2001). Los atributos demográficos nos permiten evaluar el estado actual de las poblaciones, detectar etapas vulnerables en el ciclo de vida, evaluar la viabilidad de poblaciones bajo diferentes escenarios naturales o de manejo y realizar estrategias para la conservación, entre otras perspectivas. El uso de modelos matriciales en la demografía permiten conocer las tasas de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ), la elasticidad y sensibilidad entre las transiciones del ciclo de vida, así como su variación a través del análisis LTRE (por sus siglas en Inglés, life table response experiment) (Menges y Dolan 1998; Caswell 2001; Morris y Doak 2002). La matriz de elasticidad nos da información sobre la contribución relativa de las diferentes fases del ciclo de vida de la población sobre la  $\lambda$  (Silvertown et al. 1992; Morris y Doak 2002; Franco y Silvertown 2004). El análisis de los experimentos de respuesta de la tabla de vida (LTRE) analiza la variación entre las contribuciones totales de la población para cada transición en el ciclo de vida (Ehrlén y Van Groenendael 1998; Caswell 2001), además de ser una extensión del análisis de sensibilidad que incorpora el índice vital y su variación (Mills y Lindberg 2002). La tasa de crecimiento poblacional es uno de los atributos más relevantes, indicando si la población permanece estable, tiende a crecer o decrecer (Lande 1988; Schemske et al. 1994; Pico y Quintana-Asencio 2005).

En México se han registrado 29 especies de la familia Magnoliaceae, entre éstas, *Magnolia schiedeana* Schltr. ha sido categorizada como una especie en peligro de extinción (Cicuzza et al. 2007; SEMARNAT 2010; González-Espínosa et al. 2011). Esta especie es

endémica del bosque mesófilo de montaña (BMM) que a su vez también está en peligro de extinción en México, y se distribuye únicamente en los BMM de la vertiente central del Golfo de México (Jiménez et al. 2007; Vázquez et al. 2012). Sus poblaciones se localizan en remanentes dispersos, donde en algunos casos están siendo reemplazados o perturbados por la expansión urbana (Williams-Linera et al. 2002). En *M. schiedeana* ocurre la polinización especializada por medio de *Cyclocephala jalapensis* Casey (Scarabaeidae: Dynastinae) (Dieringer y Espinosa 1994), dispersión de semillas por medio de aves y una alta remoción *in situ* (Watanabe et al. 2002; Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez 2011).

Los estudios demográficos realizados en magnolias donde se incluye todo su ciclo de vida son pocos, como es el caso de *M. dealbata* (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2010), o donde se incluye una etapa de su ciclo de vida o en estructuras vegetativas, tales como; hojas en *M. schiedeana* (Williams-Linera 2000); producción de polifolículos en *M. macrophylla*, *M. schiedeana* y *M. praecocissima* v. *borealis* (Doyle 1989; Dieringer y Espinosa 1994; Yasaka et al. 2008); raíces en *M. obovata* (Satomura et al. 2006); y estudios de la dinámica de semillas en *M. dealbata* (Corral-Aguirre y Sánchez-Velásquez 2006) y *M. schiedeana* (Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez 2011).

En resumen, *M. schiedeana* es una especie en peligro de extinción, afectada por disturbios antropogénicos y de la cual no se conocen sus atributos demográficos. Por lo tanto, hay poca información para poder generar programas dirigidos hacia su manejo y conservación. En este estudio nos hemos planteado como objetivo el conocer los atributos demográficos en dos poblaciones de *M. schiedeana* en diferentes condiciones de disturbio,

y en particular conocer su estructura de tamaños, las  $\lambda$ s, las transiciones de su ciclo de vida que más contribuyen a las  $\lambda$ s , así como las transiciones que tienen mayor variación.

## MÉTODO

*Especie de estudio.* *Magnolia schiedeana* es un árbol perenne de hasta 25 m de altura con hojas coriáceas glabras, flores blancas glabras. Florece durante los meses de abril a junio, el fruto es un polifolículo de 4-8 cm de longitud, con dos semillas en cada folículo de 5-7 mm de longitud, con sarcotesta de color rojo carnosa, con endospermo abundante y embrión rudimentario. La fructificación ocurre entre los meses de junio-agosto (Hernández-Cerda 1980). Se desarrolla a una temperatura de 12°-22 °C, con precipitación anual de 1,500-2,500 mm, distribuyéndose en un intervalo altitudinal de 1,000-2,000 m (Zulueta y Soto 1993; Rzedowski 1978, 1996).

*Área de estudio.* Se seleccionaron dos poblaciones de *M. schiedeana* contrastantes, una con disturbio (Pcd) y otra con escaso disturbio (Ped), representado el disturbio por la tala de árboles. La población con disturbio está localizada en La Martinica, adyacente a Banderilla, Veracruz, México; entre las coordenadas 19° 34' 55''N y 96° 56' 55''W, con una altitud de 1,461 m. Su temperatura media es de 16 °C, con una precipitación media anual de 1,451 mm. Esta población se encuentra junto a la ciudad de Banderilla y presenta alta interacción antropocéntrica derivándose en tala de árboles clandestina. Debido a la rectitud de su tronco, los individuos juveniles de *M. schiedeana* son apreciados para su venta como garrochas en los mercados cercanos. La población con escaso disturbio se localiza en la parte alta del Volcán de Acatlán entre las coordenadas 19° 41' 0.8''N y 96° 51' 14''W, con

una altitud de 1,998 m. Su temperatura media es de 20 °C, con una precipitación media anual de 1,570 mm. Esta población se ubica en la cima del mismo volcán lo que hace que tenga poco impacto antropogénico.

Las principales especies asociadas a *M. schiedeana* en ambos sitios son: *Cletra mexicana* DC., *Fagus grandifolia* var. *mexicana* Martínez, *Liquidambar macrophylla* L., *Oreopanax xalapensis* Decne y Planch., *Quercus xalapensis* Humb y Bonpl., *Q. germana* Cham y Schlecht., *Styrax glabrescens* Benth., y *Turpinia insignis* Kunth (Rzedowski 1996; Williams-Linera 1996, 2002).

*Datos de campo.* Se realizó un censo en ambas poblaciones de *M. schiedeana* durante cuatro años para obtener tres ciclos anuales. El ciclo de vida se dividió en cinco clases de tamaño: individuos menores a  $\leq 1.3$  m de altura,  $> 1.3$  m de altura y  $< 5$  cm de dn,  $\geq 5 - < 10$  cm de dn, y  $\geq 10$  cm de dn. En ambas poblaciones se registró el diámetro normal (dn) a los individuos  $> 1.3$  metros de altura y el diámetro basal a los individuos menores a  $\leq 1.3$  m de altura. Así mismo, cada individuo fue georeferenciado (UTM) y se rotuló con una etiqueta de aluminio. En cada censo se registró el número de polifolículos producidos de una muestra al azar de 10 árboles por cada una de las clases de tamaño ( $> 1.3$  m de altura y  $< 5$  cm de dn,  $\geq 5 - < 10$  cm de dn, y  $\geq 10$  cm de dn). Con esta información se extrapoló al resto de la población. La perturbación se midió a través del conteo directo de tocones en las áreas estudiadas y se registró la presencia-ausencia de rebrotos.

*Análisis de datos.* La estructura de tamaños de ambas poblaciones de *M. schiedeana* se compararon con la prueba de Wilcoxon usando Statistic versión 6.1 (StatSoft 1999). Se calcularon las probabilidades de transición de Márkoviano  $a_{ij}$ , para cada población y año, dividiendo el ciclo de vida en cinco clases de tamaño, mismas que se usaron para la

estructura de la población descritas en el párrafo anterior (Fig. 1). El valor  $a_{ij}$  representa la probabilidad de transición de un estado de tamaño a otro de la matriz de transición (Caswell 2001). La cantidad de semillas por polifolículo ( $25 \pm 0.03$ ) y la probabilidad de que las semillas permanezcan al siguiente ciclo anual como semillas o banco de semillas persistente ( $0.08 \pm 0.06$ ) en ambos sitios, se tomaron del estudio de Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez (2011) y fueron utilizados para todas las matrices de transición anuales. En total se obtuvieron seis matrices de transición anual, tres para cada población.

Para cada población se estimó la tasa de crecimiento poblacional ( $\lambda$ , la cual es el eigenvalue dominante de la matriz de transición) para cada uno de los tres ciclos anuales usando RAMAS/stage (Ferson 1990).

El límite de confianza para  $\lambda$  de cada población se estimó por medio del método analítico. Este método supone que los errores de los elementos de la  $a_{ij}$  son mínimos, con una distribución normal para la  $\lambda$ . Por ello el intervalo de confianza (95 %) es dos veces el error estandar ( $\lambda + 2\sigma$ ). Las variaciones de las probabilidades de transición se estimaron con la ecuación  $Var a_{ij} = a_{ij}[1 - a_{ij}] / n$ , donde  $a_{ij}$  es la probabilidad de transición del estado  $j$  al estado  $i$  de la matriz de transición promedio, y  $n$  es el número de individuos utilizados para estimar dicha transición (Álvarez-Buylla y Slatkin 1991, 1994).

El análisis de sensibilidad explora la dependencia de  $\lambda$  en la tasa vital específica del tamaño (stage-specific), a través del cálculo del efecto de los cambios infinitamente pequeños de los elementos de la matriz ( $a_{ij}$ ) sobre la  $\lambda$ , es decir,  $S_{ij} = (\delta\lambda|\delta a_{ij})$  (Caswell 2001). El análisis de sensibilidad se estimó para cada ciclo en ambas poblaciones, debido a que es imprescindible para el cálculo de la elasticidad.

La elasticidad explora la contribución proporcional de los elementos de la matriz de transición ( $a_{ij}$ ) sobre  $\lambda$ , para esto nosotros usamos la ecuación  $e_{ij} = (a_{ij}|\lambda)s_{ij}$ . La suma de los componentes de la matriz de elasticidad es igual a 1. La elasticidad es usada para evaluar la importancia de los elementos de la matriz y determina qué aspectos del ciclo de vida de la especie se deben elegir para tomar medidas de conservación o manejo (Caswell 2001; Link y Doherty 2002).

El análisis de los experimentos de respuesta de la tabla de vida (LTRE) descompone los efectos totales de las poblaciones que contribuyen para cada transición, la LTRE aprovecha ser una extensión del análisis de sensibilidad que incorpora el índice vital, los cambios o la variación. En contraste con el análisis de elasticidad que calcula la respuesta de  $\lambda$  en cada transición, el análisis LTRE mide la contribución de la variación en el índice de transición y la variación de  $\lambda$ . El efecto de LTRE se calculó con la siguiente ecuación  $LTRE_{ij} = \sqrt{V_{ij}} \times \frac{\delta\lambda/\delta a_{ij}}{\text{media}}$ , donde  $\sqrt{V_{ij}}$  es la desviación estándar del índice de transición, y  $\frac{\delta\lambda/\delta a_{ij}}{\text{media}}$  es la evaluación de sensibilidad de la matriz media (Caswell 2001).

## RESULTADOS

*Estructura de la población.* El número de individuos de *M. schiedeana* por hectárea fue similar entre ambas poblaciones (14 y 12 para Pcd y Ped, respectivamente), sin embargo la estructura de tamaños de las poblaciones fue significativamente diferente ( $Z=2.5205$ ,  $P=0.0117$ ) (Fig. 2).

Se confirmó que la población de La Martinica (Pcd) presenta mayor disturbio, en el área se registró un total de 43 individuos talados, mientras que la población del Volcán de Acatlán (Ped) solo tuvo 2; todos los individuos presentaron rebrote.

*Tasas de crecimiento poblacional.* Las tasas de crecimiento poblacional no fueron significativamente diferentes entre ambas poblaciones, encontrando una tasa poblacional de  $1.497 \pm 0.4305$  en Pcd y  $1.399 \pm 0.090$  en Ped. En la población Pcd se observó que cada año la tasa de crecimiento poblacional va decreciendo proporcionalmente 51 % a 6 % con respecto al primer registro; en la población Ped mostró un decrecimiento con menor variación de 42 % a 37 % (Tabla 1).

*Análisis de elasticidad.* En ambas poblaciones, la clase de tamaños que contribuye más a la  $\lambda$  son la transición de semilla a plántula, de plántula a individuos menores de 5 cm de diámetro normal ( $>0- <5$  dn), y la permanencia de las plántulas e individuos menores de 5 cm de diámetro normal ( $>0- <5$  dn) (Tabla 2). La permanencia fue el proceso demográfico que más contribuyó a la  $\lambda$  en ambas poblaciones. Las transiciones con los valores de elasticidad más altos, es decir que más contribuyen a la  $\lambda$  fueron similares en ambas poblaciones. Más del 90 % de la contribución a la  $\lambda$  está dada por los individuos  $< 5$  cm de diámetro.

*Análisis de los experimentos de la respuesta de la tabla de vida (LTRE).* En la población Pcd la transición de semilla a plántula, de plántula a individuos menores de 5cm de diámetro normal ( $>0- <5$  dn) y la fecundidad de estos últimos ( $>0- <5$  dn) fueron la clase de tamaños con mayor variación en la  $\lambda$ . Mientras que para la población Ped la transición de

plántula a individuos menores de 5 cm de diámetro normal ( $>0- <5$  dn) y la fecundidad de estos últimos ( $>0- <5$  dn) presentaron mayor variación en la  $\lambda$  (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

Las dos poblaciones de *M. schiedeana* presentan una estructura de tamaños de forma irregular, esto sugiere la presencia de pulsos de disturbio, de regeneración o por ambos. Estas estructuras de tamaños son muy diferentes a la encontrada en otras especies de *Magnolia*. Por ejemplo, *M. dealbata* (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2006, 2010), *M. splendens* (Weaver 1997), *M. macrophylla* (Doyle 1989), *M. sharpii* (Ramírez-Marcial et al. 2001) y *M. obovata* (Hoshino et al. 2002), que presentan estructura de población tipo “J” invertida.

El número de individuos por hectárea de *M. schiedeana* fue de 14 y 12 para Pcd y Ped, respectivamente, mientras que para otras poblaciones de *Magnolia* se ha observado diferentes números de individuos, como por ejemplo: *M. officinalis* Rehder y Wilson subsp. *Biloba* en China, presenta un intervalo de  $0.15-5$  ind  $ha^{-1}$  (He et al. 2009). Así mismo, para *M. dealbata* en Coyopolán, Ver., México, se reportó  $1,137$  ind  $ha^{-1}$  en BMM secundario y  $300$  ind  $ha^{-1}$  en pastizal (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2006); y se registró  $300$  ind  $ha^{-1}$  en un bosque de pino-encino en Nuevo León, México, encontrándose principalmente en cañadas (Velazco-Macías et al. 2008).

La producción promedio de polifolículos por individuo reproductivo entre poblaciones fue diferente ( $42 \pm 87$  y  $6 \pm 3.7$  para Pcd y Ped, respectivamente). Sin embargo, fueron mucho mayor que en otras poblaciones de *M. schiedeana* estudiadas (ej., Naranjillo, La

Mesa y Otilpan en el estado de Veracruz, México), donde se ha reportado que la especie producen de 1 a 2 polifolículos por individuo (Dieringer y Espinosa 1994). No obstante, en el presente estudio encontramos que ambas poblaciones tuvieron el 100 % de remoción de semillas (25 semillas por replica; tres replicas por sitio) durante los tres primeros días *in situ* (datos no publicados), reafirmando lo encontrado por Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez (2011), mientras que para *M. dealbata* se observó un 100 % de remoción en semillas de la superficie después de ocho meses (Corral-Aguirre y Sánchez-Velásquez 2006).

A pesar de que la población Pcd tiene mayor presencia de disturbio, la tasa de crecimiento poblacional siempre fue mayor a 1. Es evidente que la capacidad de rebrote de los tocones le permite a los individuos permanecer, transitando a la clase de tamaño inferior (Fig. 1), de esta manera amortigua el efecto de la tala sobre la tasas de crecimiento poblacional. La capacidad de rebrote se ha registrado en otras especies de *Magnolia*, por ejemplo, *M. dealbata* (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2006), *M. obovata* (Yamamoto 1989), *M. splendens* (Weaver 1997) y *M. tomentosa* Thunb. (Setsuko et al. 2004). Esta capacidad de rebrote es una adaptación evolutiva para la supervivencia de individuos que habitan en ecosistemas altamente perturbados y fragmentados (Paciorek et al. 2000, Bubb et al. 2004).

La paradoja es que a pesar de que la población de La Martinica (Pcd) se localiza dentro de una área natural protegida (ANP) (Categoría: Reserva Ecológica), tuvo mucho más arboles talados de *M. schiedeana* que en el área no decretada para su conservación, por lo tanto es necesario evaluar el papel que están desempeñando las ANP's y si están cumpliendo su propósito en la conservación para otras especies del BMM. Parece indicar

que el éxito de la protección depende más de la distancia a una zona urbana que el propio decreto de conservación.

Este estudio nos muestra que es importante conservar a los individuos < 1.3 de altura y los individuos menores a 5 cm de diámetro normal, debido a que son los que más contribuyen a la  $\lambda$ . Así mismo la fecundidad de los individuos menores a 5 cm de diámetro normal la cual presenta mayor variación en la dinámica poblacional.

Como resultado del análisis LTRE y los valores de sensibilidad nos llaman la atención sobre la clases de tamaño  $\leq 5$  cm de diámetro normal, ya que tienen los valores más altos de variación y los que más contribuyen a la tasa de crecimiento poblacional. Así que para considerar un manejo de sus poblaciones con fines productivos o de conservación, estas clases de tamaño son a las que debemos dirigir los esfuerzos de manejo.

## **REFERENCIAS**

- Álvarez-Buylla, R.E., y M. Slatkin. 1991. Finding confidence limits on population growth rates. *Trends in Ecology and Evolution* **6**:221-224.
- Álvarez-Buylla, R.E., y M. Slatkin. 1994. Finding confidence limits on population growth rates: three real examples revised. *Ecology* **75**:255-260.
- Bubb, P., I. May, L. Miles, and J. Sayer. 2004. Cloud Forest Agenda. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Caswell, H. 2001. Matrix population models, construction, analysis and interpretation, 2nd Edn. Sinauer, Mass.

- Cicuzza, D., A. Newton, and S. Oldfield. 2007. The Red List of Magnoliaceae. Fauna & Flora International. Botanic Gardens Conservation International. The Global Trees Campaign. The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group.
- Corral-Aguirre, J., and L. R. Sánchez-Velásquez. 2006. Seed Ecology and Germination Treatments in *Magnolia dealbata*: An Endangered Species. Flora **201**:227-232.
- Dieringer, G., and S. J. E. Espinosa. 1994. Reproductive ecology of *Magnolia schiedeana* (Magnoliaceae), a threatened cloud forest tree species in Veracruz, Mexico. Bulletin Torrey Botanical Club **121**:154-159.
- Doyle, A. M. 1989. *Magnolia macrophylla*: population structure reproductive strategies and the disturbance regime of Mill Creek Forest. Bachelor Thesis, Tulane University, Louisiana, USA.
- Ehrlén, J. J., and J. Van Groenendaal. 1998. Direct perturbation analysis for better conservation. Conservation Biology **12**:470-474.
- Ferson, S. 1990. RAMAS/stage user manual: generalized stage-based modeling for population dynamics. Applied Biomathematics. New York.
- Franco, M., and J. Silvertown. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. Ecology **85**:531-538.
- González-Espinosa, M., J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, y A. C. Newton. 2011. The red list of Mexican Cloud Forest Trees. Fauna & Flora International. Botanic Gardens Conservation International. The Global Trees Campaign. The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group.
- He, J., L. Chen, Y. Si, B. Huang, X. Ban, and Y. Wang. 2009. Population structure and genetic diversity distribution in wild and cultivated populations of the traditional

- Chinese medicinal plant *Magnolia officinalis* subsp. *biloba*. (Magnoliaceae). *Genetica* **135**:233-243.
- Hernández-Cerda, M. E. 1980. Flora de Veracruz. Magnoliaceae. Fascículo 14. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Jalapa, Veracruz, México.
- Hoshino, D., N. Nishimura, and S. Yamamoto. 2002. Dynamics of major conifer and deciduous broad-leaved tree species in an old-growth *Chamaecyparis obtusa* forest, central Japan. *Forest Ecology and Management* **159**:133-144.
- Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* **241**:1455-1460.
- Link, W.A., and Jr. P.F. Doherty. 2002. Scaling in sensitivity analysis. *Ecology* **83**: 3299-3305.
- Menges, E. S., and R. Dolan. 1998. Demographic viability of populations of *Silene regia* in midwestern prairies: relationships with fire management, genetic variation, geographic location, population size and isolation. *Journal of Ecology* **86**:63-78.
- Mills, L. S., and S. M. Lindberg. 2002. Sensitivity analysis to evaluate the consequences of conservation actions. Pages 338-366 in S. L. Beissinger, and R. D. McCullough, editors. *Population viability analysis*. University of Chicago Press. Chicago.
- Morris. W., and D. Doak. 2002. Quantitative conservation biology: theory and practice of population viability analysis. Sinauer, Sunderland.
- Paciorek, J. C., R. Condit, S. P. Hubbell, and R. B. Foster. 2000. The demographics of resprouting in tree and shrub species of a moist tropical forest. *Journal of Ecology* **88**:765-777.

- Pico, X. F., and P. F. Quintana-Asencio. 2005. Análisis de factores demográficos y genéticos para la conservación de poblaciones de plantas en un hábitat fragmentado. *Ecosistemas* **14**:109-115.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis Preliminar de la Flora Vascular de los Bosques Mesófilos de Montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* **35**:25-44.
- Sánchez-Velásquez, L. R., and M. R. Pineda-López. 2006. Species diversity, structure and dynamics of two populations endangered species, *Magnolia dealbata* (Magnoliaceae). *Revista Biológica Tropical* **54**:997-1002.
- Sánchez-Velásquez, L. R., and M. R. Pineda-López. 2010. Comparative demographic analysis in contrasting environments of *Magnolia dealbata*: an endangered species from Mexico. *Population Ecology* **52**:203-210.
- Satomura, T., Y. Hashimoto, H. Koizumu, K. Nakane, and T. Horikoshi. 2006. Seasonal patterns of fine root demography in a cool-temperate deciduous forest in central Japan. *Ecological Research* **21**:741-753.
- Schemske, D.W., B.C. Husband, M. H. Ruckelshaus, C. Goodwillie, I. M. Parker, and J. G. Bishop. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* **75**:584-606.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010 de protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo, especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de Diciembre del 2010. Segunda sección. México.

- Setsuko, S., K. Ishida, and N. Tomaru. 2004. Size distribution and genetic structure in relation to clonal growth within a population of *Magnolia tomentosa* Thunb. (Magnoliaceae). *Molecular Ecology* **13**:2645-2653.
- Silvertown, J., M. Franco, and K. McConway. 1992. A demographic interpretation of Grime's Triangle. *Functional Ecology* **6**:130-136.
- StatSoft, 1999. Statistica system reference. Tulsa, OK.
- Vázquez G.J.A., Muñiz-Castro M.A., de Castro-Arce E., Murguía-Araiza R., Nuño-Rubio A.T., and Cházaro-Basáñez M.J. 2012. Twenty new neotropical tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). pp. 91-130 In: Salcedo-Pérez E., Hernández-Álvarez E., Vázquez-García J.A., Escoto-García T. and Díaz-Echevarría N. Eds. *Recursos Forestales del Occidente de México: Diversidad, Producción, Manejo, Aprovechamiento y Conservación*, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, México, D.F.
- Vásquez-Morales, S. G., and L. R. Sánchez-Velásquez. 2011. Seed ecology and pre-germinative treatments in *Magnolia schiedeana* Schlecht., an endangered species from México. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **9**:604-608.
- Velazco-Macías, G. C., R. Foroughbakhch-Pournavab, G. J. Alanís-Flores, and M. A. Alvarado-Vázquez. 2008. *Magnolia dealbata* en Nuevo Leon, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **79**:459-463.
- Watanabe, K., F. Ikegami, and S. Horie. 2002. Introduction The Genus *Magnolia*. Pages 1-7 in S. D. Satyajit and M. Yuji, editors. *Magnolia. The Genus Magnolia*. Taylor & Francis. New York.USA.

- Weaver, P. L. 1997. *Magnolia splendens* Urban, laurel sabino. SO-ITFSM-80. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Puerto Rico.
- Williams-Linera, G. 1996. Crecimiento dimétrico de árboles caducifolios y perennifolios del bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa. *Maderas y Bosques* **2**:53-65.
- Williams-Linera, G. 2000. Leaf demography and leaf traits of temperate-deciduous and tropical evergreen-broadleaved trees in a Mexican montane cloud forest. *Plant Ecology* **149**:233-244.
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementary. Disturbance and fragmentation in a mexican tropical could forest. *Biodiversity and Conservation* **11**:1825-1843.
- Williams-Linera G., Manson H.R. and Isunza-Vera E. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* **8**:73-89.
- Yamamoto, S. 1989. Gap dynamics in climax *Fagus crenata* forests. *The Botanical Magazine, Tokyo* **102**:93-114.
- Yasaka, M., M. Takiya, I. Watanabe, Y. Oono, and N. Mizui. 2008. Variation in seed production among years and amoung individuals in 11 broadleaf tree species in northern Japan. *Journal of Forest Research* **13**:83-88.
- Zulueta, R. R., and M. E. Soto. 1993. Bioclimatología de Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver. University of California, Riverside, C.A. México.

## Figuras

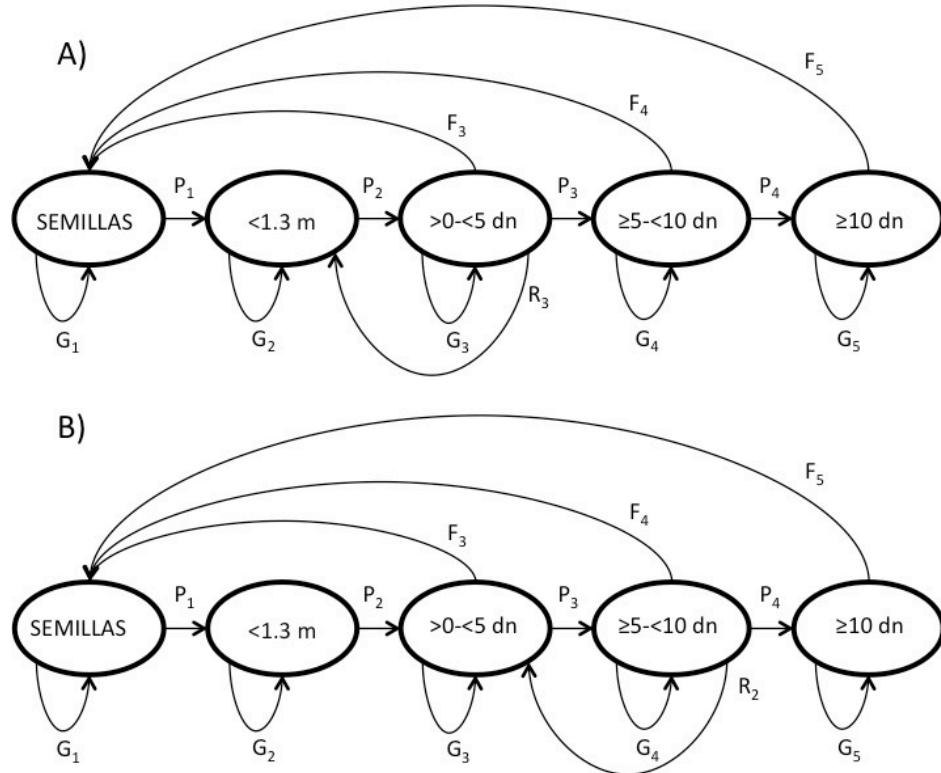


Fig. 1. Ciclo de vida de *M. schiedeana*, A) La Martinica y B) Volcán de Acatlán, dividido en cinco clases de tamaños. La m corresponde a la altura en metros, dn es el diámetro normal. P corresponde a la proporción de individuos que pasan al siguiente tamaño, G corresponde a la proporción de individuos que permanecen en ese tamaño, R corresponde a la proporción de individuos que regresa al tamaño anterior debido a la tala, F corresponde al numero promedio de semillas producidas.

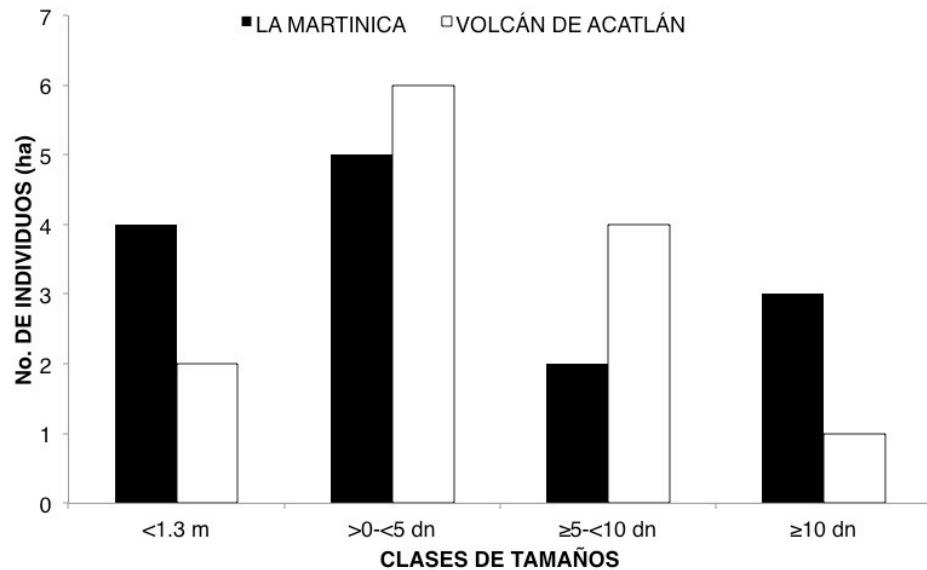


Fig. 2. Estructura de tamaños de ambas poblaciones. La m corresponde a la altura en metros, dn corresponde al diámetro natural. <1.3 m corresponde a individuos menores de 1.3 m de altura. >0-<5 dn corresponde a individuos con más de 1.3 m de altura con dn mayor de 0 cm a menor de 5 cm de dn. ≥5-<10 corresponde a individuos con dn mayor o igual a 5 cm a menor de 10 cm de dn. ≥10 corresponde a individuos mayores de 10 cm de dn.

## Tablas

Tabla 1. Matrices de transición de *M. schiedeana* en dos poblaciones.

La Martinica											Volcán de Acatlán			
2010-2011		$\lambda=1.510$						$\lambda=1.427$						
		Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$	Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$			
Semillas		0.08	0	27.5	12.5	135	0.08	0	12.5	15	12.5			
<1.3h	0.618181	0.9775	0	0	0	0	0.133333	0.8333	0	0	0			
>0-<5	0	0.0229	0.98387	0	0	0	0	0.2	0.956521	0.18181	0			
$\geq 5\text{-}10$	0	0	0.016393	0.96078	0	0	0	0	0.045454	0.78571	0			
>10	0	0	0	0.04081	1	0	0	0	0	0.09090	1			
$n$	27.5	89	124	51	68	30	6	23	14	5				
2011-2012		$\lambda=1.431$						$\lambda=1.306$						
Semillas		Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$	Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$			
Semillas		0.08	0	22.5	22.5	775	0.08	0	5	5	12.5			
<1.3h	0.120006	0.8965	0.008403	0	0	0.150037	0.6	0	0	0	0			
>0-<5	0	0.1153	0.975409	0	0	0	0.333333	0.954545	0	0	0			
$\geq 5\text{-}10$	0	0	0.008403	0.97959	0	0	0	0.047619	0.90909	0	0			
>10	0	0	0	0.02083	1	0	0	0	0.1	1				
$n$	58.33	87	122	49	68	13.33	5	22	11	5				
2012-2013		$\lambda=1.069$						$\lambda=1.372$						
Semillas		Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$	Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$			
Semillas		0.08	0	5	2.5	175	0.08	0	5	5	10			
<1.3h	0.010975	0.8846	0	0	0	0	0.133333	0.666666	0	0	0			
>0-<5	0	0.1304	0.957983	0	0	0	0	0.5	0.95238	0	0			
$\geq 5\text{-}10$	0	0	0.017543	0.97916	0	0	0	0	0.05	0.9	0			
>10	0	0	0	0.02127	0.98	0	0	0	0	0.11111	0.8			
$n$	273.33	78	119	48	68	75	3	21	10	5				

Tabla 2. Matriz de elasticidad promedio de *M. schiedeana* en dos poblaciones.

La Martinica, Banderilla						Volcán de Acatlán				
Promedio	Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$	Semillas	<1.3h	>0-<5	$\geq 5\text{-}10$	$\geq 10$
Semillas	0.00840	0	0.14211	0.0026	0.0041	0.0091075	0	0.1329	0.01319	0.003991
<1.3h	<b>0.14887</b>	<b>0.23708</b>	0.00012	0	0	<b>0.1501819</b>	<b>0.1503</b>	0	0	0
>0-<5	0	<b>0.14899</b>	<b>0.27595</b>	0	0	0	<b>0.1501</b>	<b>0.3263</b>	0.00184	0
$\geq 5\text{-}10$	0	0	0.00676	0.0125	0	0	0	0.0190	0.03081	0
>10	0	0	0	0.0041	0.0082	0	0	0	0.00399	0.007996
$\Sigma$	0.15727	0.38608	0.42495	0.0193	0.0123	0.1592894	0.3005	0.4783	0.04984	0.011987

Tabla 3. Efecto del experimento de la respuesta de la tabla de vida promedio del ciclo de vida de *M. schiedeana*.

La Martinica, Banderilla						Volcán de Acatlán					
2010-2013	Semillas	<1.3h	>0-<5	≥5-<10	≥10	Semillas	<1.3h	>0-<5	≥5-<10	≥10	
Semillas	0	0	<b>0.137140</b>	0.00312	0.00616	0	0	<b>0.1074</b>	0.01278	0.000690	
<1.3h	<b>0.288993</b>	0.019517	0.000319	0	0	0.0145898	0.0361	0	0	0	
>0-<5	0	<b>0.144869</b>	0.005609	0	0	0	<b>0.0916</b>	0.0009	0.00448	0	
≥5-<10	0	0	0.003571	0.00020	0	0	0	0.0012	0.00342	0	
>10	0	0	0	0.00256	0.00010	0	0	0	0.00056	0.001384	
Σ	0.288993	0.164386	0.146640	0.00589	0.00626	0.0145898	0.1278	0.1096	0.02125	0.002075	

## CAPÍTULO III

### EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF *MAGNOLIA SCHIEDEANA*: A THREATENED SPECIES

Artículo publicado en **Botanical Sciencie 92 (4): 575-585, 2014.**

# EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF *MAGNOLIA SCHIEDEANA*: A THREATENED SPECIES

SURIA GISELA VÁSQUEZ-MORALES<sup>1</sup>, OSWALDO TÉLLEZ-VALDÉS<sup>2,5</sup>, MARÍA DEL ROSARIO PINEDA-LÓPEZ<sup>1</sup>, LÁZARO RAFAEL SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ<sup>1,3</sup>, NORMA FLORES-ESTEVEZ<sup>1</sup>  
Y HÉCTOR VIVEROS-VIVEROS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, Mexico

<sup>2</sup>Laboratorio de Recursos Naturales UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores de Iztacala,  
Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, Mexico

<sup>3</sup>Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, Mexico

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, Mexico

<sup>5</sup>Author for correspondence: tellez@unam.mx

**Abstract:** The effects of climate change on biodiversity are imminent, and these turn out to be particularly alarming for the tropical montane cloud forest. The disappearance of fragments of this forest is expected, along with some of their most characteristic species, such as *Magnolia schiedeana*. Mexico, through the National System of Protected Natural Areas, must consider protection strategies for those species distributed within the Protected Natural Areas that will be affected by the climate change. This study delimits the distribution of *M. schiedeana* in Mexico, through ecological niche and future distribution modeling under two periods: years 2040 and 2080. These distribution models tend to move towards northeastern Mexico. The potential distribution of this species declines by 0.36% and 1.94% in the first and second periods, respectively. From this result, the future role of National System of Protected Natural Areas in the long-term conservation of *M. schiedeana* was analyzed, prompting a proposal to focus conservation efforts on the following Protected Natural Areas: (1) At the federal level: Biosphere Reserve Sierra Gorda and Cañón de Metztitlán, Cuenca del Río Necaxa and El Potosí, National Park El Chico, Cofre de Perote, Pico de Orizaba and Los Mármoles, and Nevado de Toluca. (2) At the state level: Cerro de las Culebras, Cerro de la Galaxia, Cerro de Macuitlapetl, El Tejar Garnica, Francisco Javier Clavijero, La Martinica, Molino de San Roque, Pacho Nuevo and Predio Barragán.

**Key words:** bioclimatic models, conservation, endangered species, potential distribution.

**Resumen:** Los efectos del cambio climático sobre la diversidad biológica son inminentes, y resultan especialmente alarmantes para el bosque mesófilo de montaña. Se prevé la desaparición de fragmentos de bosque y de algunas especies más características, como *Magnolia schiedeana*. México, mediante el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, debe considerar estrategias de protección para aquellas especies en áreas naturales protegidas que resultarán afectadas a causa del cambio climático. Este estudio delimita la distribución de *M. schiedeana*, por medio del modelado del nicho ecológico, en México, y su distribución futura en dos períodos: al año 2040 y al año 2080. Los resultados muestran que los modelos de distribución tienden a desplazarse hacia el noreste de México. En el primer período, la distribución potencial disminuye 0.36% y, en el segundo período decrece hasta 1.94%. Con base en la distribución potencial, se analizó la función que el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas desempeñará en la conservación de *M. schiedeana* a largo plazo, con lo cual se propone centrar los esfuerzos de conservación en las siguientes áreas naturales protegidas: (1) A nivel federal: Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y Barranca de Metztitlán, Cuenca del Río Necaxa, El Potosí, Parque Nacional El Chico, Cofre de Perote, Pico de Orizaba y Los Mármoles, y el Nevado de Toluca. (B) A nivel estatal: Cerro de las Culebras, Cerro de la Galaxia, Cerro de Macuitlapetl, El Tejar Garnica, Francisco Javier Clavijero, La Martinica, Molino de San Roque, Pacho Nuevo y Predio Barragán.

**Palabras clave:** conservación, distribución potencial, especies en peligro de extinción, modelos bioclimáticos.

**A**nthropogenic activity has led to global temperature rises, affecting ocean temperatures, ice and snow coverage, and cooling of the lower stratosphere (Magaña, 2004). It has also caused the concentration of atmospheric CO<sub>2</sub>

to rise from 280 ppm to 370 ppm since the mid-nineteenth century (IPCC, 2001). These are changes that will have dramatic consequences for ecosystems by altering the abundance and distribution of their constituent species (Hardy,

2003; Tews, 2007; Aitken *et al.*, 2008), as well as causing a gradual decline in the environmental services they provide. These environmental changes make it possible to predict that 11% of the world's endemic biota could become extinct within the next 100 years (Malcolm *et al.*, 2006). Using species distribution models and future scenarios, it is possible to predict the response of species to such climate change and thus, propose adaptation and mitigation measures at both the ecosystem and species level (Hilbert *et al.*, 2004; Magaña *et al.*, 2004; Li and Hilbert, 2008; Tejeda, 2009).

It is intended for tropical montane cloud forest (TMCF) of Mexico, a shift towards lower latitudes and higher altitudes (Foster, 2001). Likewise Estrada-Contreras (2010) found an impairment in the potential distribution of *Quercus skinneri* Benth (endemic to this forest) with a decrease of 100% in current distribution, and a decrease of 50% for the following seven species *Cinnamomum effusum* (Meisn.) Kosterm., *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin, *Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne. et Planch., *Palicourea padifolia* (Humb. et Bonpl. ex Schult.) C.M. Taylor et Lorence, *Quercus germana* Schltdl. et Cham., *Q. xalapensis* Bonpl., and *Ulmus mexicana* (Liebm.) Planch. Consequently, there will be three options for these species: migrate to optimal zones for survival, adapt to the prevailing environmental conditions, or become extinct (Holt, 1990; Lindenmayer *et al.*, 1996; IPCC, 2001).

The TMCF in Mexico is known for its archipelago-type distribution, and is located in an altitude range between 1,000 and 3,000 masl. Its main features are the flora, consisting of a mixture of the neotropical and holarctic species, and extended periods of fog cover (Rzedowski, 1978, 1996). Villaseñor (2010) reports 6,790 species of vascular plants, 1,625 genera, 238 families, including 2,361 endemic species; characteristic genera of this ecosystem are *Carpinus*, *Engelhardtia*, *Fagus*, *Liquidambar*, *Magnolia*, and *Ostrya*, among others. It is an ecosystem in danger of extinction that features high levels of disturbance and fragmentation, with 83 species in danger of extinction, 206 threatened, and 175 vulnerable (CONABIO, 2010; SEMARNAT, 2010; Villaseñor, 2010; González-Espinosa *et al.*, 2011).

In Mexico, there are 21 species of the family Magnoliaceae, specifically *Magnolia schiedeana* Schltdl. It is found exclusively in TMCF, in the central portion of the watershed of the Gulf of Mexico, and is categorized as threatened to become extinct because of the destruction of its habitat (Cicuzza *et al.*, 2007; Jiménez-Ramírez *et al.*, 2007; SEMARNAT, 2010; Vázquez-García *et al.*, 2012). The populations are found dispersed within remnants of TMCF, which are being steadily absorbed by uncontrolled urban expansion.

When the climate scenarios are added to this situation, TMCF appears highly vulnerable on account of the predicted fluctuations in temperature and precipitation (Markham, 1998; Pounds *et al.*, 1999; Foster, 2001; Midgley *et al.*, 2002; Bubb *et al.*, 2004; Sáenz-Romero *et al.*, 2010; Ponce-

Reyes *et al.*, 2012; Rojas-Soto *et al.*, 2012), and many of its species are likely to suffer local extinctions.

Protected Natural Areas (PNA) has been considered the best option for biodiversity conservation (Bruner *et al.*, 2001). However, this option requires reassessment in the face of climate change, with an examination of the reserve network and its efficiency relating to the long-term conservation of flora and fauna (Halpin, 1997; Hannah *et al.*, 2007; Lawler, 2009), as well as the provision of environmental services (Torres and Guevara, 2002; Bezaury, 2009). It is estimated that PNAs contain 15% of the terrestrial carbon and provide ecosystem services for the reduction of disasters, supply of water, food, and public health (Dudley *et al.*, 2010).

In Mexico, only 12% of the national territory is allocated to biodiversity conservation (CONANP, 2011) and, in the state of Veracruz, conservation efforts are focused on 19 PNAs decreed at the federal level and 18 at the state level (SEDEMA, 2012a, b). Nevertheless, these PNAs are harmed day by day from human activities, and some have been absorbed by the urban development with no knowledge, in many cases, of the species within the territories apportioned for conservation in Veracruz (CONABIO, 2010).

The species distribution models and future scenarios predict the shift in the distribution of species; therefore, it can be inferred that species can enter and leave the territory allocated to conservation (Téllez-Valdés *et al.*, 2006; CONANP, 2010). For this reason, it is important to analyze the effects of climate change on species distribution and monitor their future displacement with respect to the PNAs (Téllez-Valdés and Dávila-Aranda, 2003; Hannah *et al.*, 2005, 2007; Mansourian *et al.*, 2009; Contreras-Medina *et al.*, 2010). Currently, ecological niche modeling has become an essential tool for determining the potential distribution and ecological requirements of species (Soberón and Peterson, 2005; Irfan-Ullah *et al.*, 2007; Peterson, 2009).

The BAM diagram of Soberón and Peterson (2005) mention that the modeling of the ecological niche is governed by the fundamental niche and realized niche. The fundamental niche is defined as the geographic area with the appropriate combination of abiotic factors allowing the species to survive, grow, and reproduce; and the realized niche is the geographic area in which the interaction takes place with other species (Soberón and Peterson, 2005).

Different software for modeling potential species distribution including GARP, BIOCLIM, DOMAIN, MaxEnt, to name a few, and it has been proven that MaxEnt has a method with greater yield and reliability than other software (Elith *et al.*, 2006). MaxEnt is a statistically used algorithm to make predictions or inferences from incomplete information, and estimates the species distribution through the search of the probable distribution of maximum entropy (nearest the occurrence data of the species; Phillips *et al.*, 2006).

The principle of maximum entropy guarantees that the

MaxEnt distribution probability meets all the restrictions of the data distribution of species presence. The probability of unknown  $\pi$  distribution is on a finite combination  $X$  (pixel combination in the study area). The  $\pi$  distribution assigns a  $\pi(x)$  probability that is not negative on each point  $x$  and these probabilities add up to 1, with  $\ln$  being the natural logarithm. The  $\pi$  approach is also the  $\hat{\pi}$  distribution approach. The  $\hat{\pi}$  entropy is defined by the following formula:

$$H(\hat{\pi}) = - \sum_{x \in X} \hat{\pi}(x) \ln \hat{\pi}(x)$$

Entropy is not negative and the natural logarithm of the number is the element  $X$ . The procedures applied in this software are described in detail by Phillips *et al.* (2006).

In this study, we evaluated the potential effects of climate change on populations of *Magnolia schiedeana*, considering the MDI-ECHAM5 scenario in two periods (years 2040 and 2080), using potential distribution models at a spatial resolution of 1 km<sup>2</sup>. We also identified protected areas suitable for long-term preservation.

## Methods

**Current potential distribution of *Magnolia schiedeana*.** The area distribution of the species was constructed using a database that includes 335 records of *M. schiedeana*, and which was pieced together from the specimens found in the following herbaria: XALU from the Universidad Veracruzana, Xalapa campus, XAL from the Instituto de Ecología, A.C., and MEXU from the Universidad Nacional Autónoma de México, as well as the online databases Tropicos from the Missouri Botanical Garden and REMIB-CONABIO (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad/World Information network on Biodiversity - National Commission for Knowledge and Use of Biodiversity/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).

Mean monthly values of minimum and maximum temperatures and precipitation recorded from a standard network of meteorological stations were interpolated, using the Thin-Plate Smoothing Spline method of the ANUSPLIN 4.1 package (Hutchinson, 1991, 1995a, b, 1997; Hutchinson and Gessler, 1994; Houlder *et al.*, 2000). Specifically, 4,200 stations for temperature and 6,218 stations for precipitation were used to produce the digital climatic layers (Téllez *et al.*, 2011). The spatial resolution of the layers and the digital elevation model was 1 km<sup>2</sup> from the GTOPO 30 project (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>).

The BIOCLIM software of the package ANUCLIM 6.1 was used to generate 19 bioclimatic variables (Table 1) from the combination of the mean monthly layers of temperature and precipitation above referred, from which the bioclimatic profile of *Magnolia schiedeana* was also extracted (Lindenmayer *et al.*, 1991; Téllez-Valdés and Dávila-Aranda, 2003; Téllez-Valdés *et al.*, 2004, 2006; Villaseñor and Téllez-Valdés, 2004).

The records where the species is found were used along with the 19 bioclimatic variables to perform a principal component analysis to identify those variables that provide the greatest explanation of the variance of the climatic values in which the species records are distributed and to reduce the autocorrelation.

The seven resulting bioclimatic variables highlighted by the principal component analysis were converted to the ASCII format according to the MaxEnt 3.3.3a software requirements (Table 1), to generate the potential distribution for the species in question.

To generate the current potential distribution models of *Magnolia schiedeana*, first we generated a model using the jackknife analysis to identify which of the seven selected variables contributed most as regards percentage to the explanation of the variance in which the sample is distributed (species records). The models were calibrated from a random sample of 75% to generate the model. The remaining 25% was used to assess the accuracy of the model, and compared using the ROC curve (the AUC index). The models produced were evaluated in order to verify whether the performance differed from that obtained by chance. The model was checked by reducing the environmental space from 10,000 (per omission) to 1,000 cells.

Furthermore, MaxEnt was prevented from extrapolating

**Table 1.** Bioclimatic variables and values used to generate the current and future potential distribution of *Magnolia schiedeana* (Minimum - Maximum values, Mean  $\pm$  Standard Deviation). \* = Bioclimatic variables with higher variance explained through which distributes the sample (records of the species).

	Bioclimatic variables	Values
1	Annual mean temperature (°C)	10.1 - 22.6 (16.90 $\pm$ 1.34)
2	Mean diurnal range (°C)*	8.20 - 13.6 (9.60 $\pm$ 0.639)
3	Isothermality (°C)	0.55 - 0.66 (0.59 $\pm$ 0.01)
4	Temperature seasonality (coefficient of variation, %)*	0.44 - 1.11 (0.66 $\pm$ 0.05)
5	Max temperature of warmest period (°C)	18 - 33.4 (25 $\pm$ 1.30)
6	Min temperature of coldest period (°C)*	2 - 12.70 (8.7 $\pm$ 1.29)
7	Temperature annual range (°C)*	14.6 - 22.9 (16.3 $\pm$ 0.91)
8	Mean temperature of wettest quarter (°C)	10.6 - 25.1 (18 $\pm$ 1.52)
9	Mean temperature of driest quarter (°C)*	8.7 - 19.3 (15 $\pm$ 0.95)
10	Mean temperature of warmest quarter (°C)*	11.6 - 26 (19 $\pm$ 1.40)
11	Mean temperature of coldest quarter (°C)	8.4 - 17.9 (14.2 $\pm$ 1.17)
12	Annual precipitation (mm)	589 - 1948 (1561 $\pm$ 117.21)
13	Precipitation of wettest period (mm)	32 - 115 (75 $\pm$ 5.75)
14	Precipitation of the driest period (mm)	0 - 14 (9 $\pm$ 3.97)
15	Precipitation seasonality (coefficient of variation, %)	53 - 84 (68 $\pm$ 3.14)
16	Precipitation of wettest quarter (mm)	265 - 979 (715 $\pm$ 54.91)
17	Precipitation of driest quarter (mm)*	47 - 193 (158 $\pm$ 17.96)
18	Precipitation of warmest quarter (mm)	177 - 573 (448 $\pm$ 44.25)
19	Precipitation of coldest quarter (mm)	50 - 217 (170 $\pm$ 20.56)

or applying the clamping option (this is how we did the fastening), to prevent an overestimation. This is based on the proposal in BAM diagram, in which M represents the ability of relocation or spread of the species (Soberón and Peterson, 2005; Peterson, 2009).

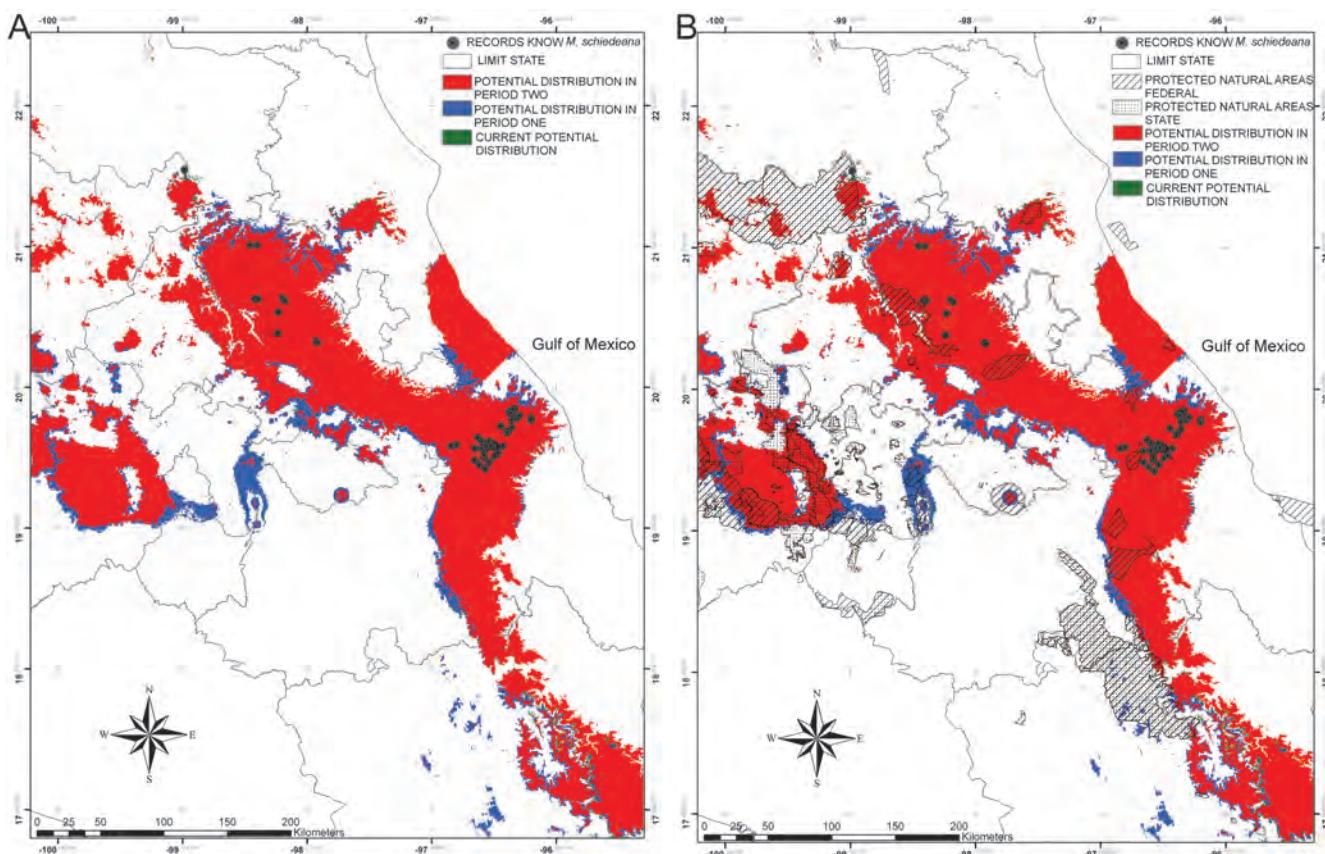
The model was refined with a maximum of 1,000 points of environmental background ( $0.0083^\circ$ , approximately  $1 \text{ km}^2$ ). Five replicates were run using the bootstrap algorithm. We decided to run 2,000 iterations, since most of the previous exercises finished in fewer than 1,500 iterations. The logarithmic scale of the prediction values was broken where the values of sensitivity and specificity of training were equal, selected using the average model produced by replicates (Phillips *et al.*, 2006).

**Potential future distribution of *Magnolia schiedeana*.** Given the uncertainty regarding the magnitude of the effects of climate change, two different periods were proposed (years 2040 and 2080). The first is a conservative scenario, expected for the year 2040, implying temperature increases of 2 to  $3.5^\circ\text{C}$  and a 5% reduction in precipitation. The second is a more drastic scenario, expected for the year 2080, where the

temperature increase is of 2.5 to  $4^\circ\text{C}$  with a 10% reduction in precipitation.

To obtain the potential future distribution model was used *Magnolia schiedeana* mpi\_ECHAM5 (Jungclaus *et al.*, 2005) in two periods (years 50 and 80) in stage A1B, chosen based on the guidance of climate change scenarios at regional scale (Conde *et al.*, 2011), downloaded from the website of Downscaling Global Circulation Model (GCM) (<http://www.ccafs-climate.org/>). The A1B scenario suggests a future where emissions are medium-high, intervening human activities, such as the increase in population and economy globalization, technology, the use of fossil sources and alternative energy (IPCC, 2007).

**Comparison of current and future models with the Protected Natural Areas.** Current and future models of *Magnolia schiedeana* distribution were compared against the polygons of federal and state level PNAs in order to determine the current potential distribution area within the PNAs, as well as to predict what this may become following application of the climate change scenarios. The potential future expansion/contraction of these areas was determined.



**Figure 1.** Distribution models of *Magnolia schiedeana* at ca.  $1 \text{ km}^2$ . Current potential distribution (green) and potential distribution under period 1 (blue: year 2040) and under period 2 (red: year 2080). A) Current potential distribution compared with both periods. B) Comparison between distribution models and Federal and State enacted Protected Natural Areas.

**Data analysis.** The current and future models were overlapped with the digital elevation model at the same resolution, in order to identify potential expansion or contraction within the altitudinal variation for the periods with respect to the current potential distribution of *Magnolia schiedeana*. We performed a variance analysis with a Tukey multiple comparisons test, considering the current model as an independent variable and the two periods as dependent variables, using the software JMP 7.0.1 (SAS Institute Inc., 2007).

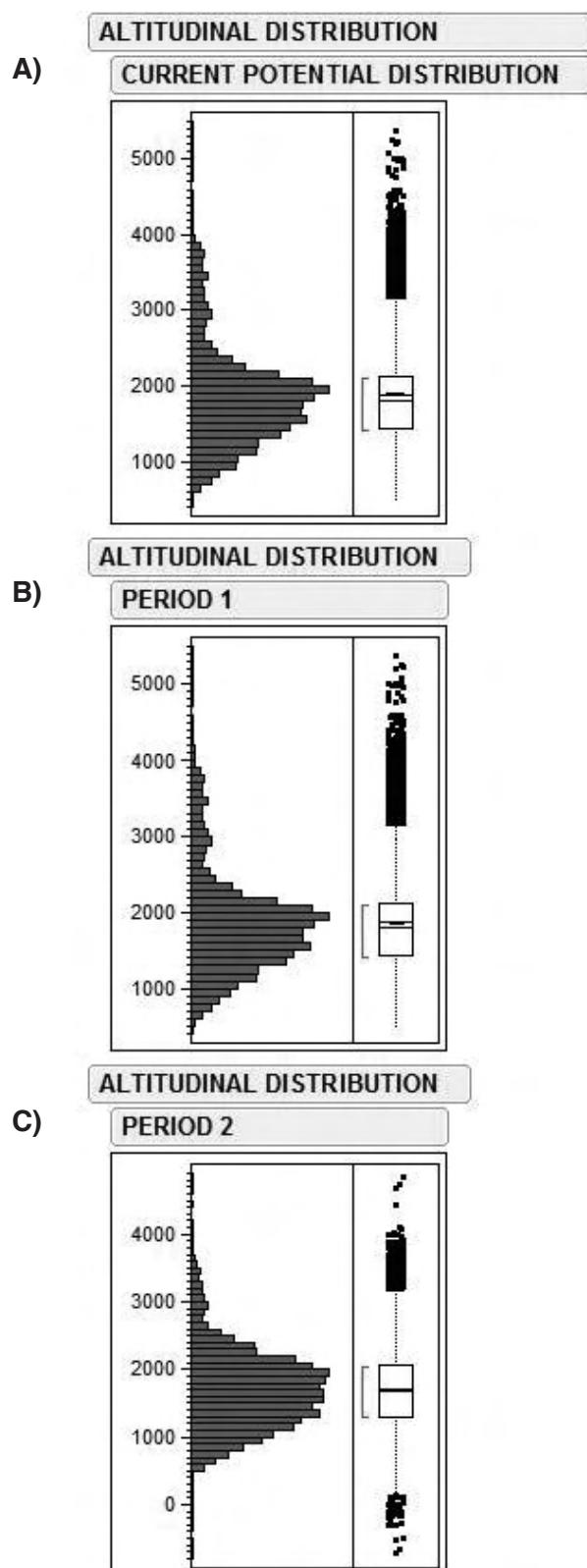
Comparison of the current and future models with the PNAs, using GIS ArcView 3.2 (ESRI, 1999), allowed the placement of the PNAs within the current and future distribution areas. The future latitudinal and altitudinal displacement of *Magnolia schiedeana* distribution within the PNAs was estimated.

## Results

The distribution of *Magnolia schiedeana* corresponds to that of the TMCF, occurring in gullies or humid slopes where the average annual temperature ranges between 10-21 °C, and annual precipitation is between 589 and 1,743 mm. Table 1 shows the bioclimatic variables that explain the distribution of *M. schiedeana*, in which seven bioclimatic variables contributed almost 98% to the explanation of the variance in which the sample is distributed (species records), with variables four, six, and 17 adding more than 70% together.

**Comparison of the current and future distribution of *Magnolia schiedeana*.** Our model, in the MaxEnt 3.3.3a, projects potential changes in the distribution areas of *M. schiedeana* as a consequence of climate change during both periods. The current potential distribution is estimated at 84,640 km<sup>2</sup>, decreasing to 84,333 km<sup>2</sup> in the first period (year 2040) and to 82,995 km<sup>2</sup> in the second period (year 2080). Considering the current potential distribution as a base, a displacement of 36.5 km<sup>2</sup> to the northeast and a contraction of 5.2 km<sup>2</sup> in the west are observed in the first period (year 2040). In the second period (year 2080), a displacement of 6.5 km<sup>2</sup> in the east is observed along with a contraction in the west of 54.4 km<sup>2</sup> (Figure 1A).

The current potential distribution is at altitude of 1,433-2,135 masl, with an average of  $1,882 \pm 687$  m, decreasing to 1,426-2,118 masl with an average of  $1,876 \pm 693$  (range: 498-5,471 m) in the first period (year 2040), and to 1,291-2,052 masl with an average of  $1,710 \pm 594$  m in the second period (year 2080), which differs significantly under the second period ( $P < 0.0001$ ) (range: 709-4,837 masl). Figure 2 shows the elevation of the current and future potential distribution of *M. schiedeana* in which the box on the diagram indicates the greatest potential distribution in both periods (50% of the distribution on the data), and the median corresponding to the center of the box, only being observed in a symmetrical distribution in the second period.



**Figure 2.** Altitudinal distribution of the current potential distribution models produced under two periods for *Magnolia schiedeana*. A) Current potential distribution. B) Period 1 (year 2040). C) Period 2 (year 2080).

**Table 2.** Potential distribution of *Magnolia schiedeana* produced under two periods within Protected Natural Areas in Mexico. Area measurements in km<sup>2</sup> and percentage of total area (%).

Protection level	Protected Natural Area	Potential distribution current		Distribution under period 1 (year 2040)		Distribution under period 2 (year 2080)	
		Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)
Federal	Barranca de Metztitlán	945.23	98.41	946.48	98.54	952.17	99.13
	Benito Juárez	11.01	40.22	11.01	40.22	2.86	10.44
	Bosquecheve	85.46	81.92	96.43	92.43	70.78	67.84
	Cañón del Río Blanco	489.65	87.92	493.17	88.55	450.42	80.87
	Cañón del Sumidero	34.38	15.77	26.46	12.14	8.41	3.85
	Cerro de Garnica	9.36	96.69	9.96	100	9.96	100
	Ciénegas del Lerma	-----	-----	0.53	1.75	-----	-----
	Cobio Chichinautzin	53.56	14.35	82.99	22.24	3.61	0.96
	Cofre de Perote	117	100	117	100	117	100
	Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	398.49	95.72	401.13	96.35	405.88	97.49
	Cumbres de Monterrey	496.63	27.99	388.83	21.91	303.47	17.10
	Cumbres del Ajusco	9.2	100	9.2	100	9.2	100
	Desierto de los leones	15.29	100	15.29	100	15.29	100
	El Chico	27.39	100	27.39	100	27.39	100
	El Cimatario	0.89	3.63	2.8	11.43	0.95	3.88
	El Potosí	20.45	95.87	21.33	100	20.38	95.54
	El Tepozteco	5.26	2.26	12.11	5.20	-----	-----
	El Gogorrón	21.58	8.63	23.34	9.33	20.49	8.19
	Insur. José María Morelos	-----	-----	1.04	2.40	0.08	0.18
	Insur. Miguel Hidalgo y Costilla	15.8	100	15.8	100	15.8	100
	Iztaccíhuatl-Popocatépetl	269.84	67.76	269.84	67.76	8.03	2.01
	Lagunas de Monte bello	41.17	68.36	22.2	36.86	17.12	28.42
	Lagunas de Zempoala	38.16	79.66	47.25	98.64	11.39	23.77
	Los Mármoles	158.05	68.27	158.05	68.27	149.02	64.37
	Malinche o Matlalcuéyatl	126.12	27.59	125.25	27.40	54.77	11.98
	Mariposa Monarca	456.73	81.18	467.97	83.18	429.97	76.42
	Montes Azules	3.33	0.10	5.53	0.16	22.33	0.67
	NAHA	23.22	60.35	29.93	77.80	30.32	78.81
	Nevado de Colima	25.72	26.79	24.07	25.07	8.03	8.36
	Nevado de Toluca	467.84	100	467.84	100	467.84	100
	Pico de Orizaba	197.5	100	197.5	100	197.5	100
	Pico de Tancítaro	4.68	1.99	5.06	2.16	-----	-----
	Rayón	0.1	40	0.1	40	0.1	40
	Selva del Ocote	65.35	6.45	67.99	6.71	61.34	6.05
	Sierra de Álvarez	96.64	57.18	97.52	57.70	91.82	54.33
	Sierra de Arteaga	1,208.2	61.28	1,128.8	57.25	1021.4	51.81
	Sierra fría	181.62	16.20	190.98	17.03	4.4	0.39
	Sierra Gorda, Querétaro	755	19.69	733.47	19.12	689.77	17.98
	Sierra Gorda, Guanajuato	367.6	15.51	399.28	16.85	404.03	17.05
	Sierra del Laurel	1.77	0.92	2.58	1.34	0.44	0.22
	Tehuacán-Cuicatlán	357.24	7.28	362.52	7.39	170.92	3.48
	Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	879.17	62.85	952.34	68.08	678.71	48.52
State	Volcán de Tequila	1.13	1.32	1.13	1.32	1.13	1.32
	Cerro de la Galaxia	0.32	100	0.32	100	0.32	100
	Cerro de las Culebras	0.35	100	0.35	100	0.35	100
	Cerro de Macuiltépec	0.28	100	0.28	100	0.28	100

**Table 2.** Continuation

Protection level	Protected Natural Area	Potential distribution current		Distribution under period 1 (year 2040)		Distribution under period 2 (year 2080)	
		Area	(%)	Area	(%)	Area	(%)
State	Ciénega del Fuerte	42.69	100	42.69	100	42.69	100
	El Tejar Garnica	0.92	100	0.92	100	0.92	100
	Francisco Javier Clavijero	0.89	100	0.89	100	0.89	100
	La Martinica	1.18	100	1.18	100	1.18	100
	Molino de San Roque	0.17	100	0.17	100	0.17	100
	Pacho Nuevo	0.02	100	0.02	100	0.02	100
	Pancho Poza	0.56	100	0.56	100	0.56	100
	Predio Barragan	0.01	100	0.01	100	0.01	100
	Río Filobobos y su Entorno	93.68	88.98	105.28	100	92.32	87.68
	San Juan del Monte	6.09	100	6.09	100	6.09	100
	San Pedro del Monte	4.40	100	4.40	100	4.40	100
	Sierra de Ontontepec	151.52	100	151.52	100	151.52	100

*Comparison of the current and future distribution with the Protected Natural Areas.* Neither the current potential distribution nor that presented under either periods of climate change, coincide with the distribution of federally decreed PNAs in the state of Veracruz. However, they coincide with such PNAs in states that include: Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Estado de Mexico, among others (Table 2). According to the state Protected Natural Areas in central Veracruz, we can observe a coincidence of 100% in the area decreed in 14 PNAs (Figure 1B).

## Discussion

*Problems of TMCF in Mexico.* The future climate scenarios are alarming for TMCF and are expected to contribute to the decrease in the distribution of many species (Foster, 2001). According to Ponce-Reyes *et al.* (2012), the TMCF in Mexico has a distribution of 17,320 km<sup>2</sup>, of which only 11% (2,045 km<sup>2</sup>) are protected by ANPs. It is expected that by the year 2080 this protected area of 11% will be reduced between 68-76%, with a distribution remaining of only between 1,390-1,554 km<sup>2</sup> within them. Specifically, for the region of the Sierra Madre Oriental, the TMCF is expected to decrease from the remaining 45% of its distribution to 0.87% (decreased from 1,694 to 33 km<sup>2</sup> respectively) due to climate change, along with the current rate of land use change (Tejeda, 2009; Ponce-Reyes *et al.*, 2012).

*Current condition of Magnolia schiedeana.* This species occurs in the later stages of succession, so this requires mature stages of succession for its establishment (Vázquez *et al.*, 1995; Sánchez-Velasquez *et al.*, 2008). Unfortunately, their populations of *M. schiedeana* are small (between 40 and 380 individuals) and distributed in small fragments of TMCF in the center of the Veracruz state (Vásquez-Morales *et al.*,

unpubl. data), and have varying degrees of disturbance and edge effects (Williams-Linera *et al.*, 2002).

The Mexican law for the protection of species (NOM-059-2010) includes *Magnolia schiedeana* as a threatened species. Its habitat (TMCF) is also highly threatened due to heavy anthropogenic pressures caused by the changes in land use, to the point of concluding they could well be extinct this century (SEMARNAT, 2010; Ponce-Reyes *et al.*, 2012; Rojas-Soto *et al.*, 2012).

On the other hand, *Magnolia schiedeana* shows a very specific reproduction system through its relationship with the endemic beetle *Cyclocephala jalapensis* Casey (Dieringer and Espinosa, 1994). However, according to one ongoing study (for three years) in two small populations of *M. schiedeana* in the center of the state of Veracruz, the growth rates ( $\lambda$ ) were  $> 1$ , indicating the persistence and growth of both populations and no significant decrease over time (Vasquez-Morales *et al.*, unpubl. data).

*Impact of climate change on Magnolia schiedeana.* So far, there are few studies about the impact of global climate change on the great biodiversity of Mexico (Trejo *et al.*, 2011). In recent decades, studies have focused on modeling the impact of climate change on ecosystems (Still *et al.*, 1999; Estrada-Contreras, 2010; Rojas-Soto *et al.*, 2012), populations (Téllez-Valdés *et al.*, 2006; McKenney *et al.*, 2007), and species distribution, among others (Téllez *et al.*, 2007; Lira *et al.*, 2009).

Similar studies from other countries (South Africa, India) have made it possible to foresee the expansion of conservation areas and endemic species of commercial interest (Hannah *et al.*, 2005), as well as endangered species (Irfan-Ullah *et al.*, 2007). Some researchers have questioned this type of studies (Pearson and Dawson, 2003; Pearson, 2006); however, the results are considered useful because they allow

visualizing the potential effect of climate change will have on biodiversity (Levinsky *et al.*, 2007).

The results obtained in this study suggest a decrease in the range of *Magnolia schiedeana* with respect to both periods (0.36 and 1.94%), well below contractions reported for the distribution of *M. macrophylla*, *M. virginiana*, and *M. acuminata* in a range of 36-93% with three general circulation models (The Canadian GCM, the UK based Hadley GCM, and the Australian-based Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization GCM), in two emission scenarios (A2 and B2; Iverson and Prasad, 1998; McKenney *et al.*, 2007).

*Magnolia schiedeana* for the periods 2040 and 2080 would suffer a shift to the North and Northeast of Veracruz, Mexico, retaining more than 90% of its potential distribution. Future environmental conditions favorable for *M. schiedeana*, were in the areas of the Biosphere Reserve Sierra Gorda in Querétaro, Barranca de Metztitlán in Hidalgo, National Park Los Mármoles and El Chico in Hidalgo, and Protected Area Cuenca del río Necaxa in Hidalgo and Puebla. So, these sites should be considered strategic for *in situ* conservation programs.

**Conservation measures.** We propose *Magnolia schiedeana* reintroduction programs and rehabilitation of the following natural protect areas (PNA) in the central Veracruz State: Cerro de las Culebras, Cerro de la Galaxia, Cerro de Macultépetl, El Tejar Garnica, Francisco Javier Clavijero, La Martinica, Molino de San Roque, Pacho Nuevo and Predio Barragan. In the future, PNAs will be refuge and genetic conservation of *M. schiedeana* (Hannah *et al.*, 2007; Newton *et al.*, 2008; CONABIO, 2010; CONANP, 2010). Therefore, it is necessary to create new protected areas in central Veracruz that could be used as biological corridors, taking into account the benefit of the bird dispersion, allowing the movement of *M. schiedeana* in both periods (Newton *et al.*, 2008).

**Limitations of bioclimatic models.** Levinsky *et al.* (2007) recognize the limitations of bioclimatic models, although these are useful tools that provide a means of understanding the geographical distribution of the species in the present and future (Téllez-Valdés *et al.*, 2006; Iverson and McKenzie, 2013). They also represent an option to plan the distribution of geographical areas for the conservation of biodiversity (Irfan-Ullah *et al.*, 2007; Tingley *et al.*, 2010).

### Acknowledgements

To CONACYT for providing the first author with a scholarship for studies leading to a doctoral degree No.229667, and for its support to the CB-2010-01-000000000156053 project. To the program PAPIIT IN216912, for its support in the generation of climatic layers. To Dr. Diana Pérez-Staples,

Dr. Blas M. Benito and the various anonymous reviewers for providing many useful comments and suggestions.

### Literature cited

- Aitken S.N., Yeaman S., Holliday J.A., Wang T. and Curtis-McLane S. 2008. Adaptation, migration or extirpation: climatic change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications* **1**:95-111.
- Bezaury C.J.E. 2009. *El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos*. The Nature Conservancy-Programa México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México. D.F.
- Bruner A.G., Gullison R.E., Rice R.E. and da Fonseca G.A.B. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* **291**:125-128.
- Bubb P., May L., Miles L. and Sayer J. 2004. *Cloud Forest Agenda*. UNEP-WCMC, Cambridge.
- Cicuzza D., Newton A. and Oldfield S. 2007. *The Red List of Magnoliaceae*. Fauna and Flora International, Botanic Gardens Conservation International, The Global Trees Campaign, The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group, Cambridge.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 2010. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. D.F.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. *Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2011. Áreas protegidas decretadas. <[http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/)> (consultado 5 de julio 2011).
- Conde C., Estrada F., Martínez B., Sánchez O. and Gay C. 2011. Regional climate change scenarios for México. *Atmósfera* **24**:125-140.
- Contreras-Medina R., Luna-Vega I. and Ríos-Muñoz C.A. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* **83**:421-433.
- Dieringer G. and Espinosa S.J.E. 1994. Reproductive ecology of *Magnolia schiedeana* (Magnoliaceae), a threatened cloud forest tree species in Veracruz, Mexico. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **121**:154-159.
- Dudley N., Stolton S., Belokurov A., Krueger L., Lopoukhine N., MacKinnon K., Sandwith Y. and Sekhran N. 2010. Natural solutions: protected areas helping people cope with climate change. IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank, WWF, New York.
- Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R.J., Huettmann F., Leathwick J.R., Lehmann A., Li J., Lohmann L.G., Loiselle B.A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J.M.C.M., Peterson A.T., Phillips S.J., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R.E., Soberón J., Williams S., Wisz M.S. and Zimmermann N. E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* **29**:129-151.

- ESRI. Environmental Systems Research Institute. 1999. ArcView 3.2. ESRI Inc., Redlands.
- Estrada-Contreras I. 2010. Modelación de los cambios en la distribución de las comunidades vegetales terrestres del estado de Veracruz por efecto del cambio climático global. Tesis maestría, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 144 pp.
- Foster P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* **55**:73-106.
- González-Espinoza M., Meave J.A., Lorea-Hernández F.G., Ibarra-Manríquez G. and Newton A.C. 2011. *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees*. Fauna y Flora International, Botanic Gardens Conservation International, The Global Trees Campaign, The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group, Cambridge.
- Halpin P.N. 1997. Global climate change and natural-area protection: management responses and research directions. *Ecological Applications* **7**:828-843.
- Hannah L., Midgley G., Hughes G. and Bomhard B. 2005. The view from the cape: extinction risk, protected areas, and climate change. *Bioscience* **55**:231-242.
- Hannah L., Midgley G., Andelman S., Araújo M., Hughes G., Martinez-Meyer E., Pearson R. and Williams P. 2007. Protected areas needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* **5**:131-138.
- Hardy J.T. 2003. *Climate Change. Causes, Effects, and Solutions*. John Wiley & Sons Ltd, Oxford.
- Hilbert D.W., Bradford M., Parker T. and Westcott D.A. 2004. Golden bowerbird (*Prionodura newtonia*) habitat in past, present and future climates: predicted extinction of vertebrate in tropical highlands due to global warming. *Biological Conservation* **116**:367-377.
- Holt R.D. 1990. The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in Ecology Evolution* **5**:311-315.
- Houlder D.J., Hutchinson M.F., Nix H.A. and McMahon J.P. 2000. *ANUCLIM 5.1 User Guide*. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Australian Capital Territory, Canberra.
- Hutchinson M.F. 1991. The application of thin plate smoothing splines to continent-wide data assimilation. In: Jasper J.D. Ed. *BMRC Research Report No. 27. Data Assimilation Systems*, pp. 104-113, Bureau of Meteorology, Melbourne.
- Hutchinson M.F. 1995a. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. *International Journal of Geographical Information Systems* **9**:385-403.
- Hutchinson M.F. 1995b. Stochastic space-time weather models from ground-based data. *Agricultural and Forest Meteorology* **73**:237-264.
- Hutchinson M.F. 1997. *ANUSPLIN. Version 4.1. User guide*. Centre for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Australian Capital Territory, Canberra.
- Hutchinson M.F. and Gessler P.E. 1994. Splines- more than just a smooth interpolator. *Geoderma* **62**:45-67.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Cambio Climático 2001: Informe de Síntesis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Change Climatic 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Irfan-Ullah M., Amarnath G., Murthy M.S.R. and Peterson A.T. 2007. Mapping the geographic distribution of *Aglaia bourdillo-nii* (Meliaceae), an endemic and threatened plant, using ecological niche modelling. *Biodiversity and Conservation* **16**:1917-1925.
- Iverson R.L. and McKenzie D. 2013. Tree-species range shifts in a changing climate: detecting, modeling, assisting. *Landscape Ecology* **28**:879-889.
- Iverson R.L. and Prasad A.M. 1998. Predicting abundance of 80 tree species following climate change in the Eastern United States. *Ecological Monographs* **68**:465-485.
- Jiménez-Ramírez J., Vega-Flores K., Cruz-Duran R., Vázquez-García J.A. 2007. *Magnolia guerrerensis* (Magnoliaceae), una especie nueva del bosque mesófilo de montaña del Estado de Guerrero, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **80**:73-76.
- Jungclaus J.H., Haak H., Latif M. and Mikolajewicz U. 2005. Arctic-North Atlantic interactions and multidecadal variability of the meridional overturning circulation. *Journal of Climate* **18**:4013-4031.
- Lawler J.J. 2009. Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning. *Annals of the New York Academy of Science* **1162**:79-98.
- Levinsky I., Flemming S., Svensson J.C. and Rahbek C. 2007. Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European Mammals. *Biodiversity and Conservation* **16**:3803-3816.
- Li J. and Hilbert D.W. 2008. LIVES: a new habitat modelling technique for predicting the distribution of species' occurrences using presence-only data based on limiting factor theory. *Biodiversity and Conservation* **17**:3079-3095.
- Lindenmayer D.B., Nix H.A., McMahon J.P., Hutchinson M.F. and Tanton M.T. 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modelling. *Journal of Biogeography* **18**:371-383.
- Lindenmayer D.B., Mackey B.G. and Nix H.A. 1996. The bioclimatic domains of four species of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. *Australian Forestry* **59**:74-89.
- Lira R., Téllez O. and Dávila P. 2009. The effects of climate change on the geographic distribution of Mexican wild relatives of domesticated Cucurbitaceae. *Genetic Resources and Crop Evolution* **56**:691-703.
- Magaña R.V.O. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. In: Martínez J. and Fernández B.A. Comp. *Cambio Climático: Una Visión desde México*, pp. 17-27, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Magaña V., Méndez J.M., Morales R. and Millán C. 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. In: Martínez J. and Fernández B.A. Comp. *Cambio Climático: Una Visión desde México*, pp. 203-213, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Malcolm J.R., Liu C., Neilson R.P., Hansen L. and Hannah L. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* **20**:538-548.
- Mansourian S., Belokurov A. and Stephenson P.J. 2009. The role of forest protected areas in adaptation to climate change. *Unasylva* **231/232**:63-69.
- Markham A. 1998. Potential impacts of climate change on tropical forest ecosystems. *Climatic Change* **39**:141-143.

- McKenney D.W., Pedlar J.H., Lawrence K., Campbell K. and Hutchinson M.F. 2007. Potential impacts of climate change on the distribution of the North American Trees. *BioScience* **57**:939-948.
- Midgley G.F., Hannah L., Millar D., Rutherford M.C. and Powrie L.W. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology and Biogeography* **11**:445-451.
- Newton A.C., Gow J., Robertson A., Williams-Linera G., Ramírez-Marcial N., González-Espinoza M., Allnutt T.R. and Ennos R.A. 2008. Genetic variation in two rare endemic Mexican trees, *Magnolia sharpii* and *Magnolia schiedeana*. *Silvae Genetica* **57**:348-356.
- Pearson R.G. 2006. Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* **21**:111-113.
- Pearson R.G. and Dawson T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* **12**:361-371.
- Peterson A.T. 2009. Phylogeography is not enough: The need for multiple lines of evidence. *Frontiers of Biogeography* **1**:19-25.
- Phillips S.J., Anderson R.P. and Schapire R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* **190**:231-259.
- Ponce-Reyes R., Reynoso-Rosales V.H., Watson J.E.M., VanDerWal J., Fuller R.A., Pressey R.L. and Possingham H.P. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change* **2**:448-452.
- Pounds J.A., Fogden M.L.P. and Campbell J.H. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* **398**:611-615.
- Rojas-Soto O.R., Sosa V. and Ornelas J.F. 2012. Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation* **21**:2671-2690.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica de México* **35**:25-44.
- Sáenz-Romero C., Rehfeldt G.E., Crookston N.L., Duval P., St-Amant R., Beaulieu J. and Richardson B.A. 2010. Splines models of contemporary, 2030, 2060 and 2090, climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* **102**:595-623.
- Sánchez-Velásquez L.R., Ramírez-Bamonde E.S., Andrade-Torres A. and Rodriguez T.P. 2008. Ecología, florística y restauración del bosque mesófilo de montaña. In: Sánchez-Velásquez L.R., Galindo G.J. and Díaz-Fleischer F. Eds. *Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México*, pp. 9-49, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Universidad Veracruzana, Mundipressa, México, D.F.
- SAS Institute Inc. 2007. SAS/STAT user's guide for personal computers, version 6.08. SAS Institute Inc., Cary.
- SEDEMA. Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz. 2012a. Espacios Naturales Protegidos. <[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=53,3840525&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=53,3840525&_dad=portal&_schema=PORTAL)> (consultado 23 de enero 2012).
- SEDEMA. Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz. 2012b. Áreas Naturales Protegidas. <[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=53,3840534&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=53,3840534&_dad=portal&_schema=PORTAL)> (consultado 23 de enero 2012).
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo, especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Soberón J. and Peterson A.T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* **2**:1-10.
- Still C.J., Foster P.N. and Schneider S.H. 1999. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. *Nature* **398**:608-610.
- Tejeda M.A. Comp. 2009. Programa veracruzano ante el cambio climático. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología, Embajada Británica México, Xalapa.
- Téllez O., Hutchinson M.A., Nix H.A. and Jones P. 2011. Desarrollo de coberturas digitales climáticas para México. In: Sánchez R.G., Ballesteros B.C. and Pavón N.P. Eds. *Cambio Climático. Aproximaciones para el Estudio de su Efecto sobre la Biodiversidad*, pp. 15-23, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca.
- Téllez V.O., Dávila P., Ayala M., Gutiérrez K. and Melchor I. 2007. Case studies of the effect of climate change on the flora of Mexico. *Journal of Botanic Gardens Conservation International* **4**:17-21.
- Téllez-Valdés O. and Dávila-Aranda P. 2003. Protected areas and climate change: a case study of the cacti of the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* **17**:846-853.
- Téllez-Valdés O., Chávez H.Y.M., Gómez-Tagle C.H.A. and Gutiérrez G.M.V. 2004. Modelaje bioclimático, una herramienta para desarrollar estrategias de manejo forestal: estudio de caso en cuatro especies mexicanas de *Pinus* (Pinaceae). *Ciencia Forestal* **29**:61-82.
- Téllez-Valdés O., Dávila-Aranda P. and Lira-Saade R. 2006. The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandiflora* var. *mexicana*, an important species of the Cloud Forest in Eastern México. *Biodiversity and Conservation* **15**:1095-1107.
- Tews J. 2007. Biodiversity and climate change: A modeling perspective. In: Schwartz J. Ed. *Focus on Biodiversity Research*, pp. 27-41, Nova Science Publisher Inc, New York.
- Tingley R., Herman T.B., Pulsifer M.D., McCurdy D.G. and Stephens J.P. 2010. Intra-specific niche partitioning obscures the importance of fine-scale habitat data in species distribution models. *Biodiversity and Conservation* **19**:2455-2467.
- Torres R.J.M. and Guevara S.A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica* **63**:40-59.
- Trejo I., Martínez-Meyer E., Calixto-Pérez E., Sánchez-Colón S., Vázquez-de la Torre R. and Villers-Ruiz L. 2011. Analysis of the effects of climate changes on plants communities and mammals in México. *Atmósfera* **24**:1-14.
- Vázquez G.J.A., Cuevas G.R., Cochrane T.S., Iltis H.H., Santana M.F.J. and Guzmán H.L. 1995. *Flora de Manantlán. Plantas Vasculares de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán Jalisco-Colima, México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

Vázquez-García J.A., Muñiz-Castro M.A., de Castro-Arce E., Murguía A.R., Nuño R.A.T., and Cházaro-B. M.J. 2012. Twenty new neotropical tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). In: Salcedo P.E., Hernández A.E., Vázquez G.J.A., Escoto G.T. and Díaz E.N. Eds. *Recursos Forestales del Occidente de México: Diversidad, Producción, Manejo, Aprovechamiento y Conservación*, pp. 91-130, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, México, D.F.

Villaseñor J.L. 2010. *El Bosque Húmedo de Montaña en México y sus Plantas Vasculares: Catálogo Florístico-Taxonómico*.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Villaseñor J.L. and Téllez-Valdés O. 2004. Distribución geográfica potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 75:205-220.

Williams-Linera G., Manson R.H. and Isunza V.E. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8:73-89.

Received: August 10th, 2013

Accepted: January 15th, 2014

## CAPÍTULO IV

**BIOPROSPECTING OF BOTANICAL INSECTICIDES: THE CASE  
OF ETHANOL EXTRACTS OF *Magnolia schiedeana* SCHLTL.  
APPLIED TO A TEPHRITID, FRUIT FLY *Anastrepha ludens* Loew**



# Journal of Entomology and Zoology Studies

Available online at [www.entomoljournal.com](http://www.entomoljournal.com)

J  
E  
Z  
S

Journal of  
Entomology  
and  
Zoology  
Studies

ISSN 2320-7078  
JEZS 2015; 3 (1): 01-05  
© 2014 JEZS  
Received: 05-12-2014  
Accepted: 20-12-2014

**Suria Gisela Vásquez-Morales**  
Instituto de Biotecnología y  
Ecología Aplicada  
(INBIOTECA), Universidad  
Veracruzana, Zona Universitaria,  
A.P. 250, Xalapa, Veracruz  
91090, México

**Norma Flores-Estévez**  
Instituto de Biotecnología y  
Ecología Aplicada  
(INBIOTECA), Universidad  
Veracruzana, Zona Universitaria,  
A.P. 250, Xalapa, Veracruz  
91090, México.

**Lázaro Rafael Sánchez-Velásquez**  
Instituto de Biotecnología y  
Ecología Aplicada  
(INBIOTECA), Universidad  
Veracruzana, Zona Universitaria,  
A.P. 250, Xalapa, Veracruz  
91090, México.

**María del Rosario Pineda-López**  
Instituto de Biotecnología y  
Ecología Aplicada  
(INBIOTECA), Universidad  
Veracruzana, Zona Universitaria,  
A.P. 250, Xalapa, Veracruz  
91090, México.

**Héctor Viveros-Viveros**  
Instituto de Investigaciones  
Forestales (INIFOR),  
Universidad Veracruzana, Parque  
Ecológico El Haya, Xalapa,  
Veracruz A.P. 551, México.

**Francisco Díaz-Fleischer**  
Instituto de Biotecnología y  
Ecología Aplicada  
(INBIOTECA), Universidad  
Veracruzana, Zona Universitaria,  
A.P. 250, Xalapa, Veracruz  
91090, México.

**Correspondence:**  
**Suria Gisela Vásquez-Morales**  
Instituto de Biotecnología y  
Ecología Aplicada  
(INBIOTECA), Universidad  
Veracruzana, Zona  
Universitaria, A.P. 250, Xalapa,  
Veracruz 91090, México.

## Bioprospecting of botanical insecticides: The case of ethanol extracts of *Magnolia schiedeana* Schltl. applied to a Tephritid, fruit fly *Anastrepha ludens* Loew

**Suria Gisela Vásquez-Morales, Norma Flores-Estévez, Lázaro Rafael Sánchez-Velásquez, María del Rosario Pineda-López, Héctor Viveros-Viveros and Francisco Díaz-Fleischer**

### Abstract

The present study was set out to determine the insecticidal properties of different vegetative structures of *Magnolia schiedeana* Schltl. (Magnoliaceae) against adults of *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae). To evaluate the insecticidal effect, a feed bio-assay was conducted on adult individuals using ethanol extracts of vegetative structures of *M. schiedeana*. Only seed and sarcotesta extracts showed insecticidal activity on flies. Extracts of other plant organs (leaves, flowers, bark, follicles) showed no significant biological activity. These results suggest that the sarcotesta of *M. schiedeana* has secondary metabolites with potential for the development of an insecticide for the control of adults of *A. ludens*.

**Keywords:** bioprospecting, botanical insecticides, crude extracts, Magnoliaceae, Tephritidae.

### 1. Introduction

Highly diverse ecosystems are very suitable for bioprospecting, for interesting biological compounds can easily be found among their many species. Among these ecosystems is the tropical montane cloud forest (TMCF, also known as “cloud forest”), characterized by long periods of foggy weather conditions and a flora composed of Neotropical as well as Holarctic species [1]. Mexico’s TMCF is known for its archipelago-type distribution, at an altitude between 1,000 and 3,000 m. The botanical richness of this ecosystem is unparalleled in the country. It concentrates the largest number of species per unit area, 6,790 vascular plant species, 1,625 genera and 238 families, including 2,361 endemic species [2]. The uses of these species are many and they include medicinal, ornamental, timber and food, of which local inhabitants benefit. However, in the absence of sustainable management programs, the conservation and proper utilization of these species is at risk. The TMCF in Mexico is highly disturbed and fragmented, and is currently in danger of extinction. Presently, 83 species are nearly extinct, 206 endangered, and 175 vulnerable [3].

In the case of the family Magnoliaceae, it comprises 220 species of deciduous and evergreen trees native to Asia and America. About 80 percent of these species are distributed in Southeast Asia, and the remaining 20 percent is distributed in America. Only two genera: *Magnolia* and *Liriodendron*, are present in America [4]. Species of the *Magnolia* genus are important in traditional and modern medicine in countries like China, Japan and Mexico, due to their biological and pharmacological effects in various organisms. These plants contain, for example, the biphenyls Magnolol and Honokiol, which intervene in the functions of the central nervous system, as well as the digestive, cardiovascular, skeletal-muscle and neurological systems [5]. So far, more than 255 different secondary metabolites have been isolated in the vegetative structures of different *Magnolia* species, chiefly among them alkaloids, flavonoids, lignans and terpenoids. The species with a greater number of isolated metabolites are *M. grandiflora* L., *M. kobus* DC, *M. obovata* Thunb., *M. officinalis* Rehder, and Wilson subsp. *biloba* and *M. salicifolia* (Siebold and Zucc) Maxim [6]. Biological activity has been registered following the application of these metabolites to insects, nematodes, fungi and bacteria [7], which suggests that *Magnolia* species have a potential for manipulating the biological

activities of these organisms, particularly as insecticides, as has been reported in the case of *M. dealbata* Zucc [8], *M. fargesii* Cheng [9] and *M. salicifolia* [10].

In Mexico there are 21 species of *Magnolia* associated to the TMCF. According to some authors [11], these species are representative and indicative of the state of conservation of this ecosystem. The *M. schiedeana* Schltl, a species endemic to the TMCF in the central portion of the watershed of the Gulf of Mexico [12], has been classified as endangered due to fragmentation of its natural habitat, as a result of changes in land use and the expansion of the urban area [13]. Due to its tolerance to shade, this species is associated to mature and advanced stages of forest succession, and needs a mature forest to get established. Moreover, this plant has a limited production of seeds, since it's very specific reproduction system is associated only with two beetles *Cyclocephala jalapensis* Casey (Scarabaeidae: Dynastinae) and *Myrmecoccephalus sp* (Staphylinidae) [14].

In view of the high risk of extinction of *M. schiedeana* due to exposure the continuous expansion of grasslands and the urban sprawl over the TMCF, sustainable management and habitat conservation programs are needed to protect the populations. One of the options at hand to finance conservation programs for endangered species is bioprospecting [15].

Bioprospecting of plants has a great potential for biodiversity protection through the sustainable management of biotic resources [16]. It is based on the identification of the properties of vegetative structures plant and their possible applications to, among other things, the pharmaceutical, biotechnology, food, and bioremediation industries [17]. As a result of their prolonged interaction with insects through their evolutionary process, plants contain a wealth of insecticide products that can be used to combat pests. Every year, about 70 percent of the fruit produced in Mexico is lost to the Mexican fruit fly (*Anastrepha ludens* Loew) either through direct damage to fruits or as a result of the quarantine barriers imposed to their commercialization [18]. Control of this pest has so far relied on the application to fruits of massive quantities of chemical insecticides with very high action spectrum compounds, such as Malathion and Spinosad [GF 120], an unsustainable practice whose effectiveness is likely to be compromised by the development of insecticide resistance by pests. It is therefore necessary to turn to insecticides derived from plant extracts, which are compatible with the natural environment [19].

The aim of this study was to determine the insecticidal properties of eight vegetative structures of *M. schiedeana* against adults of *A. ludens*.

## 2. Materials and methods

### 2.1 Collection of plant material

The vegetative structures of *M. schiedeana* Schltl. (Magnoliaceae) were obtained from trees located at the Volcano of Acatlán, Veracruz, Mexico ( $19^{\circ} 41' 0.8''$  N and  $96^{\circ} 51' 14''$  W) at 1,998 masl. The average temperature in this sites is  $20^{\circ}$  C and the average annual rainfall 1,570 millimetres. Of the existing 23 mature trees, 10 were randomly selected for the study. Samples were collected during 2013 according to plant phenology. The following structures were sampled: leaves (mature in February and young in April), flowers (May), bark fragments (June), and polyfollicles and seeds (July and August). The biological material was taken to the Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) of the Veracruzana University in Xalapa, Veracruz, Mexico, where every structure collected was rinsed with distilled water and placed in paper bags for drying in a vacuum oven at  $35\text{--}40^{\circ}$  C for 96 hours. To separate the

polyfollicle, seeds were allowed to dry at room temperature for eight days. The sarcotesta was separated from fresh seeds and dried at room temperature. Each mature tree of *M. schiedeana* has in average  $6 \pm 3.7$  polyfollicles with approximately 25 seeds, therefore were available for the experiment a limited number of seeds.

### 2.2 Insects

Laboratory Mexican fruit flies, *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) were used for the experiment. They are mass-produced at the MoscaFrut breeding plant located in Metapa de Domínguez, Chiapas, Mexico. Samples in pupal stage were sent by air cargo to the Inbioteca's Laboratory for Invertebrates. There they were kept in cages made of wood and cotton mesh measuring 9,000 cubic centimeters until the adult stage was reached. There were approximately 500 flies per cage. They were provided with purified water and food (table sugar) *ad libitum*. A light regime of 12:12 hours of light, and a temperature and relative humidity of  $25 \pm 1^{\circ}$  C and  $70 \pm 10$  percent respectively, were maintained in the laboratory.

### 2.3 Preparation of crude extracts at the proportion of 1:5 p v<sup>-1</sup>

Each vegetative structure was pulverized separately in an industrial Waring Commercial Blender (model 51BL31), except for the sarcotesta, which was ground in a mortar. A sample of 50 grams dry weight of powder was taken and macerated with 250 milliliters of ethanol at 95 percent (ratio of 1:5 w v<sup>-1</sup>) for at least one week at cold temperature ( $4^{\circ}$  C), and then the solvent was decanted. The total solvent volume was reduced to 10 milliliters at a vacuum of 56 centimeters Hg<sup>-1</sup> using a rotary evaporator (Buchi, Model R-210, 40 °C). Crude ethanol extracts were kept refrigerated at  $4^{\circ}$  C until evaluation.

### 2.4 Preparation of crude extracts at the proportion of 2:10 v p<sup>-1</sup>

To double the concentration of the extracts with higher adjusted mortality (seed with sarcotesta and separate sarcotesta), the proportion was changed to 2:10 p v<sup>-1</sup> (100 grams dry weight of powder in 500 milliliters of ethanol at 95 percent). Extracts were reduced by rotary evaporation with the same procedure to 12 milliliters, to obtain three dilutions (0.1, 0.01 and 0.001 mg mL<sup>-1</sup>). The extract obtained from the first dilution (0.1 mg mL<sup>-1</sup>) was taken as reference, then one milliliter of extract was gauged at 10 milliliter for the second dilution (0.01 mg mL<sup>-1</sup>), and for the third one, one milliliter was taken from the extract and gauged at 100 milliliter capacity (0.001 mg mL<sup>-1</sup>).

### 2.5 Treatments and experimental procedure

In each cage, 50 Mexican fruit flies (25 females and 25 males, all between 10 and 20 days old) were placed. The water was placed in a container with cotton to prevent flies from drowning. To ensure a sufficient intake of the treatment mixture, flies were left without food for 24 hours before the mixture was applied. The treatment mixture consisted of 1 gram of sugar mixed with two milliliters of the extract. A specific plant vegetative structure extract (1: 5 p v<sup>-1</sup>) was evaluated in each experiment. In order to reduce the risk of adherence of the flies to the sugar, the extract was applied to 0.05 milligrams of cotton. A total of eight experiments with five replicates each in two different cohorts of flies were carried out.

As a positive control, an ethanol extract of crude *Chrysanthemum grandiflorum* Kitam (Asteraceae) was used given its content of Pyrethrin, known for its insecticide

properties [20]. Chrysanthemums were bought locally at the San José market, in the city of Xalapa, and the same extraction method described above at a proportion of 1:5 p v<sup>-1</sup> was followed. For negative control, one gram of sugar was mixed with two milliliters of ethanol at 95 percent. The number of survivors of Mexican fruit flies per cage was recorded during five consecutive days.

## 2.6 Statistical analysis

A completely randomized experimental design was used. Natural mortality was corrected with Abbott's formula (1925) [21] to determine the efficacy of treatments; CM (%) =  $(1 - (X - Y) / X) \times 100$ . Where CM is the corrected mortality, X is the number of control individual survivors, and Y the number of surviving individuals from treatment.

The corrected mortality (CM) data of the treatments of each experiment were analysed by means of a nonparametric test (Kruskal-Wallis) with JMP 7.0.1 software [22]. Later, an analysis of the survival of flies exposed to extracts with higher CM was performed according to the Kaplan-Meier method, with the same software.

## 3. Results and discussion

The Abbott index indicated more effectiveness in the sarcotesta and seed with sarcotesta extracts in the proportion of 1:5 p v<sup>-1</sup>, which resulted in an increased mortality in fruit flies ( $36.8 \pm 16.4$  and  $35.5 \pm 20.1$  percent, respectively) (Chi-square = 21.25, GL = 7; P < 0.003) (Table 1A). A similar effect was observed in crude extracts of sarcotesta of *M. dealbata*, which indicates that the biologically active substance is similar in both species and is present in the sarcotesta, possibly with a protective function against insect seed predators [8].

**Table 1:** Abbott index of *A. ludens* exposed to ethanolic extracts of vegetative structures in *M. schiedeana* in A: proportion 1:5 p v<sup>-1</sup> and B: proportion 2:10 p v<sup>-1</sup> with three dilutions (0.1, 0.01 y 0.001 mg mL<sup>-1</sup>). Active extracts are presented in bold. Mean ± SD.

A: Treatments to 1:5 p v <sup>-1</sup>	Concentration (gr/ml)	Abbott index (%)
Leaves mature	1.75 ± 0.6	30.8 ± 15.1
Leaves young	3.78 ± 3.2	31.2 ± 22.9
Flowers	0.46 ± 0	0.08 ± 9
Bark	4.31 ± 0.3	0.54 ± 3.3
Polyfollicles	3.66 ± 0	5.26 ± 17
Seed with sarcotesta	1.73 ± 0.7	<b>35.5 ± 20.1</b>
Seed without sarcotesta	0.76 ± 0	12.6 ± 29.2
Sarcotesta	0.62 ± 0	<b>36.8 ± 16.4</b>
<i>C. grandiflorum</i>	1.38 ± 0.4	97.6 ± 2.6
B: Treatments to 2:10 p v <sup>-1</sup>		
Seed with sarcotesta 0.1 mg mL <sup>-1</sup>	5.27 ± 1.7	<b>59.3 ± 34.2</b>
Seed with sarcotesta 0.01 mg mL <sup>-1</sup>	0.52 ± 0.1	62.13 ± 30.8
Seed with sarcotesta 0.001 mg mL <sup>-1</sup>	0.052 ± 0	9.86 ± 22.4
Sarcotesta 0.1 mg mL <sup>-1</sup>	2.02 ± 0	<b>64.7 ± 14.8</b>
Sarcotesta 0.01 mg mL <sup>-1</sup>	0.202 ± 0	53.7 ± 12.1
Sarcotesta 0.001 mg mL <sup>-1</sup>	0.0202 ± 0	13.4 ± 11.2
<i>C. grandiflorum</i>	1.65 ± 0.6	99.9 ± 0

Secondary metabolites have also been isolated in seeds of other species of *Magnolia*, these include neolignans (magnolol and honokiol), lignans (yangambine and syringaresinol), phenylpropanoids (coniferine, syringine), flavonoids (rutin) and sesquiterpenes (costunolid), but their activity has been

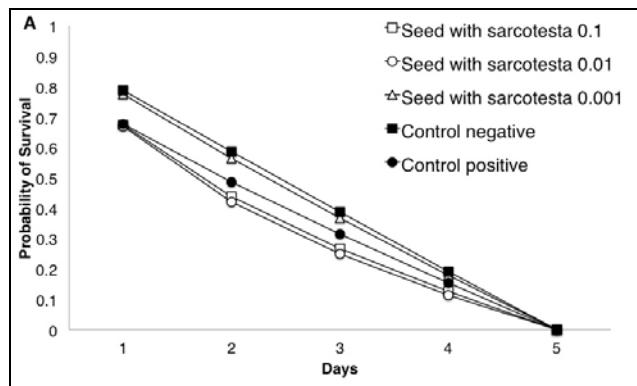
associated mainly with pharmacological applications [6], rather than with insecticides.

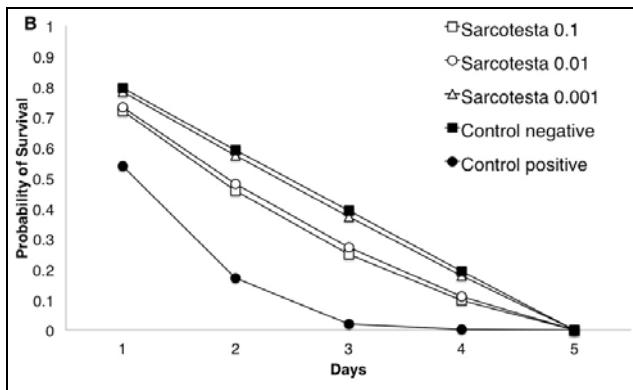
The extracts from the leaves, flowers, bark, polyfollicles and seeds without sarcotesta of *M. schiedeana* generated lower mortality among adult *A. ludens* individuals (Table 1A). However, other species of *Magnolia* have been proven to have an insecticidal effect. Miyazawa *et al.* (1994) [9] reported that the lignan, (+) - epimagnoline A, obtained from flower buds of *M. fargesii* inhibits the growth of larvae of *Drosophila melanogaster* Meigen. Other studies report that the geraniol and nerol obtained from bark and the trans-anethole, methyl eugenol and iso-methyl eugenol obtained from leaves, flowers and polyfollicles of *M. salicifolia*, showed 100 percent mortality in *Aedes aegypti* L. (4 instar) in a concentration range of 20-100 parts per million after 24 hours [10]. It may be that the compounds in these vegetative structures are effective on holometabolous insects at their immature stages, when their digestive metabolism differs from that of adults [23].

At a proportion of 2:10 p v<sup>-1</sup>, an Abbott index of  $64.7 \pm 14.8$  percent was obtained from sarcotesta, and  $59.3 \pm 34.2$  percent from seed with sarcotesta at a dilution of 0.1 mg mL<sup>-1</sup>, with a significant difference between dilutions (P < 0.0001) (Table 1B). In this study, increasing the proportion of the active extracts allowed for greater biological activity [24]. The highest mortality (Abbott index) was found at the dilution of 0.1 mg mL<sup>-1</sup>, which corresponds to the minimum lethal concentration for both crude ethanol extracts.

The Kaplan-Meier survival analysis showed that flies exposed to an ethanol extract of seed with sarcotesta in two dilutions (0.1 and 0.01 mg mL<sup>-1</sup>) died mostly over the first 3 days, as opposed to the control with *C. grandiflorum* (Log-Rank, Chi-square = 159.56, GL = 4; P < 0.0001) (Figure 1A). This indicates that the efficiency of the seed with sarcotesta extract is higher than that of *C. grandiflorum* in the early days, and has a good potential for obtaining substances with insecticidal properties to control of *A. ludens*.

The sarcotesta extract was less effective than that of *C. grandiflorum* (Log-Rank, Chi-square = 895.05; DF = 4; P < 0.0001) (Figure 1B). This result contrast with that of Flores-Estévez *et al.* (2013) [8] in *M. dealbata*. These authors found no differences in biological activity between extract of chrysanthemum and the extract of sarcotesta of *M. dealbata*. This difference may be because the concentration of active ingredients with insecticidal properties in the seeds and sarcotesta of *M. schiedeana* is lower. Differences in the life history of these species of plants may explain the contrasting result. For example, *M. schiedeana* is evergreen, while *M. dealbata* is deciduous. It may indicate that plant resources are assigned in a different way [25]. Additionally, the seeds are larger in *M. dealbata* and produced in larger numbers every year [26, 27].





**Fig 1:** Kaplan-Meier survival plot for *A. ludens* exposed to ethanolic extracts of A) seed with sarcotesta and B) sarcotesta in three dilutions ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) of *M. schiedeana* during 5 days.

It has been demonstrated that different species of the genus *Magnolia* have a different production of secondary metabolites. More than 40 metabolites have been isolated in *M. salicifolia* and *M. obovata* Thunb., while in *M. Ashei* Weath., *M. sprengeri* Pamp., and *M. thompsoniana* de Vos, only one has been found [6]. However, so far no chemical studies have been conducted on the secondary metabolites present in the vegetative structures of certain species. One of them is *M. schiedeana*, whose possible applications have been explored in the present study.

Our results show that *M. schiedeana* has a potential for developing a bioinsecticide for the control of certain tephritids that are regarded as pests. To evaluate the extent of the insecticidal properties of the species, further studies with isolated compounds of *M. schiedeana* seeds, including the sarcotesta, are necessary.

#### 4. Conclusion

The evaluation of the vegetative structures of *M. schiedeana* indicates that the seeds contain compounds with insecticidal properties for adult individuals of *A. ludens*. Sarcotesta extracts in concentration of  $0.1 \text{ mg mL}^{-1}$  (minimum lethal concentration at the proportion of  $2:10 \text{ p v}^{-1}$ ) caused 64 percent mortality over five days. A mean mortality was observed with other extracts: seeds with sarcotesta 59 percent, mature leaves 30 percent, and young leaves 31 percent mortality in five days.

#### 5. Acknowledgments

The authors would like to thank Ing. José Manuel Gutiérrez-Ruelas, Director of the Campaign for Fruit Flies (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación-DGSV), for his support on many fronts. Also, our thanks must go to Biol. Dina Orozco-Dávila, Director of the Moscafrut Plant, for her support in the shipment of flies. Finally, the first author received a scholarship for doctoral studies from the CONACYT (No. 229 667), as well as support for the projects CB-2010-01-00000000156053 and Fomix-Conacyt-Veracruz (No. 37502).

#### 6. Reference

- Rzedowski J. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Bot Mex* 1996; 35:25-44.
- Villaseñor JL. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 2010, 38.
- González-Espinosa M, Meave AJ, Lorea-Hernández FG, Ibarra-Manríquez G, Newton AC. The Red List of Mexican Cloud Forest Trees, Fauna y Flora International, BGCI, Cambridge, 2011, 148.
- Watanabe K, Ikegami F, Horie S. Introduction The Genus *Magnolia*. In: Satyajit SD, Yuji M. (Eds). *Magnolia*. The Genus *Magnolia*. Taylor & Francis, New York, 2002, 1-7.
- Zhang PK, Harris A, Shao Y. Quality Control of Magnolia Bark. In: Satyajit SD, Yuji M. (Eds). *Magnolia*. The Genus *Magnolia*. Taylor and Francis, New York, 2002, 128-155.
- Sarker SD, Latif Z, Stewart M, Nahar L. Phytochemistry of the genus *Magnolia*. In: Satyajit DS, Yuji M. (Eds). *Magnolia*. The Genus *Magnolia*. Taylor and Francis, New York, 2002, 21-74.
- Elbadri AAG, Lee DW, Park JC, Yu HB, Choo HY, Lee SM et al. Nematicidal screening of essential oils and herbal extracts against *Bursaphelenchus xylophilus*. *Plant Pathol J* 2008; 24:178-182.
- Flores-Estevez N, Vásquez-Morales SG, Cano-Medina T, Sánchez-Velásquez LR, Noa-Carrazana JC, Díaz-Fleischer F. Insecticidal activity of raw extracts from *Magnolia dealbata* Zucc on a tephritidae pest. *J Environ Sci Health B* 2013; 48:585-589.
- Miyazawa M, Ishikawa Y, Kasahara H, Yamanaka J, Kameoka H. An insect growth inhibitory lignan from flower buds of *Magnolia fargesii*. *Phytochemistry* 1994; 35:611-613.
- Kelm AM, Nair MG, Schutzki RA. Mosquitocidal compounds from *Magnolia salicifolia*. *Pharma Biol* 1997; 35:84-90.
- Vázquez GJA, Muñiz-Castro MA, de Castro-Arce E, Murguía-Araiza R, Nuño-Rubio AT, Cházaro-Basáñez MJ. Twenty new neotropical tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). In: Salcedo-Pérez E, Hernández-Álvarez E, Vázquez-García JA, Escoto-García T, Díaz-Echevarría N. (Eds). Recursos Forestales del Occidente de México: Diversidad, Producción, Manejo, Aprovechamiento y Conservación. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, México, D.F., 2012, 91-130.
- Jiménez-Ramírez J, Vega-Flores K, Cruz-Duran R, Vázquez-García JA. *Magnolia guerrerensis* (Magnoliaceae), una especie nueva del bosque mesófilo de montaña del Estado de Guerrero, México. *Bol Soc Bot Mex* 2007; 80:73-76.
- Cicuzza D, Newton A, Oldfield S. The Red List of Magnoliaceae. Fauna & Flora International, Botanic Gardens Conservation International, The Global Trees Campaign, The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group, Cambridge, 2007, 52.
- Dieringer G, Espinosa SJE. Reproductive ecology of *Magnolia schiedeana* (Magnoliaceae), a threatened cloud forest tree species in Veracruz, Mexico. *Bull Torrey Bot Club* 1994; 121:154-159.
- Firn DR. Bioprospecting – why is it so unrewarding? *Biodivers Conserv* 2003; 12:207-216.
- Souza PA, Marques MR, Mahmoud TS, Caputo BA, Canhete GM, Leite CB et al. Bioprospecting insecticidal compounds from plants native to Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Bot Bras* 2008; 22:1136-1140.
- Verpoorte R, Contin A, Memelink J. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochem Rev* 2002; 1:13-25.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Propuesta de

- estrategia técnica para la campaña contra moscas de la fruta de ejecución nacional en áreas productoras de mango. Dirección general de sanidad vegetal, Dirección de moscas de la fruta, SENASICA, México, 2011.
19. Aluja M. Manejo integrado de moscas de la fruta. Ed. Trillas, México, 1993, 241.
  20. Soderlund DM, Bloomquist JR. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. Annu Rev Entomol 1989; 34:77-96.
  21. Abbott WS. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol 1925; 18:265-267.
  22. SAS. SAS Stat User's Guide for Personal Computers, version 6.08, SAS Institute, Cay, Nc, 2007.
  23. Law HJ, Ribeiro JMC, Wells MA. Biochemical Insights Derived From Insect Diversity. Annu Rev Biochem 1992; 61:87-111.
  24. Hwang EI, Kwon BM, Lee SH, Kim NR, Kang TH, Kim YT *et al.* Obovatols, new chitin synthase 2 inhibitors of *Saccharomyces cerevisiae* from *Magnolia obovata*. J Antimicrob Chemother 2002; 49:95-101.
  25. Givnish TJ. Adaptive significance of evergreen vs. deciduous leaves: solving the triple paradox. Silva Fennica 2002; 36:703-743.
  26. Vásquez-Morales SG, Sánchez-Velásquez LR. Seed ecology and pre-germinative treatments in *Magnolia schiedeana* Schlecht, an endangered species from México. JFAE 2011; 9:604-608.
  27. Sánchez-Velásquez LR, Pineda-López MR. Comparative demographic analysis in contrasting environments of *Magnolia dealbata*: an endangered species from Mexico. Popul Ecol 2010; 52:203-210.

**CAPÍTULO V**  
**DISCUSIÓN GENERAL**

## 5.1 DISCUSIÓN GENERAL

El presente estudio determinó que las poblaciones de *M. schiedeana* Schltl., en dos localidades de Veracruz, tienen una tasa de crecimiento poblacional mayor a uno, lo que significa que están en crecimiento. Los resultados del análisis LTRE y los valores de sensibilidad llaman la atención sobre las clases de tamaño  $\leq 5$  cm de diámetro normal para considerar un manejo de sus poblaciones con fines productivos o de conservación.

Los efectos del cambio climático global disminuirán la distribución potencial actual de las poblaciones de *M. schiedeana* en casi 2 %, y reducirán su rango altitudinal para el año 2080 a 1,291-2,052 m. Se determinaron 5 ANP con decreto Federal y 14 ANP con decreto Estatal con potencial para conservar la especie y mitigar los efectos climáticos futuros.

Con respecto a la bioprospección de *M. schiedeana*, se demostró que los extractos etanólicos crudos de la sarcotesta de semilla tienen efectos insecticidas en adultos de *A. ludens*, siendo necesario el aislamiento del compuesto químico para su evaluación y la creación de un insecticida de origen botánico específico para Tefrítidos.

### **5.1.1 Demografía de *Magnolia schiedeana***

En México, el BMM posee una gran diversidad biológica y de endemismos, es el ecosistema con más especies por unidad de superficie y presenta diversos servicios ambientales y una amplia fuente de recursos naturales. Actualmente se distribuye en fragmentos inmersos entre la mancha urbana y con una alta perturbación causada por las actividades humanas (Bubb et al. 2004, ONU 2006, González-Espinosa et al. 2011).

Las poblaciones de *Magnolia schiedeana* se distribuyen exclusivamente en los BMM de la vertiente central del Golfo de México y es necesario un bosque maduro para su

establecimiento, debido a que es una especie de estados sucesionales avanzados por la poca tolerancia a la insolación directa que presentan sus plántulas (Jiménez et al. 2007).

Desafortunadamente las poblaciones de *M. schiedeana* presentan un número reducido de individuos y se encuentran inmersas en fragmentos irregulares del BMM, donde se presentan diversos disturbios como la tala selectiva de árboles, desmontes, cambio de uso del suelo por las poblaciones urbanas en crecimiento, contaminación, y fragmentación, entre otros. De dichos disturbios, la tala selectiva de árboles afecta directamente a la estructura de la población, debido a la presencia de un troco recto desde edades tempranas y con ello facilitando su transformación para garrochas caseras (obs. personal).

Para crear programas de conservación de especies en peligro de extinción es recomendable conocer el estado de las poblaciones, siendo la demografía una herramienta importante para determinar su dinámica por medio de los atributos demográficos (tasa de crecimiento, fecundidad, elasticidad y permanencia, entre otros). Por lo tanto, se planteó la siguiente hipótesis “Sí *Magnolia schiedeana* es de estados sucesionales avanzados, se espera que la tasa de crecimiento poblacional sea significativamente menor en la población con disturbios”. Los resultados obtenidos en el capítulo II sugieren que la dinámica poblacional de ambas poblaciones estudiadas aún no se ve afectada por el disturbio (tala de árboles), en ambas se obtuvo una tasa de crecimiento poblacional mayor a uno durante los tres ciclos anuales evaluados, por lo tanto se refuta la hipótesis.

La población en La Martinica (Pcd), con disturbio, presentó un intervalo de 51 a 6 % de crecimiento anual, sin embargo la fragmentación de su hábitat para pastizales y el crecimiento de la mancha urbana afecta directamente a la población y presenta un alto

riesgo de extinguirse localmente a pesar de encontrarse en un área natural protegida (Williams-Linera et al. 2002).

Con respecto a la población del Volcán de Acatlán (Ped), con escaso disturbio, se observó una dinámica similar con un intervalo de 42 a 37 % de crecimiento anual. Esta población se encuentra aislada en la parte superior del Volcán con una mínima interacción antropocéntrica; sin embargo la base del Volcán se encuentra casi completamente deforestado y rodeado de cultivos agrícolas y pastizales afectando la colonización de *M. schiedeana* en nuevas áreas (Williams-Linera 2002). Estos resultados concuerdan con los obtenidos para *M. dealbata*, donde se observó que el disturbio, en ese caso el ganado vacuno, no afecta la tasa de crecimiento poblacional debido a la capacidad de rebrote que presenta la especie, cualidad que también exhibe *M. schiedeana* (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2010).

Como resultado del análisis LTRE y los valores de sensibilidad nos llaman la atención las clases de tamaño  $\leq 5$  cm de diámetro, ya que tienen los valores más altos de variación y los que más contribuyen a la tasa de crecimiento poblacional. Así que para considerar un manejo de sus poblaciones con fines productivos o de conservación, estas clase de tamaño son las que debemos dirigir los esfuerzos de manejo y conservación.

### **5.1.2 Efecto del cambio climático en las poblaciones de *Magnolia schiedeana***

Los efectos del cambio climático sobre la diversidad biológica son inminentes, y resultan especialmente alarmantes para el BMM (Foster 2001, Bubb et al. 2004). Se prevé la desaparición de fragmentos de bosque y de algunas especies endémicas características del

ecosistema, debido a impactos negativos por el incremento de temperatura, disminución de la precipitación y niebla (Ruiz y Cruz 2004, Malcolm et al. 2006).

Por ello en el capítulo III se planteó la siguiente hipótesis “Debido al cambio climático hay un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación de las zonas donde se desarrolla el BMM, entonces se prevé que *Magnolia schiedeana*, especie susceptible a las fluctuaciones climáticas, se verá reducida en su distribución potencial de acuerdo a los escenarios esperados para los años 2040 y 2080”.

Se estimó que la distribución potencial actual de *M. schiedeana* es de 84,640 km<sup>2</sup>, y presenta una reducción en su distribución potencial de 0.36 % en el primer periodo y 1.94 % en el segundo periodo, lo que corresponde un rango menor al reportado para la distribución de *M. macrophylla*, *M. virginiana* y *M. acuminata* de 36 a 93 % con tres modelos de circulación general (The Canadian GCM, the UK based Hadley GCM y the Australian-based Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization GCM) en dos escenarios (A2 y B2) (Iverson and Prasad 1998, McKenney et al. 2007).

Así mismo, la distribución potencial de *M. schiedeana* se reduce en altitud, la distribución potencial actual presenta un rango altitudinal de 1,433-2,135 m, reduciéndose a un rango de 1,426-2,118 m en el primer periodo (año 2040), y a 1,291-2,052 m en el segundo periodo (año 2080), con diferencias significativas únicamente en el segundo periodo. Esta contracción altitudinal es la esperada para especies con hábitat restringido o endémicas debido a sus especificidades biológicas (ej. interacciones) y climáticas (ej. temperatura, precipitación, y humedad, entre otros) (Bubb et al. 2004, Ponce-Reyes et al. 2012, Rojas-Soto et al. 2012).

Se determinó que las poblaciones de *M. schiedeana* presentan potencial para habitar en las siguientes áreas naturales protegidas; Sierra Gorda, el Cañón de Metztitlán, Cuenca del Río Necaxa, El Potosí, El Chico, Cofre de Perote, Pico de Orizaba, Los Mármoles, y el Nevado de Toluca (recientemente fuera de las ANP). Específicamente en la zona centro de Veracruz; en el Cerro de las Culebras, Cerro de la Galaxia, Cerro de Macultépetl, El Tejar Garnica, Francisco Javier Clavijero, La Martinica, Molino de San Roque, Pacho Nuevo y Predio Barragán.

Por tal motivo se proponen dichas áreas naturales protegidas como sitios de reintroducción de *M. schiedeana* con individuos de < 5 cm de diámetro natural, clase de tamaño que mayormente contribuye con la tasa de crecimiento de la población (Capítulo II). En estas áreas naturales protegidas se prevé que el efecto del cambio climático no afectará la distribución de las poblaciones de *M. schiedeana* y pueden ser sitios de refugio para la conservación y uso racional de la especie. Los escenarios prevén mayor afectación para el año 2050 en los BMM de la parte norte de la Sierra Madre Oriental, en los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas, así como los de la vertiente del Pacífico de Chiapas (Rojas-Soto et al. 2012).

### **5.1.3 Bioprospección de *Magnolia schiedeana***

En los proyectos de bioprospección se debe promover la conservación de las especies, en peligro de extinción, a través de su utilización sostenible (Kursar et al. 2006). Las plantas representan un vasto almacén de productos naturales potencialmente útiles, desde el punto de vista farmacéutico hasta el control de plagas. Los insecticidas de origen botánico han sido anunciados como una opción de cambio de los insecticidas químico-sintético para el

control de plagas debido a la compatibilidad con el ambiente y los organismos interactuantes (Souza et al. 2008).

Existen familias de plantas que poseen gran riqueza de metabolitos secundarios, de las que destaca la familia Magnoliaceae, cuyos metabolitos presentan variados efectos biológicos en diversos organismos (Sarker et al. 2002). Se ha demostrado que diversas especies del género *Magnolia* presentan actividad bactericida, fungicida, y nematicida. Específicamente las especies que han exhibido actividad insecticida son *M. dealbata* (Flores-Estévez et al. 2013), *Magnolia fargesii* (Miyazawa et al. 1994) y *Magnolia salicifolia* (Kelm et al. 1997).

Por lo tanto, en el capítulo IV se planteo la siguiente hipótesis “Previamente se ha demostrado la presencia de metabolitos secundarios con propiedades insecticidas en especies del género *Magnolia*, entonces esperamos que los extractos crudos etanólicos de *Magnolia schiedeana* presenten propiedades insecticidas sobre los adultos de *Anastrepha ludens*”.

Se evaluaron ocho estructuras vegetativas de *M. schiedeana* (hojas maduras y jóvenes, flores, corteza, polifolículos, semillas con y sin sarcotesta y la sarcotesta). Las estructuras vegetativas que presentaron un efecto insecticida en adultos de *A. ludens* fueron las semillas con sarcotesta y la sarcotesta con un intervalo de mortalidad de 35 y 36 % respectivamente en la proporción de 1:5 p v<sup>-1</sup>, confirmando que presenta cualidades para un bioinsecticida como *M. dealbata*, *M. fargesii* y *M. salicifolia* (Miyazawa et al. 1994, Kelm et al. 1997, Flores-Estévez et al. 2013).

Al duplicar la proporción de los extractos crudos de semilla con sarcotesta y sarcotesta de *M. schiedeana*, únicamente el extracto de sarcotesta (0.1 mg mL<sup>-1</sup> concentración mínima

letal en la proporción 2:10 p v<sup>-1</sup>) generó 64 % de mortalidad en *A. ludens* durante 5 d, indicando un efecto insecticida menor al extracto de sarcotesta de *M. dealbata* con un 96 % (Flores-Estévez et al. 2013).

En esta investigación se crea el antecedente de que *M. schiedeana* presenta compuestos químicos con actividad insecticida con un alto potencial de uso y se recomienda determinar y aislar los compuestos activos de la sarcotesta.

## **5.2 PROPUESTA INTEGRAL DE CONSERVACIÓN DE *Magnolia schiedeana***

*Magnolia schiedeana* es un árbol que se encuentra en peligro de extinción, es endémica y exclusiva de los BMM de la vertiente central del Golfo de México. En la actualidad sus poblaciones se encuentran en los relictos de bosque cercanos a las zonas urbanas y su densidad poblacional no sobrepasa los 15 ind ha<sup>-1</sup> con presencia de diversos disturbios. Por lo tanto es necesario plantear una propuesta de conservación enfocada a las necesidades ecológicas de *M. schiedeana*, teniendo como objetivo la supervivencia de la especie en la zona centro de Veracruz, México.

### **5.2.1 Cosecha de germoplasma**

En la actualidad, la población más grande de *M. schiedeana* se encuentra en La Martinica, Banderilla, donde hay más de 350 individuos de los cuales 116 de ellos producen semillas. El estudio demográfico realizado (Capítulo II) nos muestra que la cosecha de semillas se debe realizar a los individuos adultos (70 ind. en La Martinica) y como las semillas contribuyen al 15 % de la tasa de crecimiento poblacional y ésta es en promedio de 1.497 ± 0.4305, sugerimos cosechar de manera conservadora, el 50 % de toda la semilla producida

cada año. Con esta cosecha anual continuará la tasa de crecimiento poblacional en promedio 1.38. Por lo tanto propongo cosechar en los meses de junio a agosto, el 50% de los polifolículos de los árboles adultos reproductivos. Esta etapa tiene una duración aproximada de 2 meses.

### **5.2.2 Tratamientos pregerminativos**

Las semillas de *M. schiedeana* presentan latencia de tipo exógena, aquella ocasionada por los aceites e inhibidores de la sarcotesta y testa lignificada, así mismo latencia endógena donde la testa ejerce presión al embrión retrasando la germinación y el crecimiento de la plántula. Por lo tanto es necesario aplicar tratamientos pregerminativos para obtener un mayor número de plántulas.

Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez (2011) proponen dos tratamientos pregerminativos para *M. schiedeana*. 1) Las semillas se escarifican mecánicamente (sin dejar restos de sarcotesta) y se colocan en una capa de arena de río esterilizada y mojada y se incuban a 4-10° C durante 13 días y posteriormente se empapan con agua esterilizada durante 48 h. 2) Las semillas se escarifican mecánicamente y se estratifican en agua estéril a 30° C hasta enfriarse y posteriormente se remojan en agua esterilizada durante 48 h. Ambos tratamientos descritos tienen un 84 % de germinación, por lo tanto por cada 100 polifolículos tendríamos 2,500 semillas de las cuales se obtendrían aproximadamente 2,100 plántulas aproximadamente. Esta etapa tiene una duración aproximada de 2 meses.

### **5.2.3 Cuidados en Vivero**

Después de aplicar los tratamientos pregerminativos pertinentes, se siembran las semillas en tierra de bosque en charolas de germinación o macetas de plástico (30 cm de ancho × 45 cm de largo × 15 cm de alto). El riego se debe realizar tres veces por semana y es necesario eliminar la maleza en las macetas para que no haya competencia de nutrientes. Cuando las plántulas adquieran más de 10 cm de altura se deben trasplantar a bolsas negras de vivero de 17 cm × 17 cm con tierra de bosque y con la misma frecuencia de riego. Se esperan aproximadamente 2,000 plántulas vivas en esta etapa, las cuales se pueden trasplantar en el bosque al tener más de 30 cm de altura, preferentemente al iniciar la época de lluvias. Esta etapa tiene una duración aproximada de 4 a 6 meses.

### **5.2.4 Sitios de reintroducción**

El gobierno del estado de Veracruz con el fin de conservar y recuperar la biodiversidad del estado ha designado diversos sitios naturales protegidos como los parques ecológicos, áreas verdes reservadas para la recreación y educación ecológica, zonas de protección ecológica, áreas de conservación ecológica, reserva ecológica, área natural protegida, y zona sujeta a conservación ecológica y de valor escénico, donde la función principal es mantener y conservar los ecosistemas (procesos y funciones) que los constituyen.

En el capítulo III recomiendo algunas áreas naturales protegidas, tanto federales como estatales, donde *M. schiedeana* puede establecerse y sobrevivir, así mismo amortiguar los efectos del cambio climático. En esta propuesta me enfoco a la zona capital del estado de Veracruz, donde propongo las siguientes áreas naturales protegidas:

### **Cerro de la Galaxia**

Categoría: Área de Conservación Ecológica.

Fecha de decreto: 12 de febrero de 1991.

Ubicación: Ciudad de Xalapa.

Superficie (ha): 40.

Ecosistema que protege: Bosque mesófilo de montaña.

Importancia: Forma parte del cinturón de áreas naturales protegidas de la ciudad de Xalapa; sirve de refugio de flora y fauna y contribuye a la captura de carbono y recarga de los mantos acuíferos.

Problemática: Está sometida a las presiones de la mancha urbana; carece de vigilancia y la vegetación original está sumamente perturbada (Vázquez-Torres et al. 2010).

### **Cerro de Macuiltépetl**

Categoría: Parque Ecológico.

Fecha de decreto: 28 de noviembre de 1978.

Ubicación: Dentro de la ciudad de Xalapa.

Superficie (ha): 31.

Ecosistema que protege: Bosque mesófilo de montaña en calidad de perturbado.

Importancia: Funciona como regulador de humedad, productor de oxígeno, filtrador de gases y humos, así como área de recreo y descanso. Forma parte de la franja ecológica de la ciudad.

Problemática: Por ser un área de recreación está expuesta a las presiones de personas que a diario transitan en el lugar (Vázquez-Torres et al. 2010).

### **El Tejar Garnica**

Categoría: Zona de Protección Ecológica.

Fecha de decreto: 23 de septiembre de 1986.

Ubicación: Ciudad de Xalapa.

Superficie (ha): 133.

Ecosistema que protege: Bosque mesófilo de montaña en calidad de perturbado.

Importancia: Ayuda en la regulación del microclima de la ciudad de Xalapa.

Problemática: Sólo quedan remanentes del bosque mesófilo de montaña que existía anteriormente. Está sometido a un fuerte impacto de las personas (Vázquez-Torrez et al. 2010).

### **Francisco Javier Clavijero**

Categoría: Parque Ecológico.

Fecha de decreto: 27 de diciembre de 1975.

Ubicación: Carretera antigua a Coatepec, municipio de Xalapa.

Superficie (ha): 76.

Ecosistema que protege: Bosque mesófilo de montaña, vegetación riparia y pastizal.

Importancia: Se promueve el desarrollo científico y tecnológico, además de ser un espacio de recreación.

Problemática: Las personas locales desconoce que es un ANP (Vázquez-Torres et al. 2010).

### **Cerro de las Culebras**

Categoría: Reserva Ecológica.

Fecha de decreto: 5 de mayo de 1992.

Ubicación: Ciudad de Coatepec.

Superficie (ha): 40.

Ecosistema que protege: Bosque mesófilo de montaña y cafetal con sombra.

Importancia: Sirve como refugio de especies de flora y fauna. Ayuda a la regulación del clima local. Mantiene especies representativas de los bosques de la región.

Problemática: La reserva está sujeta a diversas presiones, incluyendo la urbanización de sus faldas y uso recreativo no controlado. La vegetación original está sumamente perturbada (Vázquez-Torres et al. 2010).

### **La Martinica**

Categoría: Reserva Ecológica

Fecha de decreto: 16 de Junio del 2010

Ubicación: Municipio de Banderilla y Rafael Lucio.

Superficie (ha): 52.3.

Ecosistema que protege: Bosque mesófilo de montaña.

Importancia: Mantiene y conserva especies de flora y fauna representativas del bosque de la región. Ayuda a la regulación del clima local y es captador y distribuidor de agua de los manantiales que presenta. Así mismo la belleza escénica del lugar atrapa y cautiva al visitante, debido a las veredas llenas de flora siempre verde del bosque mesófilo, las

orquídeas y bromelias que se pueden observar a simple vista y el constante trinar de las aves residentes o migratorias.

Problemática: La Martinica es una reserva que se encuentra bajo fuerte presión urbanística, principalmente por Banderilla y Xalapa, las cuales han tenido un crecimiento acelerado en los últimos 10 años. En los terrenos colindantes a la reserva se practica la ganadería de manera extensiva generando un deterioro de los recursos naturales (Rodríguez-Luna et al. 2011).

### 5.2.5 Reforestación

Las especies de estados sucesionales avanzados, como *M. schiedeana*, necesitan un bosque mesófilo de montaña mayormente conservado para su establecimiento, debido a su tolerancia a la sombra y sus requerimientos altos de humedad. Con las 2,000 plántulas esperadas por cada 100 polifolícolos, se recomienda reforestar un mínimo de 300 plántulas por sitio en aproximadamente 1,000 m<sup>2</sup>.

En los sitios 1, 2 y 5, se deben buscar zonas estratégicas con las siguientes especificaciones: zonas bajo el dosel, lejos de la actividad humana o caminos, áreas sin malezas o con un aclareo recurrente. En las zonas 3, 4 y 6, se recomienda enfocar la reforestación a las laderas de los arroyos y manantiales presentes, debido a que *M. schiedeana* tiene un mayor crecimiento y productividad de polifolícolos en dichas áreas.

Las plántulas deben sembrarse con dos m<sup>2</sup> de distancia siguiendo un sistema triangular o tres bolillo (Ramírez-Marcial et al. 2012), para evitar la competencia entre ellas al inicio de su crecimiento. Así mismo es necesario llevar un seguimiento de su crecimiento, desarrollo y mantener las plantaciones limpias de malezas.

### 5.2.6 Bioprospección

Está demostrado que los proyectos de bioprospección pueden enfocarse en la conservación de las especies, y el uso de los recursos naturales (Kursar et al. 2006, Souza et al. 2008).

Diversas especies de *Magnolia* presentan infinidad de compuestos químicos o metabolitos secundarios, donde los más apreciados son los alcaloides, flavonoides, terpenoides, ligananos y neolignanos (Sarker et al. 2002). Estos metabolitos secundarios son aplicados en la industria farmacéutica, biotecnológica, alimenticia, de biorremediación, y agronómica, entre otros (Verpoorte et al. 2002, Melgarejo 2003).

Por lo anterior es necesario el estudio de dichos compuestos en las magnolias mexicanas enfocado a su conservación con un manejo sustentable. En el capítulo IV se demostró que *M. schiedeana* tiene potencial para producir un insecticida botánico, por ello sería conveniente aislar el compuesto químico y seguir con estudios sobre su aplicación en insectos plaga.

En las 6 áreas propuestas para reintroducir a *M. schiedeana* propongo destinar un zona exclusiva para la extracción de estructuras vegetativas para estudios bioquímicos, donde la extracción de las estructuras vegetativas debe realizarse de acuerdo al capítulo II, sin afectar la dinámica de las poblaciones de *M. schiedeana*. En las áreas donde se encuentran poblaciones de *M. schiedeana* como La Martinica, se deben destinar zonas o individuos exclusivos para la colecta de las estructuras vegetativas. Donde *M. schiedeana* no se encuentra actualmente y la reintroducción se efectuará desde plántulas, es necesario esperar aproximadamente 5 años hasta obtener floración y fructificación.

### 5.2.7 Especie emblemática

Los resultados obtenidos en esta investigación, nos encaminan a considerar a *M. schiedeana* como una especie emblemática de los BMM de la región central del estado de Veracruz, México.

Una especie emblemática o bandera, se distingue por su valor biológico, ecológico, cultural o antrópico, además que despierta el interés de la opinión pública tanto como el papel que desempeña en los ecosistemas, resultando apropiada para dar a conocer los problemas de conservación por medio de campañas de concientización hacia los recursos naturales. Estas especies se utilizan para definir distintos atributos espaciales y de composición que deben estar presentes en el ecosistema, así como sus requerimientos adecuados de manejo (Lambeck 1997).

## 5.3 CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos del presente estudio se puede concluir que:

Las poblaciones estudiadas de *M. schiedeana* (La Martinica y Volcán de Acatlán), presentan una tasa de crecimiento mayor a uno, indicando que se encuentran en crecimiento y que el disturbio, tala de árboles, aún no está afectando la dinámica de las poblaciones.

Los individuos en etapas juveniles (plántulas y los individuos juveniles de <5cm de dn) son los que más contribuyen al mantenimiento de ambas poblaciones (con vs sin disturbio).

En programas de reintroducción o reforestación de *M. schiedeana*, es necesario introducirla en tamaño de plántulas bajo el dosel del bosque para una mayor supervivencia.

La distribución potencial de las poblaciones de *M. schiedeana* se contraerá y disminuirá de acuerdo a los escenarios del cambio climático en latitud y altitud.

Las áreas naturales protegidas donde la distribución potencial de *M. schiedeana* permanece a lo largo del tiempo son las siguientes:

Nivel Federal

- Reserva de la Biosfera Sierra Gorda
- Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán
- Parque Nacional Los Marmoles
- Parque Nacional El Chico
- Área Natural Protegida Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

Nivel Estatal

- Reserva Ecológica La Martinica
- Reserva Ecológica Pacho Nuevo
- Reserva Ecológica Cerro de las Culebras
- Área de Conservación Ecológica Cerro de la Galaxia
- Área Verde Reservada para la Recreación y Educación Ecológica Predio Barragán
- Zona de Protección Ecológica El Tejar Garnica
- Zona de Protección Ecológica Molino de San Roque
- Parque Ecológico Cerro de Macuiltépetl
- Parque Ecológico Francisco Javier Clavijero

La evaluación de las estructuras vegetativas de *M. schiedeana* demuestra que las semillas, específicamente la sarcotesta, contienen compuestos químicos con propiedades

insecticidas. Por ello es conveniente aislar y evaluar los compuestos químicos de la sarcotesta.

#### 5.4 LITERATURA CITADA

- Bubb, P., I. May, L. Miles, and J. Sayer. 2004. Cloud Forest Agenda. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Flores-Estévez, N., S.G. Vásquez-Morales, T. Cano-Medina, L.R. Sánchez-Velásquez, J.C. Noa-Carrazana, and F. Díaz-Fleischer. 2013. Insecticidal activity of raw extracts from *Magnolia dealbata* Zucc on a tephritidae pest. Journal of Environmental Science and Health PartB 48: 585-589.
- Foster, P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. Earth-Science Reviews 55: 73-106.
- González-Espinosa, M., J.A. Meave, F.G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, and A.C. Newton. 2011. The red list of Mexican Cloud Forest Trees. Fauna & Flora International. Botanic Gardens Conservation International. The Global Trees Campaign. The IUCN/SSC Global Tree Specialist Group.
- Iverson, R.L., and A.M. Prasad. 1998. Predicting abundance of 80 tree species following climate change in the Eastern United States. Ecological Monographs 68: 465-485.
- Jiménez-Ramírez, J., K. Vega-Flores, R. Cruz-Duran, and A.J. Vázquez-García. 2007. *Magnolia guerrerensis* (Magnoliaceae), una especie nueva del bosque mesófilo de montaña del Estado de Guerrero, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 80: 73-76.

- Kelm, A.M., M.G. Nair, and R.A. Schutzki. 1997. Mosquitocidal compounds from *Magnolia salicifolia*. *Pharmaceutical Biology* 35: 84-90.
- Kursar, A.T., C.C. Caballero-George, L.T. Capson, L. Cubilla-Rios, W.H. Gerwick, M.P. Gupta, A. Ibañez, R.G. Linington, K.L. McPhail, E. Ortega-Barria E., L.I. Romero, P.N. Solis, and D.P. Coley. 2006. Securing Economic Benefits and Promoting Conservation through Cioprospecting. *BioScience* 56: 1005-1012.
- Lambeck, R.J. 1997. Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology* 11: 849-856.
- Malcolm, J.R., C. Liu, R.P. Neilson, L. Hansen, and L. Hannah. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20: 538-548.
- McKenney, W.D., J.H. Pedlar, K. Lawrence, K. Campbell, and M.F. Hutchinson. 2007. Potential impacts of climate change on the distribution of the North American Trees. *BioScience* 57: 939-948.
- Melgarejo, M.L. 2003. Bioprospección: Plan nacional y aproximación al estado actual en Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 8: 73-86.
- Miyazawa, M., Y. Ishikawa, H. Kasahara, J. Yamanaka, and H. Kameoka. 1994. An insect growth inhibitory lignan from flower buds of *Magnolia fargesii*. *Phytochemistry* 35: 611-613.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2006. Los objetivos del desarrollo del milenio en México: Informe de avance 2005. Resumen ejecutivo. Sistema de las naciones unidas de México. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *Revista Aportes* 11: 215-252.

- Ponce-Reyes, R., H.V. Reynoso-Rosales, E.J.M. Watson, J. VanDerWal, A.R. Fuller, L.R. Pressey, and P.H. Possingham. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change* 2: 448-452.
- Ramírez-Marcial, N., A. Luna-Gómez, H.E. Castañeda-Ocaña, M. Martínez-Icó, S.C. Holz, A. Camacho-Cruz, y M. González-Espinosa. 2012. Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques. El Colegio de la Frontera Sur, Red de Espacios de Innovación Socioambiental, Cuenca Grijalva. Chiapas, Mexico.
- Rodríguez-Luna, E., A. Gómez-Pompa, J.C. López-Acosta, N. Velázquez-Rosas, Y. Aguilar-Domínguez, y M. Vázquez-Torres. 2011. Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz. Secretaría de Educación del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana.
- Rojas-Soto, O.R., V. Sosa, and F.J. Ornelas. 2012. Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation* 21: 2671-2690.
- Sánchez-Velásquez, L.R., and M.R. Pineda-López. 2010. Comparative demographic analysis in contrasting environments of *Magnolia dealbata*: an endangered species from Mexico. *Population Ecology* 52: 203-210.
- Sarker, S.D., Z. Latif, M. Stewart, and L. Nahar. 2002. Phytochemistry of the genus *Magnolia*. Pages 21-74 in Satyajit D.S., and M. Yuji (editors). *Magnolia. The Genus Magnolia*. Taylor and Francis. New York.

- Souza, P.A., M.R. Marques, T.S. Mahmoud, B.A. Caputo, G.M. Canhete, C.B. Leite, and D.P. De Lima. 2008. Bioprospecting insecticidal compounds from plants native to Mata Grosso do Sul Brazil. *Acta Botanica Brasileña* 22: 1136-1140.
- Vázquez-Torres, M.S., C.I. Carvajal-Hernández, y A.M. Aquino-Zapata. 2010. Áreas Naturales Protegidas. Paginas 249-274 *in* Florescano E., y J. Ortiz-Escamilla (Coordinadores). *Atlas del Patrimonio Natural, Historico y Cultural de Veracruz. Tomo I Patrimonio Natural*. Gobierno del Estado de Veracruz. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia de la Nacional y la Revolución Mexicana. Universidad Veracruzana. Mexico.
- Verpoorte, R., A. Contin, and J. Memelink. 2002. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochemistry Reviews* 1: 13-25.
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementary. Disturbance and fragmentation in a mexican tropical could forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 1825-1843.
- Williams-Linera, G., H.R. Manson, y E.V. Insunza. 2002. Fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8: 73-89.