



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**FENOLOGÍA, GERMINACIÓN
Y ESTABLECIMIENTO DE
Platanus mexicana Moric. y *Trichilia
havanensis* Jacq.
DOS ESPECIES DEL BOSQUE
MESÓFILO DE MONTAÑA DEL
CENTRO DE VERACRUZ**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

PRESENTA

CARLOTA DE LEÓN AGUIRRE

DIRECTORA DE LA TESIS:

DRA. PATRICIA MORENO-CASASOLA BARCELÓ

MÉXICO D. F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I. AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer desde mi corazón, a quien hizo posible que este logro en mi vida se hiciera realidad, a la Dra. Margarita Collazo Ortega. Por el entusiasmo, apoyo y amistad prodigados a lo largo de todo este tiempo. Gracias Mague.

Con un especial sentimiento de amistad y gratitud a la Dra. Patricia Moreno-Casasola Barceló, quien aceptó Dirigir esta tesis. Reconozco la paciencia y tiempo prodigados durante su realización. Gracias Paty.

A la Dra. Alma Delfina Lucóa Orozco-Segovia, por sus atinadas observaciones al documento, pero también por su amistad y consejos que me permitieron darme cuenta que crecer, duele.

Expreso mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas del Instituto de Ecología A. C., de la ciudad de Xalapa, Veracruz:

En especial al Dr. Sergio Guevara Sada quien fue Director, durante el período de estudios, por el apoyo brindado para lograr esta superación.

Al Departamento de Ecología Vegetal al Dr. Victor Rico-Gray y Dra. María Luisa Martínez, por el apoyo brindado para realizar el trabajo en las cámaras de germinación. Al Técnico Académico, Biol. Javier Tolome Romero por el apoyo brindado para el manejo del medidor de área foliar.

Al Herbario del Instituto de Ecología A. C., donde se me permitió hacer la revisión de los ejemplares colectados

Al Departamento de de Ecología Funcional en especial a la Dra Margarita Soto E. y M. en C. Magda Gómez Columna, por haberme permitido el uso del sistema computarizado "Bioclimas" para la elaboración de los mapas de distribución potencial.

Al Jardín Botánico Fco. Javier Clavijero en donde se implementó parte de los estudios de campo, en los invernaderos y área de investigación.

A los sinodales del Jurado, que sus valiosas y oportunas aportaciones, sirvieron para enriquecer este trabajo.

Dra. Alma Delfina Lucóa Orozco-Segovia.

Dra. Margarita Collazo Ortega.

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa.

Dr. Jorge Alejandro López-Portillo Guzmán.

Dr. Mario Enrique Fabila Castillo.

Dr. Santiago Mario Vázquez Torres.

Gracias por la disponibilidad de su valioso tiempo para la revisión y sugerencias.

II. DEDICATORIA

Al Dr. Emilio Gidi Villareal

Por el apoyo brindado para la realización de esta meta, con admiración y respeto.

A mis más hermosos sueños: César, Carlos, Rafael y Rodrigo Arias de León, mis hijos, por el amor, apoyo y comprensión que siempre me han dado.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. ANTECEDENTES.....	4
3.1 Fenología.....	4
3.1.1 <i>Foliación y defoliación</i>	5
3.1.2 Floración.....	6
3.1.3 Fructificación.....	8
3.1.4 Estudios fenológicos en bosque mesófilo.....	8
3.2 Semilla.....	10
3.3 Germinación.....	16
3.4 Establecimiento.....	33
3.5 Bosque mesófilo de montaña.....	38
4. LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	43
4.1 <i>Platanus mexicana</i> Moric.....	43
4.2 <i>Trichilia havanensis</i> Jack.....	45
5. OBJETIVOS.....	50
6. PREGUNTAS E HIPÓTESIS.....	51
7. ÁREA DE ESTUDIO.....	54
8. METODOLOGÍA GENERAL.....	57
9. FENOLOGÍA.....	58
9.1 Metodología.....	58
9.1.1 Revisión bibliográfica.....	58
9.1.2 Trabajo de campo.....	58
9.1.2.1 Fenología.....	58
9.1.3 Determinación de parámetros climáticos.....	60
9.1.4 Análisis estadístico.....	60
9.2 Resultados.....	62
9.2. 1 Parámetros climáticos.....	62
9.2.2 Fenología de <i>Platanus mexicana</i> Moric.....	63
9.2.3 Fenología de <i>Trichilia havanensis</i> Jack.....	70
9.3 Discusión.....	75
9.4 Conclusiones.....	80
10. GERMINACIÓN.....	81
10.1 Metodología.....	81
10.1.1 Pruebas de invernadero.....	81
10.1.2 Pruebas de laboratorio.....	83
10.1.3 Análisis estadísticos.....	84
10.2 Resultados.....	85
10.2.1 Germinación de <i>Platanus mexicana</i> Moric.....	85
10.2.1 Germinación de <i>Trichilia havanensis</i> Jack.....	93
10.3 Discusión.....	101
10.4 Conclusiones.....	106
11. ESTABLECIMIENTO EN CAMPO.....	107
11.1 Metodología.....	107

11.2 Resultados.....	112
11.2.1 Establecimiento de <i>Platanus mexicana</i> Moric.....	112
11.1.2 Establecimiento de <i>Trichilia havanensis</i> Jack.....	118
11.3 Discusión.....	123
11.4 Conclusiones.....	129
12. ÁREA POTENCIAL.....	130
12.1 Metodología.....	130
12.2 Resultados.....	131
12.2.1 Área potencial de <i>Platanus mexicana</i> Moric.....	131
12.2.1 Área potencial de <i>Trichilia havanensis</i> Jack.....	136
12.3 Discusión.....	140
12.4 Conclusiones.....	143
13. PROPUESTA DE PROPAGACIÓN Y SIEMBRA.....	144
14. BIBLIOGRAFÍA.....	149
15. ANEXOS.....	168
15.1 Anexo 1. Fenología de cada individuo durante dos años de observaciones.....	169
15.2 Anexo 2. Gráficos de correlación de las diferentes fenofases, con los factores ambientales.....	173
15.3 Anexo 3. Datos de lotes de germinación y su transformación arcoseno.....	181
15.4 Anexo 4. Promedios y desviación estándar de germinación.....	184
15.5 Anexo 5. Comparación de medias de Tuckey de germinación.....	185
15.6 Anexo 6. Tendencias de crecimiento de las especies estudiadas.....	188
15.7 Comparación de medias de Tuckey de tendencias de crecimiento a la cosecha del establecimiento.....	190
15.8 Anexo 8 Comparación de medias de Tuckey del peso seco de las plantas, a la cosecha de la etapa de establecimiento.....	192
15.9 Anexo 9 Tabla de ANOVA de asignación de biomasa a las partes aéreas y subterráneas.....	194
15.10 Anexo 10 Tabla de comparación de medias de Tuckey en la asignación de biomasa a las partes aéreas y subterráneas.....	196
15.11 Anexo 11 Coordenadas de los sitios de colecta de las especies en estudio.....	198

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala porcentual de estructuras fenológicas.....	59
Tabla 2. Valores de altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) de cada árbol.....	64
Tabla 3. Valores obtenidos en el análisis de correlación de Spearman (R) de la fenología de <i>P. mexicana</i> , con los factores ambientales.....	69
Tabla 4. Valores de altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) de cada árbol.....	70
Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis de correlación de Spearman (R) de la fenología de <i>T. havanensis</i> con los factores ambientales.....	74
Tabla 6. Sitios, tratamientos, repeticiones, condiciones y total de plantas de cada especie.....	109
Tabla 7. Actividades realizadas durante la etapa de establecimiento.....	110
Tabla 8. Media y desviación estándar del tamaño de la planta, grosor de tallo y número de hojas de <i>P. mexicana</i> , en dos sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas. En la prueba de establecimiento el sitio bosque se eliminó porque presentó el 94.66% de mortalidad de plantas.....	114
Tabla 9. Media y desviación estándar del peso seco del tallo, hojas, raíz y área foliar de <i>P. mexicana</i> , en dos sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas. En la prueba de establecimiento el sitio bosque se eliminó porque presentó el 94.66% de mortalidad de plantas.....	116
Tabla 10. Peso seco de las partes aéreas, las partes subterráneas y proporción raíz-vástago de <i>P. mexicana</i> , en dos sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas. En la prueba de establecimiento el sitio bosque se eliminó porque presentó el 94.66% de mortalidad de plantas.....	117
Tabla 11. Media y desviación estándar del tamaño de la planta, grosor de tallo y número de hojas de <i>T. havanensis</i> , en dos sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas.....	119
Tabla 12. Media y desviación estándar del peso seco del tallo, hojas, raíz y área foliar de <i>T. havanensis</i> , en tres sitios, con tres tratamientos aplicados, a las 62 semanas.....	121
Tabla 13. Peso seco de las partes aéreas, las partes subterráneas y proporción raíz-vástago de <i>T. havanensis</i> , en tres sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas.....	122
Tabla 14. Perfil climático con base en los sitios de colecta de <i>P. mexicana</i> , obtenido del sistema computarizado Bioclimas (Soto <i>et al.</i> , 1984).....	133
Tabla 14. Perfil climático con base en los sitios de colecta de <i>T. havanensis</i> , obtenido del sistema computarizado Bioclimas (Soto <i>et al.</i> , 1984).....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Platanus mexicana</i> Monc. a) corteza del árbol; b) polimorfismo foliar; c) rama con inflorescencia femenina; d) fruto; e) y f) semillas. Tomado de Nee (1981).....	44
Figura 2. <i>Trichilia havanensis</i> Jacq. a) rama con inflorescencias masculinas; b) flor masculina; c) flor femenina; d) infrutescencias. Pennington y Sarukhán (1968).....	47
Figura 3. Localización geográfica del área de estudio, en el municipio de Xalapa, Veracruz.....	55
Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología aplicada en este trabajo.....	57
Figura 5. Diagrama ombroténnico para la estación de Xalapa, durante los años 1994 y 1995, Se presentan los promedios mensuales de precipitación y temperatura. P=precipitación; T=temperatura.....	62
Figura 6. Promedio de la velocidad media (V med), y la velocidad máxima (V max) del viento, durante el período de estudio.....	63
Figura 7. Fenología (media de diez individuos) de hojas, flores, frutos y semillas de <i>P. mexicana</i> , y la temperatura media anual en dos años de observaciones. (H = hojas; Fl = floración; Fr = fructificación; S = semillas; T = promedio de temperatura.....	65
Figura 8. Fenología (media de diez individuos) de hojas, flores, frutos y semillas de <i>P. mexicana</i> , y la temperatura media anual en dos años de observaciones. (H = hojas; Fl = floración; Fr = fructificación; S = semillas; P = precipitación.....	66
Figura 9. Fenología (media de diez individuos) de hojas, flores, frutos y semillas de <i>T. havanensis</i> , y la temperatura media anual en dos años de observaciones. (H = hojas; Fl = floración; Fr = fructificación; S = semillas; T = promedio de temperatura.....	71
Figura 10. Fenología (media de diez individuos) de hojas, flores, frutos y semillas de <i>T. havanensis</i> , y la temperatura media anual en dos años de observaciones. (H = hojas; Fl = floración; Fr = fructificación; S = semillas; P = precipitación.....	71
Figura 11. Semilla (A), embrión (B), semilla germinada (C) de <i>Platanus mexicana</i> Moric.....	85
Figura 12. Porcentaje acumulado de germinación para <i>P. mexicana</i> , media y DS de semillas recién colectadas y semillas de seis meses de colectadas.....	86
Figura 13. Porcentaje acumulado de germinación de <i>P. mexicana</i> , en tres profundidades, con semillas recién colectadas.....	87
Figura 14. Porcentaje acumulado de germinación de <i>P. mexicana</i> en diferentes sustratos con semillas recién colectadas.....	88
Figura 15. Porcentaje acumulado de germinación de <i>P. mexicana</i> en dos condiciones: oscuridad y fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad, \pm 1 hora, con semillas recién colectadas.....	89
Figura 16. Promedio de germinación de <i>P. mexicana</i> , en dos condiciones de humedad (alta y baja) con semillas recién colectadas.....	90
Figura 17. Porcentaje de germinación de <i>P. mexicana</i> bajo diferentes temperaturas constantes, con semillas recién colectadas.....	91
Figura 18. Porcentaje acumulado de germinación de <i>P. mexicana</i> bajo diferentes termoperíodos, semillas recién colectadas.....	92
Figura 19. Embrión vista frontal (A), embrión vista lateral (B), germinación de <i>Trichilia havanensis</i> Jack.....	93
Figura 20. Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> , media y DS, con semillas recién colectadas y semillas de seis meses.....	94
Figura 21. Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> bajo tres profundidades con	

semillas recién colectadas.....	95
Figura 22 Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> bajo diferentes sustratos con semillas recién colectadas.....	96
Figura 23. Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> en diferentes condiciones de luz: oscuridad y testigo con un período de luz y oscuridad de doce horas \pm 1 hora, con semillas recién colectadas.....	97
Figura 24. Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> en dos condiciones de humedad (alta y baja) con semillas recién colectadas.....	98
Figura 25. Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> bajo diferentes temperaturas constantes con semillas recién colectadas.....	99
Figura 26. Porcentaje acumulado de germinación de <i>T. havanensis</i> bajo diferentes termoperíodos, con semillas recién colectadas.....	100
Figura 27. Diagrama de los diferentes grados de cobertura del dosel de los sitios de establecimiento.....	108
Figura 28. Localidades del estado de Veracruz donde se ha colectado <i>P. mexicana</i> Moric. Cada símbolo representa el número de veces que se ha colectado.....	132
Figura 29. Distribución potencial de <i>Platanus mexicana</i>	135
Figura 30. Localidades del estado de Veracruz donde se ha colectado <i>T. havanensis</i> Jacq. Cada símbolo representa el número de veces que se ha colectado	137
Figura 31. Distribución potencial de <i>T. havanensis</i>	139

RESUMEN:

Se presenta el estudio fenológico de *Platanus mexicana* y *Trichilia havanensis*, dos especies del bosque mesófilo de montaña (BMM) del centro de Veracruz. El período de observaciones fue de dos años y los eventos fenológicos estuvieron asociados tanto a las características propias de cada especie, como a las variaciones climáticas. Los árboles de *P. mexicana* florecieron cada año y la caída de las hojas coincidió con la disminución en la cantidad de precipitación. En la mayoría de los individuos de *T. havanensis* la floración y fructificación sucedió una vez en dos años y se observó la persistencia de las hojas maduras. En ambas especies la floración coincidió con el incremento en la temperatura y la fructificación a la intensidad de lluvias. En las pruebas de germinación en *P. mexicana* se obtuvo una germinación acumulada de 67%, a los seis meses disminuyó a 1.25%. La germinación disminuyó con la profundidad de enterramiento hasta un 4% y se registró baja en los diferentes sustratos. La humedad baja la disminuyó hasta 9%, la oscuridad la inhibió y el incremento en las temperaturas constantes, la aumentó. La germinación aumentó con una fluctuación media en los termoperíodos. En *T. havanensis* se obtuvo un porcentaje acumulado de germinación de 76%, que a los seis meses fue de 40%. La profundidad de enterramiento no disminuyó la germinación. En la prueba de los sustratos en la mezcla orgánica se registró el porcentaje mayor de germinación (46.66%). La humedad baja disminuyó el porcentaje de germinación hasta un 33%, la ausencia de luz la disminuyó hasta un 29%, el incremento en las temperaturas constantes la aumentó. En la prueba de establecimiento se utilizaron tres sitios con diferente cobertura (bosque, borde, sol) y se aplicaron tres tratamientos: 1) nutrientes; 2) agua; y 3) testigo -no se aplicó nada. Para *P. mexicana* se registró una mortalidad de 94.66% en el bosque; en el borde y sol todas las plántulas sobrevivieron. Las plántulas aumentaron en mayor cantidad su tamaño, grosor de tallo y cantidad de hojas, área foliar, peso seco del tallo, hojas y raíces en el borde con nutrientes. La proporción raíz/vástago se registró menor de uno en todos los tratamientos. Para *T. havanensis* todas las plántulas sobrevivieron en los tres sitios; en el borde con nutrientes se obtuvieron los mayores promedios de tamaño de la planta, grosor de tallo, hojas, área foliar, peso seco de tallo, hojas y raíz. La proporción raíz/vástago fue menor de uno en el bosque y en el borde y sol fueron mayores que uno. Con base en las coordenadas de los sitios de colecta de ambas especies se caracterizaron los parámetros climáticos que favorecen su establecimiento potencial en el Estado.

I INTRODUCCIÓN

Harper (1977) propone un modelo que describe los principales eventos del ciclo de vida de la mayoría de las plantas leñosas. Los eventos incluidos en este modelo van desde el desarrollo de una semilla hasta la producción de nuevas semillas. El ciclo inicia con la dispersión de las semillas, las cuales, dependiendo de las condiciones físicas, pueden permanecer latentes o quiescentes formando un banco de semillas. Las condiciones ambientales influyen en todo el desarrollo de la planta, desde el establecimiento como planta hasta alcanzar la madurez sexual. Esta serie de procesos comprende producción de flores, frutos y semillas que son dispersadas y el ciclo vuelve a comenzar.

Un propósito de este trabajo fue determinar algunos de los aspectos del ciclo de vida de las especies arbóreas *Platanus mexicana* Moric. y *Trichilia havanensis* Jacq. Entre los aspectos estudiados está la fenología, que permite conocer el comportamiento en el tiempo de las fases de defoliación, floración y fructificación, así como la determinación del período de producción de semillas. También busca determinar algunas condiciones que requieren las especies estudiadas para su germinación y algunos requerimientos en campo para su establecimiento.

Otro propósito fue conocer las condiciones ambientales favorables para el establecimiento de las especies estudiadas y así poder determinar el área potencial para su reintroducción y el diseño de una propuesta de reforestación.

2. JUSTIFICACIÓN

La diversidad de plantas en México es una de las mayores del mundo. De acuerdo con Rzedowski (1993), México tiene aproximadamente 220 familias, 2,400 géneros y 22,000 especies de plantas vasculares. De esta cantidad, una parte son árboles que crecen en todas las condiciones ambientales. En general se tiene poca información acerca del potencial de estos árboles para usarlos en programas de reforestación.

Veracruz es uno de los estados con mayor biodiversidad en México. Ocupa los primeros lugares del país junto con Chiapas y Oaxaca, debido a que presenta 27 tipos diferentes, se considera uno de los estados más diversos en tipos de vegetación. En este estado, el bosque mesófilo de montaña (BMM) cubre una superficie de aproximadamente 190,203 has, es decir, el 7% de su superficie total (Rzedowski y Equihua, 1987; Challenger, 1998; Benítez *et al.*, 2004).

Veracruz también ocupa el primer lugar en degradación ecológica, siendo el BMM uno de los ecosistemas más afectados. Actualmente sólo quedan 62,247 has de vegetación primaria de BMM, lo cual equivale a 0.9% de la superficie estatal (Challenger, 2004). Por otra parte, la SARH (1994) reporta que en Veracruz el BMM ocupa una superficie de 12,325 has.

El BMM se considera un ecosistema frágil de climas templados, que juega un papel hidrológico y ecológico importante. Este ecosistema podría desaparecer por estar sujeto a una fuerte perturbación (Stadtmuller, 1978; Ewel, 1980; citados por Williams-Linera, 1993). Muchas áreas con BMM han estado densamente habitadas y sometidas a una intensa explotación desde hace muchos siglos. El bosque proporciona servicios ambientales importantes, como la regulación del clima, el mantenimiento de la composición atmosférica mediante el consumo del carbono y la producción de oxígeno, la regulación del ciclo hidrológico, la contención de la erosión (Daily, 1997; citado por Benítez *et al.*, 2004). También influye en la conservación de la biodiversidad, del acervo genético, de las condiciones físicas del suelo, de la fertilidad del suelo y de la calidad del agua. Asimismo la formación y recuperación de suelos, la filtración de contaminantes del aire, suelo y agua, el mantenimiento de ciclos minerales, de gases y del agua, la amortiguación de eventos hidrometeorológicos, la protección de riberas, el aporte de hábitats para especies silvestres de valor comercial, belleza paisajística y áreas para ecoturismo, son otros de los servicios que proporciona.

Los procesos que han motivado la acelerada desaparición de la cubierta vegetal y de la biodiversidad del BMM han sido la ganadería extensiva, la agricultura comercial y de subsistencia, el cultivo del café, la industria azucarera, la producción forestal, las industrias petroquímicas y del petróleo, la caza y el comercio de las especies en peligro, la expansión de la mancha urbana (Challenger, 1998; Challenger, 2004) y la tala clandestina (Ortega y Castillo, 1996). Esto pone en riesgo los servicios ambientales que proporciona el bosque.

La pérdida de biodiversidad obliga a pensar y a actuar no sólo en la conservación de los recursos naturales que aún existen, sino también a emprender investigaciones de cómo revertir aunque sea parcialmente el daño ocasionado en grandes superficies. En la mayoría de los casos no es posible restaurar un ambiente similar al original, ya que la existencia de un suelo fértil, un régimen hídrico regular y una biota diversa, son el resultado de milenios de interacción entre los seres vivos de una zona y su medio físico (Vázquez-Yanes y Batis, 1996). La recuperación del bosque requiere de planes de manejo que incluyan el desarrollo de estudios sobre la ecofisiología de la germinación. El conocimiento de la biología de las semillas es esencial para entender los procesos de establecimiento, sucesión y regulación de la comunidad de plantas. Por lo tanto, es una herramienta básica para detener el proceso de deterioro del suelo por medio del establecimiento de plantas.

En nuestro país se conoce poco acerca de las técnicas de propagación de árboles nativos para la formación de viveros (Vázquez-Yanes y Cervantes, 1993). A pesar de la riqueza vegetal de México, desde hace muchos años se ha preferido utilizar especies de árboles exóticos en campañas de reforestación, recuperación de suelos y control de la erosión. Esta tradición debe ser revertida a través de la investigación sobre las potencialidades, técnicas de propagación sexual y vegetativa, y técnicas de mejoramiento y selección de árboles nativos. Asimismo, se debe trabajar en estrategias para la creación de viveros de estas especies y su posterior plantación en regiones potenciales para su establecimiento.

Se requiere investigación que describa las técnicas de germinación y crecimiento en vivero, de propagación sexual y vegetativa, de mejoramiento y selección, y de establecimiento de plantas nativas. También se requieren estrategias de creación de viveros y planeación de su distribución en las zonas donde se pretenda reforestar. Los programas de reforestación y restauración, tanto gubernamentales como particulares, deben utilizar especies nativas (Benítez *et al.*, 2004). De acuerdo con Vázquez-Yanes y Batis (1996), las

características que deben tener las plantas valiosas para restaurar la calidad de los suelos degradados son:

1. Fácil propagación.
2. Resistencia a condiciones limitantes como baja fertilidad, sequía y suelos compactados.
3. Tasas rápidas de crecimiento y de producción de materia orgánica (p. ej. hojarasca).
4. Alguna utilidad adicional a su efecto restaurador (p. ej. producción de leña, madera y/o semillas comestibles).
5. Nula tendencia de propagarse en forma incontrolable como maleza invasora.
6. Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno.
7. Clara tendencia a favorecer el establecimiento de las poblaciones de flora y fauna nativas proporcionándoles un hábitat y alimento.

Las especies que se seleccionaron para este estudio cumplen con la mayoría de las condiciones que se han indicado para considerar su propagación y reintroducción.

3. ANTECEDENTES

3.1 Fenología

Ratchcke y Lacey (1985) definen a la fenología como el estudio del ritmo estacional de los eventos del ciclo de vida en las plantas. Estos eventos se expresan externamente con la aparición de hojas y de los procesos de floración, fructificación y dispersión de frutos y semillas.

El ritmo estacional de este tipo de eventos puede ser crítico para la sobrevivencia y reproducción de las plantas. Las diferencias pueden deberse a factores bióticos y/o físicos que ocurren temporalmente a lo largo del año (Lieth, 1970). Los procesos fenológicos internos pueden activar cambios en la acción de las enzimas, aumentar o disminuir la fotosíntesis, la división y el alargamiento celular, etc.

La regulación fisiológica de los diferentes patrones de reproducción y los sensores que los regulan son pobremente conocidos (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las presiones del ambiente han inducido la selección de los diferentes comportamientos fenológicos; éstos representan adaptaciones de tipo físico y biótico. Los factores físicos pueden limitar la duración de la floración ya sea

afectando directamente la producción de flores, o indirectamente a los polinizadores (Ratchcke y Lacey, 1985). Entre los factores físicos, el fundamental parece ser la estacionalidad en la disposición de los recursos (p. ej. la duración de las estaciones húmeda y seca). La disponibilidad de agua es esencial para la reproducción (floración y fructificación). También la temperatura ambiente influye en la actividad de los polinizadores.

En cuanto a los factores bióticos, la competencia de las plantas por los polinizadores y dispersores es determinante en la periodicidad de la floración y la fructificación. Las especies de plantas compiten entre ellas para atraer polinizadores de flores y dispersores de semillas. Como resultado de esta competencia, las plantas presentan comportamientos que minimizan la sobreposición fenológica con otras plantas, que dependen del mismo vector animal dentro de una comunidad.

3.1.1 Foliación y defoliación

La foliación o producción de hojas es el proceso que propicia el origen y aparición de la yema foliar, su crecimiento y permanencia. Es el proceso más importante en la dinámica del sistema porque está en función de la productividad del mismo. Ha sido utilizado como índice para estimar la producción primaria neta y constituye el aporte principal del ciclo de nutrientes. La foliación en algunas especies del BMM, está asociado con el incremento de la temperatura (Schirone *et al.*, 1990).

Como es ampliamente sabido, la defoliación o caída de las hojas es el resultado de senescencia y de la formación de una zona de abscisión. Factores como el fotoperíodo, el estrés hídrico y la carencia de nutrientes, entre otros, pueden incidir para que se desencadene el proceso.

La producción de hojarasca incluye las partes vegetales, que comprenden las flores, los frutos, las hojas y las ramas que caen al suelo. Éstas provienen de las especies componentes de la vegetación (Álvarez y Guevara-Sada, 1985; Bracho y Puig, 1987).

Durante la sucesión en comunidades terrestres, el incremento en la masa no fotosintética es significativo, por lo que la caída de hojarasca no es un reflejo de la productividad. Pero a medida que la sucesión avanza, la comunidad llega a un estado de equilibrio o estabilidad. En este estado el proceso se invierte y la caída de hojarasca puede llegar a representar hasta un tercio de la

productividad (Bray y Gorha, 1964; citados por Bracho y Puig, 1987). Esto se basa en el hecho de que la energía captada por las plantas sigue dos vías: una es para formar tejido no fotosintético, que permite un incremento en su biomasa; y la segunda es para formar tejido de renovación, que se pierde por la muerte o senectud.

En la selva tropical, especialmente en la de Los Tuxtlas, Veracruz, el comportamiento de la caída de hojarasca aparentemente está asociado con la disminución en la precipitación y con el aumento progresivo de las temperaturas medias (Fournier y Salas, 1966; Fournier y Charpantier, 1974; Frankie *et al.*, 1974; Hilty, 1980; Carabias-Lillo y Guevara-Sada, 1985).

3.1.2 Floración

La floración incluye la iniciación del brote y su desarrollo, la flor propiamente dicha y su persistencia. Cada especie se identifica por un comportamiento coincidente con la periodicidad de la floración. Este comportamiento permite la identificación de propiedades específicas de cada población de plantas (Fournier, 1969; Stiles, 1975; Borchert, 1980; Castillo y Carabias-Lillo, 1982; Auguspurger, 1983; Carabias-Lillo y Guevara-Sada, 1985; Marquis, 1988; Umaña, 1988; Fleming y Williams, 1990; Milton, 1991).

La floración y la polinización son esenciales para la producción de semillas. Las plantas pasan por tres fases de desarrollo antes de su plena floración (Besnier 1989). Estas fases son: 1) Fase juvenil, durante la que crecen vegetativamente y son insensibles a los estímulos que promueven la floración; 2) Fase de inducción, donde se sintetizan o desdoblan las hormonas y enzimas necesarias para la diferenciación floral y de los puntos vegetativos y éstos se encuentran sensibles a la acción de enzimas y hormonas; y 3) Fase de iniciación y realización, durante la que se diferencian morfológicamente los primordios florales de los meristemas. Esta última fase es gobernada generalmente por el fotoperíodo, cuya intensidad de acción depende casi siempre de la temperatura ambiente (Besnier 1989).

Con gran frecuencia se observan años de alta y baja productividad de flores y frutos en muchas plantas. Durante los años de alta productividad las semillas son numerosas, sanas y presentan viabilidad alta; mientras que en los años de baja productividad, las semillas son escasas, poco desarrolladas y de baja viabilidad. Esta variación está ligada con la calidad de la estación favorable

para la productividad fotosintética y con factores bióticos, como la abundancia de polinizadores o de parásitos de flores y frutos.

Los factores físicos pueden limitar la estación de floración (Ratchcke y Lacey, 1985), afectando la capacidad de la planta para producir flores o afectando a los polinizadores, procesos escasamente estudiados por separado. Por otro lado, el período de floración también puede caracterizarse por tener condiciones favorables para la disponibilidad de polen.

Ratchcke y Lacey (1985) mencionan que la floración entre especies puede ser de dos tipos:

a) La floración sincrónica es la floración agregada de diferentes especies. Una ventaja de la floración sincrónica es que la presencia de una especie incrementa los rangos de visitación, o bien, incrementa la transferencia interespecifica del polen.

b) La floración asincrónica se caracteriza por la divergencia en los tiempos de floración entre especies. La ventaja de la asincronía es que se podría favorecer la producción de semillas, porque la reducción de las visitas puede disminuir la donación de polen.

Frankie *et al.* (1974) clasifican a las plantas tropicales, con base en la periodicidad de su floración, en:

- 1) Plantas de floración continua (p. ej. *Carica papaya*);
- 2) Plantas de floración no estacional que florecen todo el año (aunque hay variaciones de una planta a otra, p. ej. *Ceiba* sp.);
- 3) Plantas de floración estacional que crecen en zonas con períodos de sequía marcados o variación en el fotoperíodo (p. ej. *Erythrina americana*); y
- 4) Plantas de floración gregaria, que se caracterizan por la simultaneidad de la floración de todos los individuos (p. ej. *Coffea arabica*).

La mayoría de las especies de las selvas bajas ubican su floración en la estación seca, por lo que Janzen (1967) discute la posibilidad de que la sincronización de los períodos de floración en esta época de año sea un carácter adaptativo. La lluvia reduce fuertemente la actividad de los polinizadores y puede tener un efecto destructivo sobre las flores.

Las especies del BMM presentan cuatro patrones temporales de floración (Hernández y Carreón, 1987):

- 1) Especies que florecen hacia la segunda mitad de la estación de sequía.
- 2) Especies que comienzan su floración en la estación seca y la extienden hasta iniciadas las lluvias.
- 3) Especies que florecen exclusivamente durante la estación húmeda.

4) Especies que comienzan a florecer en la estación húmeda y siguen produciendo flores hasta el inicio de la época de sequía.

Por otra parte, los árboles del BMM presentan dos estrategias diferentes de floración:

1) Algunas especies producen una gran cantidad de flores relativamente generalizadas, que son visitadas por gran cantidad de insectos durante períodos prolongados;

2) Especies que presentan pequeñas cantidades de flores por individuo, por un período extendido.

En especies caducifolias, los individuos femeninos inician la floración después de los masculinos. Los masculinos producen más flores y por más tiempo, probablemente por el bajo costo de la producción de polen. La demora puede permitir que las flores femeninas tengan tiempo para acumular más recursos. Esto es importante porque los puede usar para el desarrollo de los frutos y semillas, aunque la floración femenina temprana puede producir competencia por la polinización (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

En áreas templadas, los árboles que son polinizados por el viento comúnmente florecen después de la emergencia de las hojas, al principio de la primavera, cuando la polinización se ve o está menos impedida.

3.1.3 Fructificación

La producción de frutos incluye la iniciación, crecimiento, maduración de los frutos, desarrollo de atributos para los dispersores y la dispersión eventual de los frutos a partir de la planta madre. Un fruto maduro desarrolla propiedades características, como color o sabor, que son atractivas para los dispersores.

La sincronía de la fructificación entre especies es debida al incremento en el número de dispersores o al incremento en el movimiento de los frugívoros entre especies. La sincronía de la fructificación facilita la dispersión porque cuando se incrementa la densidad de frutos, hay mayor atracción de dispersores.

El porcentaje de maduración puede ser regulado por el metabolismo de la planta y por las condiciones ambientales. Por ejemplo la baja intensidad de luz podría reducir el porcentaje de frutos en algunas especies (Ratchcke y Lacey, 1985).

En regiones templadas los factores físicos que pueden limitar la maduración de los frutos son aquellos que causan mortalidad significativa de frutos, como las heladas tardías en primavera y las altas temperaturas en verano.

3.1.4 Estudios fenológicos en bosques mesófilos

Entre los principales trabajos que se han realizado sobre fenología de foliación, defoliación, floración y fructificación de especies del BMM, se encuentran los siguientes:

Correa (1981) estudió la caída de hojarasca usando colectores de hojas en zonas de cultivo de café. Este cultivo permanente utiliza algunas especies de BMM como sombra, por ejemplo en el Rancho Guadalupe, camino antiguo a Coatepec. Encontró que el bosque produjo $9.2 \pm 2.5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, de las cuales el 66% lo aportaron las hojas, el 15.45% las ramas y el 12.65% cortezas de árbol y otros materiales no identificados.

Isidro (1984) estudió el comportamiento fenológico de *Quercus germana* en el BMM del "Parque Ecológico Francisco Javier Clavijero", Instituto de Ecología A. C. (Xalapa, Veracruz). Usando colectores de hojarasca encontró que la producción de flores ocurre entre marzo y junio. La producción de flores fluctuó entre 636.50 y 9277.00 g, con diferencias significativas entre clases diamétricas ($r = 0.92$). La fructificación ocurrió entre julio y diciembre. La producción de frutos fluctuó entre 469.4 y 8,502.06 g, con diferencias significativas entre clases diamétricas ($r = 0.95$). No proporciona datos de hojarasca.

Con relación a la caída de hojarasca en especies leñosas de zonas templadas, Bracho y Puig (1987) encontraron tres tendencias principales: 1) Especies que tiran sus hojas en los primeros meses del año (p. ej. *Quercus*); 2) Especies en las que la defoliación se centra en abril y mayo, que son los meses de mayor temperatura (p. ej. *Clethra*, *Podocarpus* y *Magnolia*); y 3) Especies que tiran sus hojas a principios de la época fría (p. ej. *Liquidambar*, *Cersis* y *Acer*).

Albert *et al.* (1993) estudiaron la fenología y estructura floral de *T. havanensis* en La Habana, Cuba. De los diez individuos que observaron solo tres produjeron flores y frutos. La floración coincidió con el aumento de temperatura. La presencia de frutos abiertos fue de septiembre a finales de diciembre. Con respecto a la estructura floral, las flores masculinas de esta especie son de color amarillo y tienen bien desarrollados el verticilo estaminal, el tubo y las anteras. Las flores femeninas son de color rojizo, con anteras

arrugadas y con el tubo estaminal más pequeño que el de las flores masculinas.

Tolome (1993) determinó la fenología del BMM en el “Parque Ecológico Francisco Javier Clavijero”, Instituto de Ecología A. C. (Xalapa, Veracruz) a lo largo de dos años (1991 y 1992). La producción de hojarasca total fue de 7.84 ton ha⁻¹ año⁻¹, variando de acuerdo con el origen fitogeográfico. Las especies de origen holártico produjeron 4.95 ton ha⁻¹ año⁻¹. Produjeron hojas en tres períodos: 1) de enero a abril, 2) de octubre a noviembre y 3) en febrero. La defoliación ocurrió en dos períodos: 1) de noviembre a febrero (clase 4) y 2) de agosto a marzo (con una velocidad lenta). La floración ocurrió en dos períodos: 1) pocos árboles florecieron en marzo (clase 4), mientras que 2) en mayo florecieron el 75% de los árboles (clase 1). La fructificación ocurrió de mayo a agosto. Las especies de origen americano-asiático produjeron 0.76 ton ha⁻¹ año⁻¹. Produjeron hojas en dos períodos: 1) de marzo a mayo y 2) de febrero a marzo. Perdieron sus hojas en dos períodos: 1) de diciembre a marzo el 80% de los árboles perdieron las hojas (clase 1), mientras que 2) de septiembre a febrero el 70% de los árboles tiraron las hojas (clases 1 y 2). La floración ocurrió en dos períodos: 1) en febrero y 2) de abril a julio. La fructificación se observó de mayo a septiembre. Las especies de origen tropical produjeron 0.17 ton ha⁻¹ año⁻¹. Produjeron hojas en dos picos: 1) abril y 2) marzo. Tiraron sus hojas en dos períodos: 1) de noviembre a marzo y 2) de agosto a noviembre. La floración fue de mayo a agosto. La producción de frutos fue de julio a octubre.

Williams-Linera (1997) estudió especies deciduas del BMM de los géneros *Carpinus*, *Liquidambar*, *Platanus* y *Quercus*. Detectó una correlación negativa significativa entre la defoliación y la temperatura mínima; mientras que la foliación tuvo una correlación positiva significativa con la temperatura máxima.

Vergara (1999) determinó la fenología y dispersión de *Tilia mexicana* Schtdl., en la Sierra de Chiconquiaco, Veracruz. Encontró que la defoliación ocurrió de noviembre a febrero; la foliación ocurrió de marzo a noviembre, las yemas florales aparecieron entre abril y julio, la floración ocurrió entre mayo y agosto y la fructificación entre junio y noviembre. Las fenologías foliar y reproductiva ocurrieron en el período de mayor precipitación. Hubo una correlación positiva significativa entre la fase de hojas pequeñas y las temperaturas mínima, máxima y media; las hojas maduras se correlacionaron positivamente con la precipitación y la temperatura máxima; las fases de yema floral y flor con las temperaturas mínima y máxima; y la fase de fruto inmaduro con la precipitación. La defoliación presentó una correlación negativa significativa con todas las variables climáticas.

En el sureste de los Estados Unidos, la especie *Platanus occidentalis* florece en primavera, entre marzo y abril, con flores monoécicas; los frutos aparecen en noviembre y la dispersión de semillas ocurre entre febrero y abril (Booner, 1974). Mientras que en el noreste, esta misma especie florece en mayo, con flores estaminadas y pistiladas en cabezuelas separadas, globulares densas, y los frutos aparecen entre septiembre y octubre (Booner, 1974).

3.2 Semilla

Durante el curso de su evolución, las plantas vasculares superiores han desarrollado la semilla, que es una estructura reproductiva única en el reino vegetal (Vázquez-Yanes, 1990). La semilla es el órgano de reproducción, dispersión y establecimiento de nuevos individuos.

Las semillas están constituidas por uno o varios embriones, reservas nutritivas y una o varias capas originadas a partir de los tegumentos del óvulo. Existen dos tipos de semillas que no se adaptan a esta definición: (i) Las semillas agamospérmicas, que morfológica y anatómicamente son iguales pero su constitución genética es distinta porque sólo poseen cromosomas de la planta madre; y (ii) Las de embrión diferenciado, que son semillas que tienen embriones poco diferenciados, como las semillas de las familias Orquidaceae y Cuscutaceae. La semilla ocupa un papel fundamental en la renovación de individuos y la persistencia de las poblaciones. Además de que es esencial en la regeneración, la expansión forestal y restauración de los bosques. Por otra parte, es un recurso necesario como fuente de alimento del hombre y los animales. También es importante para la producción agrícola y para la recuperación de poblaciones raras o en peligro de extinción (Harper, 1977; Foster, 1986; Besnier, 1989; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Las semillas de las Angiospermas tienen cuatro componentes: 1) El embrión, que es una planta en miniatura; 2) El endospermo, que forma la mayor parte de los tejidos de reserva; 3) El perispermo, que tiene la constitución genética de la planta madre y que en algunas especies forma la principal reserva de sustancias nutritivas (grasas, carbohidratos y proteínas) para las primeras etapas de desarrollo de la futura planta; y 4) Las cubiertas exteriores, que constan de dos partes diferenciadas: la testa y las cubiertas exteriores.

Ontogenia

Una semilla se forma a partir de la fecundación del óvulo, por el gameto masculino. Este proceso se realiza a través del tubo polínico, que llega al óvulo para formar el cigoto o huevo y origina un nuevo organismo diploide (Besnier, 1989; Hartman y Kester, 1995; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

La formación de las semillas en las Angiospermas, ocurre de manera general en las siguientes fases: 1) La llegada de los granos de polen al estigma de la flor puede asegurar la fecundación y la formación de la semilla. Pero puede haber incompatibilidad, mientras que en otros la semilla se forma por agamosperma, es decir, se forma la semilla sin que la fecundación tenga lugar; 2) Doble fecundación, que se refiere a que cada una de las dos células espermáticas se fusionan, una con el núcleo diploide del endospermo, y la otra con el núcleo haploide del óvulo que da lugar al cigoto; 3) Desarrollo del cigoto, fase en la que el cigoto se divide transversalmente en dos células para formar el embrión: la célula basal que da origen al suspensor y la célula que da origen al embrión; y 3) (Besnier, 1989; Hartman y Kester 1995; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Tamaño de las semillas

El tamaño de las semillas es muy variado entre diferentes especies (p. ej. las semillas de una orquídea pueden pesar 0.1 mg, mientras que las semillas de la palma de coco del Pacífico pesan hasta 10 kg). Dentro de una comunidad el intervalo del tamaño de las semillas es menor aunque la variación es muy amplia (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Con relación al tamaño de las semillas algunos autores (Besnier, 1989; Hartman y Kester, 1995; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997) han propuesto que las plantas que producen muchas semillas pequeñas, se diseminan más ampliamente. Esto aumenta las oportunidades que tiene una semilla para encontrar un sitio favorable para germinar y crecer. Sin embargo, el tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la planta, obligándola a depender muy pronto de los recursos disponibles en su medio. Por esta razón el riesgo de morir es muy alto. Pocas plántulas provenientes de semillas pequeñas sobreviven, pero este hecho se compensa por el gran número de semillas producidas.

Las plantas que necesitan sol (heliófitas) generalmente producen semillas pequeñas, mientras que lo contrario ocurre con las plantas que se establecen bajo la sombra de otros árboles (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las semillas grandes se producen en menor cantidad y en su diseminación hay que considerar si los frutos son consumidos por aves o animales, que las pueden transportar a grandes distancias, sobre todo si los frutos son carnosos. Estas

semillas cuentan con mayor cantidad de recursos, lo que les permite establecerse e iniciar su crecimiento en lugares con escasez de recursos, como los sitios sombreados en los bosques. Las plántulas provenientes de este tipo de semillas son grandes y resistentes, con gran superficie de raíces y hojas, lo que les permite sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de luz y nutrientes.

Preparación para la dispersión

Una vez que las semillas han completado su desarrollo, sufren cambios que darán lugar a la quiescencia. Estos cambios son la pérdida de agua, la diferenciación de la cubierta de la semilla, la interrupción de la transcripción genética y la síntesis de proteínas, la reducción de la respiración y otras actividades del metabolismo intermediario. Con estos cambios la planta prepara a la semilla para la dispersión (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

En un momento determinado genéticamente el desarrollo del embrión se interrumpe y se produce una parcial deshidratación del embrión y de los demás tejidos de la semilla. Toda la estructura queda lista para que ocurra la separación de la planta madre, es decir, la dispersión. Vázquez-Yanes (1990) clasifica las semillas con base en los diversos mecanismos de dispersión y en sus agentes dispersores, en anemócoras (dispersadas por aire), hidrócoras (dispersadas por agua), epizoocoras (dispersadas en el exterior de animales), endozoocoras (dispersadas en el interior de animales), semillas de dispersión mecánica (dispersadas por mecanismos explosivos), y antropozoocoras (dispersadas por el hombre).

Longevidad

Refiriéndose a la edad de las semillas Bewley y Black (1982) y Vázquez-Yanes *et al.* (1997) citan los siguientes trabajos: Beckerel (1943) reporta una longevidad de hasta 221 años en semillas colectadas en el Museo de Historia Natural de París; Barton (1961) menciona la investigación de Egly (1972), quien realizó ensayos de germinación y viabilidad de semillas de más de 20 especies herbáceas, después de 25 años solo cuatro especies mantuvieron una viabilidad de más del 50%. Duvel, quien inició su investigación en 1902 enterrando semillas de 107 especies de arvenses, de las cuales, 71 no germinaron después de un año, 61 después de tres años, y 36 después de 39 años. Beal (1879) seleccionó semillas de 23 especies, mezcló 50 semillas de cada especie con arena y humedad dentro de frascos, enterró los frascos y después los desenterró para probar la viabilidad: la mayoría de las especies conservó la viabilidad entre 25 y 30 años; sólo una especie se mantuvo viable después de 90 años.

Con respecto a la longevidad de las semillas de especies silvestres y cultivadas, existen tres categorías de investigaciones dependiendo de la condición en la que se almacenaron las semillas: (1) Almacenamiento en condiciones artificiales, existen numerosos informes como el de Moreno-Casasola (1976a), que puso a germinar semillas provenientes de ejemplares botánicos del Herbario MEXU de la UNAM y encontró que las semillas de árboles provenientes de zonas templadas generalmente presentan latencia y tienen una viabilidad larga. Este resultado probablemente se debe a que las semillas caen en verano y otoño, que es cuando están terminando las condiciones favorables para la germinación y el desarrollo de la plántula; (2) Almacenamiento en condiciones seminaturales en el suelo, y (3) Almacenamiento natural en el banco de semillas del suelo.

El almacenamiento de las semillas es una forma de mantener vivo el germoplasma de las plantas leñosas por períodos prolongados de tiempo. Sin embargo, no todas las semillas son almacenadas con éxito porque algunas se deterioran más rápido que otras. Estas diferencias, que afectan la longevidad potencial de las semillas, se deben a que éstas tienen diferentes niveles de humedad, composición química y tasa metabólica cuando son liberadas al medio. Booner (1974) recomienda que el almacenamiento de las semillas de *Platanus occidentalis* se haga en un lugar bien ventilado, frío, en bolsas de maya abierta o extendidas en anaqueles. Para períodos mayores a un año, las semillas de esta especie pueden secarse entre un 10 y 15% y colocarse en contenedores cerrados herméticamente a temperaturas entre 20 y 38 °F.

Viabilidad

La longevidad ecológica es la capacidad que tienen las semillas de permanecer viables, sin germinar, por diferentes períodos de tiempo en el suelo de la comunidad a la que pertenecen. La longevidad potencial es la capacidad de permanecer viable en una condición óptima de almacenamiento artificial (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). La longevidad ecológica varía mucho entre diferentes especies y tiene una estrecha relación con las características de sus hábitats. La longevidad ecológica es muy importante porque permite regenerar el potencial del germoplasma de una comunidad a partir de las semillas presentes en el suelo.

Con base en la duración de su viabilidad, las semillas se clasifican en: 1) Microbióticas, semillas de longevidad corta, menor de tres años; 2) Mesobióticas, semillas de longevidad media, entre 3 y 15 años; y 3) Macrobióticas, semillas de larga longevidad, de entre 15 y 100 años (Ewart, 1908; citado por Bewley y Black, 1982). Otras clasificaciones son presentadas por Vázquez-Yanes *et al.* (1997), quienes citan a los siguientes autores:

Harrington (1972) las clasifica en 1) Semillas que pierden viabilidad en menos de 1 año y 2) Semillas que pierden viabilidad en menos de 10 años. Roberts (1973) las clasifica en 1) Semillas ortodoxas o de larga viabilidad y 2) Semillas recalcitrantes o de corta viabilidad. Ellis *et al.* (1992) las clasifican en 1) Ortodoxas, 2) Intermedias y 3) Recalcitrantes.

En el presente trabajo usaremos la definición de Bewley y Black (1982). Con base en la duración de su viabilidad en almacenamiento, las semillas se clasifican en: 1) Ortodoxas, semillas a las que se les puede disminuir la temperatura y la humedad hasta valores muy bajos durante el almacenamiento sin generarles daño. La longevidad de estas semillas aumenta cuando su contenido de humedad está en equilibrio con una humedad ambiental relativa del 10%. 2) Recalcitrantes, semillas a las que no se les puede reducir el contenido de humedad sin causarles daño. Algunas especies comienzan a perder su viabilidad con una humedad relativa de entre el 98 y 99%. La mayoría de estas semillas muere cuando su contenido de humedad está en equilibrio con una humedad ambiental relativa del 60 al 70%. 3) Intermedias, semillas con cierta sensibilidad a la desecación entre el 7 y 10% (en equilibrio con la humedad ambiental entre el 30 y 35%). Bewley y Black (1982) citan numerosos trabajos que relacionan la temperatura, la humedad y la presión de oxígeno con la viabilidad de las semillas en almacenamiento. De acuerdo con estos trabajos, la viabilidad de las semillas es aumentada con niveles bajos de temperatura y humedad; mientras que valores elevados de presión de oxígeno acortan la viabilidad de muchas especies.

Las pruebas de viabilidad en laboratorio incluyen pre-enfriamiento, pre-secado, alteración diurna de la temperatura, exposición a la luz, nitrato de potasio. Las pruebas de viabilidad más comunes son respirometría por el método Warburg, rayos X, impregnaciones de cloroformo y rayos X, flotación y germinación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Moreno-Casasola (1976b) registró que las semillas de algunas especies de árboles tropicales de vegetación primaria suelen germinar casi inmediatamente que caen al suelo. En condiciones de almacenamiento la viabilidad de estas semillas es relativamente corta.

Heaslip (1959) y Booner (1974) consideran que las semillas de *Platanus occidentalis* son de tipo ortodoxas y que no germinan porque entran en latencia secundaria.

Diversos autores coinciden en que las semillas del género *Trichilia* son recalcitrantes o probablemente recalcitrantes, debido a que pierden su

viabilidad gradualmente. Podemos mencionar las siguientes especies *T. connaroides*, *T. dregeana*, *T. megaiantha*, *T. monadelpha*, *T. pnereana* y *T. trijula* *T. havanensis* y *T. hirta* (Kaul, 1979; Campbell, 1980; Choinzki, 1990; Tompsett, 1994; Dumet y Brjak, 1995; Mensa y Acosta, 1990).

Colecta

Cuando se colectan semillas para reproducirlas se debe cuidar su capacidad para germinar y/o su resistencia al almacenamiento. La capacidad de las semillas varía según el origen, grados de parasitismo y depredación, limitación de recursos para la reproducción y las técnicas de recolección y manejo que se le hayan dado. El momento ideal para colectar las semillas es al inicio de la dispersión, es decir, cuando los frutos sobre la planta madre están maduros. En el caso de las que tienen latencia innata o que maduran unidas a la planta madre.

Después de cosechadas, las semillas deben mantenerse frescas para evitar la pérdida de viabilidad y de vigor (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Para mantener frescas las semillas, éstas deben colocarse en recipientes abiertos que les permitan respirar y que impidan la condensación de agua para evitar el desarrollo de moho. La forma ideal de asegurar la ventilación de las semillas recién cosechadas es manteniéndolas dentro de bolsas de papel o sacos de tela de algodón. Para las semillas provenientes de frutos indehiscentes, lo mejor es transportarlas dentro de su propio fruto y extraerlas en el local donde se realizarán las manipulaciones posteriores.

Booner (1974) recomienda que la cosecha de las semillas de *Platanus occidentalis* se realice después de que las cabezuelas se han tornado de color café. La cosecha de estas semillas es más fácil si se hace después de que el árbol ha tirado todas las hojas. Debido a que las semillas de esta especie son persistentes, es decir que las semillas pueden permanecer adheridas a las infrutescencias por varios meses y desprenderse poco a poco, la cosecha puede hacerse hasta la primavera siguiente.

Para conservar algo de la variabilidad genética de una población, se recomienda cosechar semillas de por lo menos 30 individuos, siempre y cuando estas semillas sean producto de la reproducción sexual (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Un número mayor de individuos permite una mejor preservación de la variabilidad genética. En caso de que se desee manejar la variación genética durante la multiplicación, el genotipo de cada árbol deberá mantenerse por separado. Cuando se cosechen semillas de vida corta, no debe recogerse más del 20% del total de la cosecha local para no afectar la sobrevivencia de la población. Esto es particularmente importante para las

especies raras, con potencial reproductivo o en vías de extinción (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Deterioro de las semillas

Existen evidencias de que las bacterias juegan un papel importante en el deterioro de las semillas. Sin embargo, las bacterias patógenas requieren agua para crecer, por lo que es poco probable que se incrementen en semillas almacenadas y, por lo tanto, no reducen sustancialmente la germinación.

También los hongos pueden influir en el deterioro de las semillas. Hay dos categorías de hongos que invaden las semillas: 1) hongos del campo, que pueden causar decoloración de las semillas, muerte de los óvulos, debilitamiento y muerte de los embriones, marchitamiento de las semillas o granos y producción de sustancias tóxicas para el hombre (principalmente del género *Alternaria*, *Fusarium*, y *Helminthosporium*); y 2) hongos del almacenamiento, que reducen la viabilidad de las semillas, causan decoloración, producen micotoxinas, causan producción de calor y desarrollo de moho; los géneros principales son *Aspergillus* y *Penicillium* (Bewley y Black, 1982).

El deterioro también puede ser causado por insectos y ácaros. Cuando las semillas se almacenan en una humedad menor al 8%, la actividad de gorgojos y escarabajos de la harina es mínima; pero esta actividad se incrementa con un contenido de humedad del 15% (Howe, 1972; citado por Bewley y Black, 1982).

3.3 Germinación

Spurr y Barnes (1982) definen a la germinación como el proceso en el que las semillas viables absorben agua, activan los procesos metabólicos, e inician el crecimiento del embrión. Es decir, es una secuencia de eventos morfogénéticos, que transforman al embrión en plántula. La germinación y el establecimiento son los estados más vulnerables en el ciclo de vida de una planta (Harper, 1977). Este proceso reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de reposo, que ocurre sólo cuando la semilla está en un medio favorable.

La germinación incluye la división, la expansión celular y la formación de hojas, tallos y raíces. Puede estar influenciada por una gran variedad de factores, tanto endógenos como exógenos (Bewley y Black, 1982; Khan *et al.*, 1986).

Para la germinación es indispensable que las semillas estén maduras, completas y sean viables. Para que se inicie la germinación se requieren tres condiciones: 1) Que la semilla sea viable, es decir, que el embrión esté vivo y sea capaz de germinar; 2) Que la semilla no esté en latencia ni el embrión quiescente; que no existan barreras morfológicas, fisiológicas o químicas que la propicien; y 3) Que la semilla esté expuesta a condiciones ambientales apropiadas, como disponibilidad de agua, temperatura y luz adecuadas y presencia de oxígeno.

Etapas de la germinación

La germinación ocurre en tres etapas sucesivas: 1) La absorción de agua por imbibición, que causa el hinchamiento de la semilla y la ruptura de la testa; 2) El inicio de la actividad enzimática y el metabolismo respiratorio, que incluyen la translocación y asimilación de las reservas alimenticias en las regiones de crecimiento del embrión; y 3) El crecimiento y la división celular, que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula o cotiledones. La emergencia de la radícula es la primera manifestación de que la germinación es exitosa (Besnier, 1989; Hartman y Kester, 1995; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

La formación de los órganos de las plantas, como hojas, meristemas y raíces, es afectada durante la germinación debido a factores ambientales, como el oxígeno, la temperatura, el agua y la luz (Harper, 1977; Bewley y Black, 1982; Foster, 1986). La radícula es el primer elemento embrionario que emerge a través de la envoltura de la semilla. La radícula forma pelos radicales que absorben agua y sujetan el embrión al suelo. Durante el periodo que va desde el inicio de la germinación hasta la independencia de los nutrientes almacenados en la semilla, la planta recibe el nombre de plántula (Spurr y Barnes, 1982; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). En el momento en que la plántula cambia su metabolismo y empieza a depender del ambiente, se le llama planta.

Tipos de germinación

Se han reconocido dos tipos de germinación: 1) Germinación epigea, donde el hipocótilo se alarga, alejando a los cotiledones y al epicótilo fuera o por arriba del suelo. Las primeras hojas en emerger, llamadas hojas cotiledonarias, con frecuencia de color verde, realizan funciones fotosintéticas durante el crecimiento temprano de la plántula. La testa de las semillas se desprende, lo que permite la expansión de las hojas cotiledonarias. 2) Germinación hipógea o nascencia, donde el hipocótilo es muy corto o no se desarrolla y los cotiledones permanecen por debajo del suelo. Si la semilla está bajo tierra, el epicótilo alcanza la superficie por su propio crecimiento. En este caso, las hojas

cotiledonarias solo tienen la función de almacén de nutrientes. La testa de las semillas puede permanecer cubriendo los cotiledones (Besnier, 1989; Hartman y Kester, 1995; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

El tipo de germinación influye en el desarrollo de la planta. La germinación hipogea aparentemente es propia de especies que habitualmente germinan en épocas o climas templados o lluviosos. En estas especies el crecimiento es lento o queda detenido (p. ej. especies que germinan en otoño). En estos casos los cotiledones no quedan expuestos a las inclemencias atmosféricas, no realizan actividad fotosintética y van suministrando lentamente sus reservas a las plántulas. Por el contrario, la germinación epigea parece ser propia de especies que germinan en climas cálidos o en climas templados a fines de primavera y principios de verano (Besnier, 1989).

Cuando la temperatura es suficiente para mantener una fotosíntesis activa, en la que colaboran los cotiledones, el crecimiento de la plántula es rápido. Este crecimiento es tanto de la parte aérea como de la parte subterránea. Las especies con desarrollo epigeo, almacenan relativamente pocos nutrientes en el endospermo y los cotiledones; esto le permite a la planta liberarse rápidamente de los cotiledones, iniciar la fotosíntesis y estimular el desarrollo temprano de las raíces (Spurr y Barnes, 1982).

Factores ambientales

Después de que las semillas maduran y son diseminadas al medio natural, éstas se enfrentan a diversos factores ambientales que determinarán si la semilla germinará, se aletargará o morirá. Estos factores pueden ser físicos y bióticos. Los factores físicos son la humedad, la temperatura, los gases, la luz y las sustancias edáficas de origen físico, inhibidoras o tóxicas. Los factores bióticos son los microorganismos del suelo y las sustancias de origen biológico estimuladoras, inhibidoras o tóxicas (Besnier, 1989).

Factores físicos

Humedad

La humedad es un factor que indudablemente influye sobre la germinación de las semillas. La semilla seca que cae en el suelo (quiescente o en latencia) se hidrata rápida y completamente, salvo que posea cubiertas impermeables. La hidratación depende de aspectos como la diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el suelo, la superficie de contacto entre semilla y suelo, los obstáculos que existan en la semilla para la entrada del agua, la permeabilidad de las cubiertas y los ciclos de hidratación y deshidratación.

Las semillas absorben agua en tres fases secuenciales: una absorción rápida (imbibición), un período de absorción lenta, y una segunda fase de absorción rápida asociada con el incremento de la radícula. Esta absorción de agua puede afectar el porcentaje y la tasa de germinación. La mayoría de las semillas germinan bien con la humedad disponible en el suelo, desde la capacidad de campo hasta el punto de marchitamiento permanente.

El contenido de agua es importante en el control de la germinación: con menos de 40-60% de agua en la semilla (con base en peso fresco) no se efectúa la germinación (Hartman y Kester, 1995).

Temperatura

La temperatura y la luz son determinantes para romper la latencia y disparar la germinación en algunas especies secundarias (Vázquez-Yanes, 1974). El factor luz se abordará más adelante.

Cada especie requiere una temperatura determinada para poder germinar. En general, condiciones extremas de frío o calor no favorecen la germinación. Conocer los requerimientos de germinación de las diferentes especies es importante para determinar la composición de especies en la restauración del bosque.

Cuando una muestra de semillas se pone a germinar, se pueden determinar tres temperaturas críticas: (i) temperatura mínima por debajo de la cual las semillas no germinan; (ii) temperatura máxima por encima de la cual las semillas no germinan; y (iii) temperatura óptima en la que germina el mayor porcentaje de semillas (Besnier, 1989). Las temperaturas críticas indican la heterogeneidad debida al sustrato o fisiológica. Es posible que la heterogeneidad fisiológica sea la causa de que, tanto a bajas como a altas temperaturas, no germinen semillas que lo hubieran hecho a la temperatura óptima.

Probablemente no todas las fases de la germinación (imbibición, alargamiento de la radícula, división celular) requieren la misma temperatura óptima. La velocidad de imbibición también está relacionada con la temperatura de germinación. Si la velocidad de imbibición es baja, la germinación se retrasa, se reduce, o se producen daños en el embrión, dando lugar a anomalías en las plántulas que pueden afectar al individuo adulto.

Por lo tanto, es necesario determinar las temperaturas críticas de cada etapa. Con frecuencia la germinación es el resultado de la adaptación de la

especie al hábitat en que se desarrollará. En su medio natural, las semillas sólo germinan durante las estaciones climáticas que presentan los intervalos de temperatura característicos para cada especie. Sin embargo, muchas especies presentan respuestas bimodales a la temperatura, es decir dos temperaturas óptimas separadas por temperaturas menos favorables (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

El conocimiento de las temperaturas críticas es insuficiente para conocer el efecto de la temperatura sobre la respuesta germinativa de especies con semillas, que se ven favorecidas por una alternancia de temperaturas o termoperíodos. En el suelo del bosque la temperatura del suelo se mantiene con leves variaciones durante el día y la noche. Sin embargo, en lugares abiertos la temperatura puede fluctuar varios grados por día. En diversas investigaciones con termoperíodos se ha visto que una o varias alternancias de temperatura pueden favorecer o disparar la germinación.

La variación de la temperatura, también tiene influencia sobre la germinación. Los cambios producidos por el termoperíodo en las semillas que desaparecen la latencia son diversos. Entre estos cambios está la activación de ciertas enzimas o la permeabilidad de algunas membranas. Las temperaturas fluctuantes producen mejor germinación y plantas más desarrolladas que las temperaturas constantes (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las fluctuaciones de la temperatura del suelo desaparecen conforme aumenta la profundidad; ésta es una de las razones por las que las semillas embebidas y enterradas a cierta profundidad no germinan. Una fluctuación de 10 °C es adecuada para la germinación de semillas (Hartman y Kester, 1995).

En climas templados la mayoría de las herbáceas germina durante la primavera, que es cuando aumenta la temperatura. Sin embargo, en estos climas algunas herbáceas exhiben dos pulsos de germinación, uno en primavera y otro en otoño (Ratchcke y Lacey, 1985). La sincronía en la germinación de las especies, entre especies y en la comunidad es debida a la temperatura. La asincronía en la germinación ocurre en hábitats donde los tiempos adecuados para el establecimiento son distanciados e impredecibles.

Diversas especies vegetales poseen semillas que toleran altas temperaturas y aumentan su germinación en estas condiciones. Es muy probable que todas las semillas resistentes al calor presenten latencia de tipo tegumentario. Esto puede deberse a que su tegumento es impermeable al agua, evitando que las semillas se hidraten y sean más susceptibles a daños por calentamiento. Dependiendo de cada especie, la estructura del tegumento cambia con el

calentamiento húmedo o seco permitiendo la entrada de agua o de gases al interior de las semillas.

Luz

Los procesos biológicos y fisiológicos desencadenados por la acción de la luz están gobernados por una serie de factores en los que interviene el fitocromo. Éste se encuentra en las hojas, determina la respuesta de las plantas al fotoperíodo y regula la inducción a la floración. En el embrión está localizado en el eje embrionario, en el hipocótilo y la radícula. El fitocromo se encuentra en dos formas principales:

1) La forma Pr (P_{660}) que es inactiva. Esta forma absorbe principalmente la luz de la región roja del espectro lumínico, con un máximo de absorción a los 660 nm. Esta absorción la convierte a la forma Prf; y

2) La forma Prf (P_{730}) que es activa. Inversamente, esta forma absorbe principalmente luz de la región rojo-lejano o rojo-oscura, con un máximo de absorción a los 730 nm. Esta absorción la convierte en la forma inactiva Pr. Existen semillas que la luz inhibe la germinación (fotoblásticas negativas) y otras insensibles a ellas (indiferentes). En semillas cuya germinación es activada por la luz (fotoblásticas positivas) la iluminación de la semilla hidratada con luz roja provoca la germinación, mientras que la iluminación con luz rojo-lejano provoca latencia. La sensibilidad de las semillas a la luz depende del equilibrio en que se encuentren las formas principales de fitocromo. Cuando la semilla se pone a germinar y se hidrata, la sensibilidad a la luz depende de su contenido relativo en pigmento Prf, lo que está determinado por el índice $R = \text{Prf} / P \text{ total}$. (Bewley y Black, 1982; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1985, 1987; Besnier, 1989; Vázquez-Yanes, 1990; Vázquez-Yanes et al., 1997).

El efecto de la temperatura es importante sobre la acción de la luz; esto parece estar relacionado con las conversiones de origen térmico que tienen lugar entre las distintas formas de fitocromo. La reversión del Prf a Pr en la oscuridad es más rápida a temperaturas altas. Si el período de oscuridad a alta temperatura es muy largo, la semilla puede entrar en latencia que no se rompe aunque se ilumine la semilla con luz apropiada. La causa de este tipo de latencia es desconocida. En general, las bajas temperaturas constantes o alternantes disminuyen las necesidades de iluminación e, incluso en ciertos casos la eliminan totalmente (Vázquez-Yanes, 1976; Bewley y Black, 1982; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1985; y 1987).

La composición espectral de la luz que penetra en el suelo cambia mucho con respecto a la de la luz solar. En suelos arenosos la luz de longitud de onda corta penetra poco. En arena seca la relación entre la luz roja y la luz rojo-lejano es de 0.4 a 1.0, subiendo a 0.6 en suelo húmedo. En suelos arcillosos

esta relación sube hasta 1.0 a profundidades iguales. Estos resultados son diferentes cuando la luz que llega a la superficie del suelo ha sido filtrada por las hojas verdes, que tienen su pico de absorción en los 675 nm y transmiten casi exclusivamente luz con longitudes de onda superiores a los 720 nm. En la superficie del suelo la relación entre luz roja y luz rojo-lejano cae al valor de 0.1 (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Esto significa que la luz que penetra en el suelo es fundamentalmente luz rojo-lejano. Este tipo de luz impide que se rompa la latencia e induce latencia secundaria a las semillas que están en latencia. Los plásticos negro, gris y verde tienen este mismo efecto, lo que tiene interés práctico en la lucha contra las malas hierbas en los semilleros.

Las condiciones de campo son difíciles de reproducir en el laboratorio, pues se requiere saber acerca de las características del suelo (presencia de poros, grietas y otras discontinuidades). Éstas influyen en la penetración de la luz y en la intensidad, calidad y duración de la iluminación solar. También intervienen en las oscilaciones de temperatura y en la acción de otros factores que influyen sobre la respuesta de la semilla a la luz. La profundidad de siembra es un factor crítico que influye en la tasa de emergencia y tal vez en la densidad poblacional (Hartman y Kester, 1995).

En la mayoría de las especies la germinación muestra patrones de tolerancia a la sombra. Las especies de árboles tienen mayor germinación en los claros pequeños que en los grandes (Raich, 1990). Las plántulas tienen una mínima capacidad para la homeostasis, o para cubrir los requerimientos fisiológicos; por lo tanto, cuando se enfrentan a condiciones bióticas o abióticas desfavorables la mortalidad es muy alta.

Si la siembra se hace en la superficie, las semillas que queden en la capa superior pueden sufrir desecación inmediata. Si la siembra es demasiado profunda, la ausencia de luz impedirá la fotosíntesis, por lo que se retrasará la emergencia de las plántulas y la elongación de los tallos. La profundidad de siembra varía con las características y tamaño de las semillas, con las características del terreno – o cama de siembra en condiciones artificiales –, y con el ambiente en la época de siembra. Como una regla práctica varios autores recomiendan que las semillas deben plantarse a una profundidad de aproximadamente tres a cuatro veces su diámetro.

La germinación se ve favorecida por la combinación de la fluctuación de la temperatura y la calidad de la luz incidente. Alguna combinación de ambos factores es común en hierbas y plantas colonizadoras. Los sensores ambientales de las semillas de estas plantas detectan cambios en su ambiente que les indican la presencia de condiciones favorables para la germinación y

establecimiento. Estos cambios ocurren cuando la cubierta vegetal se destruye, cuando desaparece la capa de hojarasca, o cuando las semillas son desenterradas por algún disturbio natural o provocado por el hombre.

Vázquez-Yanes *et al.* (1997) afirma que la fisiología de las semillas de la gran mayoría de las plantas superiores no ha sido investigada y, por lo tanto, no se sabe cuantas especies presentan semillas fotoblásticas (germinación regulada por la luz). Sin embargo, existen evidencias de que el porcentaje de especies con semillas fotoblásticas es particularmente alto entre las plantas anuales.

Oxígeno

Otro factor que influye en la germinación es el oxígeno. En la mayoría de los suelos bien drenados, la atmósfera de la capa superficial del suelo es parecida a la situada sobre el terreno. Probablemente con mayor contenido de dióxido de carbono en los suelos ricos en materia orgánica.

En capas algo más profundas y bajo vegetación, la respiración de las raíces aumenta el contenido de dióxido de carbono y reduce el de oxígeno. Los datos que existen sobre ensayos en laboratorio se refieren a los efectos de las concentraciones muy bajas o muy altas, que difícilmente se pueden dar en la naturaleza en suelos normales.

Se ignora cuanto oxígeno se precisa para la germinación, pero es posible que el oxígeno disuelto en el agua sea suficiente para llevarla a cabo.

Salinidad

Otro factor ambiental físico es la salinidad de la solución del suelo. Esta crea un potencial osmótico que dificulta la entrada de agua en las semillas. Hoy se piensa que la mayor parte de los efectos de la salinidad en la germinación se deben a la entrada de iones tóxicos, fundamentalmente los de sodio. A este respecto cabe distinguir dos tipos de tolerancia a la salinidad: uno en la fase de imbibición y germinación, y otro en la fase de crecimiento de la plántula. (Vázquez-Yanes, 1990; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Fuego

El fuego es un factor ambiental natural que el hombre ha favorecido. Al parecer los fuegos naturales son menos frecuentes que los inducidos. El fuego ha actuado y está actuando cada vez a mayor escala sobre el medio ambiente. Esto es debido a las prácticas características de la agricultura nómada y a que

los incendios forman parte del mantenimiento de pastizales y campos de cultivo colindantes con la vegetación natural.

En los incendios forestales y quema de rastrojos, la acción del fuego modifica intensamente el ecosistema forestal, permitiendo la entrada de luz hasta el suelo. Los incendios destruyen la vegetación y la hojarasca, y modifican la estructura de las capas superiores del suelo.

Las semillas de las especies pioneras germinan después de un disturbio (Spurr y Barnes, 1982). En estas condiciones, las especies pioneras crecen rápido porque, como el ambiente es duro y extremo (caliente, seco, mojado, expuesto), tienen poca competencia con los árboles.

Factores bióticos

Entre los factores bióticos que pueden influenciar en el compás de la germinación están la competencia interespecífica, la competencia intensa y la emergencia rápida (Ratchke y Lacey, 1985). Este último factor es crítico para el establecimiento en doseles abiertos porque la emergencia tardía se traduce en mortalidades altas o reducción del banco de semillas. Experimentos en invernadero han mostrado que la emergencia temprana tiene ventajas competitivas sobre individuos que germinan tarde. Otros factores bióticos que influyen, o pueden influir, en la germinación de las semillas en el suelo son las sustancias químicas, estimuladoras o inhibidoras, producidas por microorganismos del suelo, por los restos de plantas en descomposición, por raíces de plantas vivas y por animales.

La germinación y el desarrollo puede verse alterado por anomalías en las semillas o plántulas. Las anomalías de tipo morfológico pueden producir plántulas que difícilmente serán capaces de crecer. Estas anomalías se originan por deficiencias nutritivas de las plantas madre, deficiente maduración, infección por microorganismos, daños mecánicos durante la cosecha o manejo inadecuado durante el transporte, entre otras causas. Según Besnier (1989) hay dos tipos de factores biológicos importantes en la germinación de las plántulas:

1) Las enfermedades y plagas que atacan a las semillas, por ejemplo, a) los hongos que persisten en el suelo en forma de esclerocios, de esporas resistentes, o en restos vegetales e infectan a las raíces de semillas en germinación, de plántulas y de plantas adultas; b) hongos transmitidos por las semillas que las infectan durante su formación, maduración y almacenamiento;

y

2) La alelopatía producida por los exudados de otras plantas.

Durante la germinación de las semillas del suelo, los inhibidores pueden estar contenidos en los restos de hojarasca o rastrojo, o bien ser segregados por las raíces y, más raramente, por las semillas. Hay diversas sustancias inhibitoras que pueden ser producidas por los tallos y raíces vivas, por los restos de organismos en descomposición y por las semillas. En el follaje se producen sustancias muy diversas, a veces volátiles, que son lavadas por el rocío o por la lluvia y posteriormente son depositados en el suelo (germinación de epífitas y *Ficus*).

La alelopatía es el efecto directo o indirecto que unas plantas ejercen sobre otras por medio de la producción de sustancias químicas que se difunden en el medio ambiente. Los efectos alelopáticos de ciertas especies se traducen en ausencia de vegetación herbácea bajo y alrededor de los árboles (Besnier, 1989). Esto se conoce como competencia entre plantas de distintas especies mediada por sustancias inhibitoras.

Las plantas parásitas solo pueden establecerse si sus semillas germinan en la proximidad de posibles plantas hospederas. Estas últimas generan sustancias que pueden considerarse como estimuladoras de la germinación.

En el laboratorio se puede simular el efecto de algunas interacciones bióticas, como son el tránsito por el tracto digestivo (lavando o escurificando las semillas con medios físicos y químicos), la acción micorrícica (aislando el cultivo de este tipo de hongos e inoculándolos en las semillas que se desean germinar), la acción de los exudados de las plantas (ensayos con estímulos hormonales o extractos de diferentes partes de la planta huésped), y el efecto de medios nutritivos orgánicos (ensayos con diferentes medios nutritivos).

Las semillas de algunas especies requieren ser estimuladas con tratamientos físicos, químicos, o ambos para poder germinar. Estos estímulos son simulaciones de lo que ocurre en condiciones naturales en interacciones con animales dispersores de semillas, como aves, mamíferos, murciélagos y primates. El conocimiento de la ecología de las especies es necesario para poder diseñar experimentos de laboratorio y de campo para determinar los requerimientos de germinación de cada especie.

El vigor puede definirse como alteraciones en la constitución de las semillas o plántulas (Besnier, 1989). En condiciones naturales los animales pueden influir en los requerimientos particulares de cada especie para germinar (López-Quilles y Vázquez-Yanes, 1976). Las plagas que afectan a las semillas en campo y en almacén principalmente gorgojos dañan sus reservas nutritivas y

les provocan heridas. Esto disminuye el vigor de las semillas y de las plántulas, manteniéndolas en situaciones desfavorables ante condiciones adversas de la germinación hipógea. Hay muchos insectos y otros animales que atacan directamente a las plantas jóvenes destruyendo sus raíces, cortando sus tallos, y provocando grandes pérdidas en los cultivos.

Las deyecciones de animales tienen alto contenido de amoníaco, lo que inhibe la germinación de la mayoría de las semillas que las reciben. Cuando el estiércol se distribuye sobre el terreno y se entierra, el amoníaco se evapora, se lava o es absorbido por el suelo, dejando de actuar sobre las semillas (Besnier, 1989).

Control de la germinación

Los procesos para controlar la germinación se han evaluado a nivel experimental en laboratorio, como el efecto de diversas hormonas. Las hormonas más estudiadas son las estimuladoras del crecimiento (p. ej. las giberelinas, las citoquininas y el etileno) y las inhibidoras del crecimiento (p. ej. el ácido abscísico) (Hartman y Kester 1995).

También ha sido probado el efecto de la estratificación de las semillas en el control de la germinación. Este método se basa en el hecho de que, en condiciones naturales, las semillas de zonas templadas requieren de un periodo invernal frío y húmedo antes de germinar en la primavera siguiente. El método consiste en probar tratamientos con frío para alterar el balance entre los inhibidores y los promotores del crecimiento.

Para determinar los factores que inducen a la germinación de semillas inmaduras, envejecidas, o con afectaciones fisiológicas se selecciona la muestra y el tamaño de semillas y se verifica si hay germinación. En caso de no haber germinación se verifica 1) Si la semilla se embebió, 2) Si hubo solubilización de compuestos en el medio, en este caso se lava con abundante agua; 3) Se prueban tratamientos con estímulos químicos y cambios de hidratación; 4) Se prueban nuevas condiciones de temperatura; 5) Se hacen pruebas de viabilidad; y 6) Se almacenan las semillas a baja temperatura (según su ambiente) para esperar el fin de la latencia (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Medios para la germinación

A nivel experimental cuando se estudia la respuesta germinativa de alguna especie en laboratorio, los medios más utilizados son Agar-Agar 1%, papel

filtro, toallas de papel, vermiculita y agrolita, suelo y arena (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Reposo

Existen varias causas por las que una semilla no germina a pesar de ser viable. Varios autores (Harper, 1964; Bewley y Black, 1982; Besnier, 1989; Vázquez-Yanes, 1990; Vázquez-Yanes *et al.* 1997) han separado estos procesos en quiescencia y latencia. La quiescencia es el reposo o reducción del metabolismo debido a la ausencia de factores ambientales favorables a la germinación (p. ej. suficiente agua). La latencia o letargo es cuando la semilla no germina a pesar de encontrarse en condiciones óptimas de temperatura y humedad. La latencia es conocida con diferentes nombres, dependiendo del autor y/o país, como dormición, dormancia, latencia, o reposo. En este trabajo se utilizan los términos quiescencia y latencia.

Varios autores, citados por Vázquez-Yanes *et al.* (1997) han clasificado la latencia, tratando de explicar las causas que la propician. Crocker (1916) la clasifica en primaria y secundaria; Brenchley y Warrington (1930) en natural e inducida; Bibbey (1948) en inherente y ambiental; y Sussman y Halvonson (1966) y Schafer y Chilcote (1969) en endógena y exógena.

Harper (1957; citado por Vázquez-Yanes *et al.*, 1997) definió tres tipos de latencia con base en su mecanismo fisiológico:

1. Latencia innata, que se establece durante la maduración de la semilla y previene a la semilla para germinar cuando ésta se encuentra en condiciones favorables.
2. Latencia inducida, que es adquirida después de la dispersión y previene a la semilla para germinar solo cuando las condiciones son favorables.
3. Latencia impuesta, cuando las semillas germinan en cuanto son puestas en un ambiente favorable.

Nikolaeva (1969; citado por Bewley y Black, 1982) propuso dos tipos de latencia:

1. Exógena, causada por la inhibición de las cubiertas expuestas directamente al ambiente. Presenta tres sub-tipos: a) Física, causada por la impermeabilidad de la testa al agua; b) Química, propiciada por la presencia de inhibidores en la cubierta externa; y c) Mecánica, causada por la presencia de cubiertas que impiden la expansión y crecimiento del embrión.
2. Endógena, que es la inhibición por el embrión y/o las cubiertas que están en contacto con él y protegidas del ambiente. Este tipo de latencia presenta cinco sub-tipos: a) Fisiológica leve, la germinación solo ocurre

bajo ciertas condiciones ambientales; b) Fisiológica intermedia y profunda, las semillas requieren de enfriamiento en húmedo durante períodos mayores de un mes; c) Morfológica, causada por la presencia de embriones rudimentarios; d) Morfofisiológica, por la presencia de embriones rudimentarios, cubiertas poco permeables a los gases y bloqueos metabólicos; y e) Secundaria, cuando las semillas embebidas se someten a condiciones que no permiten la germinación.

Según Bewley y Black (1982), básicamente hay dos tipos de latencia, que involucran diferentes mecanismos:

1. Latencia de embrión, donde el control de la latencia se da en el interior del embrión. El autor reconoce tres sub-tipos: a) Cuando los cotiledones son responsables de inhibir el crecimiento del eje embrionario; el embrión germina cuando se retiran los cotiledones; b) Inhibidores, el eje embrionario crece cuando los inhibidores son lixiviados fuera de los cotiledones latentes; y c) Cuando los embriones se mantienen inmaduros en el momento en que la unidad de dispersión se libera y para germinar requieren de un periodo de desarrollo posterior. En este tipo de latencia los embriones generalmente son pequeños y poco diferenciados y al período de desarrollo le sigue un período de latencia que se rompe por enfriamiento.
2. Latencia impuesta de la cubierta de la semilla. Este tipo de latencia es impuesta por las estructuras que rodean al embrión (p.ej. estructuras de la cubierta de la semilla como glumas, palea, lemna, pericarpio, testa, perispermo y endospermo). Las semillas de algunas especies pueden tener componentes de latencia del embrión y de la cubierta.

Otra clasificación de latencia, basada en las características de las semillas, es la que propone Besnier (1989):

1. Semillas duras. Las semillas duras, con cubiertas impermeables al agua, no pueden germinar mientras se mantenga tal impermeabilidad porque impiden la imbibición.
2. Latencia extraembrional. Se debe a dos causas principales: a) La existencia de barreras físicas como la impermeabilidad al agua y a los gases; y/o b) La presencia de inhibidores químicos en las cubiertas o producidos por el embrión (por ejemplo, compuestos fenólicos, amoníaco, ácido abscísico). Otros efectos de las cubiertas son, que el grosor impida el paso de luz o que generen resistencia mecánica que impida la salida de la radícula de la semilla.
3. Latencia embrional. Que es de dos sub-tipos: a) Inmadurez morfológica del embrión, porque éste no ha completado su crecimiento y desarrollo al momento de la dispersión o recolección; b) Inmadurez fisiológica del

embrión causada por desequilibrios fisiológicos o bioquímicos; en este tipo de latencia la semilla no germina a pesar de estar en un sustrato húmedo y lograr hidratarse.

4. Latencia mixta en las semillas que tienen un efecto de las cubiertas. Es debido a la impermeabilidad a los gases, presencia de inhibidores, posible resistencia mecánica a la salida de la radícula, sensibilidad a la luz, etc. Otro tipo de latencia mixto es el que combina cierto grado de inmadurez morfológica del embrión con su inhibición fisiológica. Las latencias mixtas se presentan en especies aisladas y los mecanismos implicados son difíciles de elucidar.
5. Latencia secundaria, que sucede en semillas en latencia como consecuencia de la presencia de condiciones ambientales especiales.

Hartman y Kester (1995) clasifican la latencia con base en causas fisiológicas y anatómicas:

1. Latencia por las cubiertas de las semillas, clasificado en tres sub-tipos:
 - a) Latencia física, es característica de plantas en las que la testa y otras secciones endurecidas de la cubierta de la semilla son impermeables;
 - b) Latencia mecánica, donde las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación; y
 - c) Latencia química, en la que la planta presenta sustancias que actúan como inhibidoras de la germinación.
2. Latencia morfológica, se presenta en semillas cuyo embrión no se ha desarrollado por completo en la época de maduración. Hay dos sub-tipos: a) Embriones rudimentarios, que se presentan en plantas con un proembrión embebido en un endospermo; y b) Embriones no desarrollados.
3. Latencia interna en el que la germinación es controlada desde el interior de los tejidos de la semilla. Presenta los siguientes sub-tipos: a) Latencia fisiológica que ocurre en semillas maduras; este tipo tiende a desaparecer con el almacenamiento en seco; b) Latencia del embrión que presentan las semillas que maduran en otoño; se debe a la incapacidad del embrión de germinar con normalidad; para romperlo se requiere un período de enfriamiento en húmedo; c) Latencia del epicótilo, algunas semillas tienen exigencias de estratificación para la radícula, epicótilo e hipocótilo. Esta se clasifica a su vez en dos grupos:
 - a) Semillas que germinan durante un período cálido en el que se desarrolla la raíz y el epicótilo, pero requieren un enfriamiento de hasta tres meses para que el epicótilo pueda seguir creciendo; y
 - b) Semillas que requieren un período de enfriamiento para la postmaduración del embrión, seguido de un período cálido para el crecimiento de la raíz y un segundo período frío para estimular el crecimiento del tallo.

4. Latencia doble, se presenta tanto en la cubierta de las semillas (falta de permeabilidad al agua) como en el embrión.
5. Latencia secundaria, que se adquiere después de que la semilla se separa de la planta madre. Este tipo de latencia del embrión puede desarrollarse gradualmente cuando las semillas intactas son expuestas a condiciones ambientales que permiten la imbibición de agua, pero que no permiten la germinación.

Vázquez-Yanes *et al.* (1997), con base en la clasificación de Harper (1957) del mecanismo fisiológico en la naturaleza, distinguieron los siguientes tipos:

1. Latencia innata o endógena que ocurre cuando el embrión deja de crecer; es decir, cuando la semilla está en la planta madre, continúa cuando cesa el impedimento endógeno. La semilla germina cuando se presentan las condiciones adecuadas. La causa principal de esta latencia probablemente es la presencia de inhibidores químicos.
2. Latencia inducida o secundaria, que se presenta cuando las semillas están en condiciones fisiológicas de germinar pero en el medio hay alguna característica desfavorable (p. ej. poco oxígeno, altas concentraciones de CO₂, temperatura alta). Esto puede producir alteraciones irreversibles en las semillas.
3. Latencia impuesta o exógena, presente en semillas aptas para germinar, en condiciones adecuadas de humedad y temperatura, pero que no germinan por falta de luz. Se presenta en semillas en el suelo, que sólo germinan después de un disturbio, por ejemplo la caída de un árbol.
4. Germinación retardada por una testa impermeable, se presenta en semillas cuyo tegumento externo es duro e impermeable al agua y a los gases. Incluso el micrópilo está provisto de una barrera que impide la penetración de agua al embrión.

El conocimiento de los mecanismos inherentes de la latencia y sus tipos ha evolucionado con el tiempo, lo que sin duda refleja que es un tema polémico, en el que los autores aún se encuentran debatiendo. Sin embargo es necesario determinar los mecanismos de estos procesos para conocer las características de las semillas y los mecanismos que utilizan para su propagación. Esto sólo es posible dilucidarlo en las respuestas germinativas favorecidas por ciertos factores de la latencia.

Hay que distinguir entre factores o situaciones que puedan existir en ambientes naturales y ambientes que sólo se dan en laboratorio, que contribuyan a detener o alargar la latencia en las semillas. Los primeros tienen un significado biológico y ecológico. Los segundos sólo pueden sugerir explicaciones sobre posibles procesos metabólicos; aunque es indudable que

se han experimentado y determinado claramente diversos procedimientos para romper la latencia.

Tratamientos para romper la latencia

Cuando las semillas aletargadas o en latencia se colocan para su germinación, se activa la maquinaria bioquímica y se desencadenan procesos metabólicos, tales como la imbibición, la hidratación, la activación celular y, posteriormente, la división y la expansión celular. El agua se difunde a través de las envolturas de la semilla hasta llegar al embrión, que durante la fase de quiescencia se ha secado casi por completo. El agua hace que la semilla se hinche, a veces hasta el extremo de rasgar la envoltura externa. Por la acción del oxígeno se activa la respiración y diversas enzimas son desencadenadas para descomponer los nutrientes almacenados en el endospermo o cotiledones en sustancias más sencillas. Estas sustancias son transportadas por el interior del embrión hacia los centros de crecimiento.

Hay una serie de factores que propician o rompen la latencia. De acuerdo con Besnier (1989), en los párrafos a) y b) habla de imponer la latencia, mientras que en c) y d) habla de romperla.

a) La temperatura, que puede provocar la aparición de la latencia (p. ej. las temperaturas extremas durante o después de la maduración de algunos frutos, las temperaturas oscilantes antes de la germinación (estratificación en frío), la estratificación cálida para embriones inmaduros, o las temperaturas altas de breve duración).

b) La ausencia de oxígeno también estimula la latencia (p. ej. la anaerobiosis en suelos arcillosos mal aireados produce latencia secundaria).

c) La luz ya que numerosas semillas no germinan en la oscuridad a pesar de que las demás condiciones sean adecuadas; otras permanecen aletargadas bajo iluminación continua; mientras que otras germinan tanto en la luz como en la oscuridad;

d) El nitrógeno y el cianuro potásico terminan con la latencia. El nitrógeno potásico se usa en el 47% de las especies agrícolas y en el 72% de las gramíneas.

Otros tratamientos que han sido usados para superar la latencia de las semillas es el ablandamiento de las cubiertas de las semillas, la estratificación cálido-húmeda, la acción microbiana, la acción mecánica, la inmersión en agua caliente con diferentes concentraciones de ácido, la estratificación refrigerada, la intemperización, la siembra en exterior y la lixiviación. Aunque algunas semillas requieren tratamientos combinados.

Como ya se mencionó anteriormente, la luz tiene un significado ecológico y es un factor que puede generar la ruptura o la inducción de la latencia. La luz intensa, de alta irradiación, genera una rápida desecación del suelo superficial, evitando la germinación de las semillas de la superficie del suelo. Las semillas que necesitan luz para romper su latencia no pueden germinar a excesiva profundidad. En estas condiciones las semillas pequeñas agotan sus recursos antes de que la plántula emerja del suelo, provocándoles la muerte; mientras que las semillas con plúmulas débiles no germinan porque las plúmulas no pueden atravesar paredes gruesas.

Entre los trabajos de germinación con especies del BMM y con los géneros del presente estudio se encuentran los siguientes:

Del género *Platanus*, Heaslip (1959) trabajó con la especie *P. occidentalis* para estimar su germinación en condiciones de laboratorio con papel húmedo. En sus resultados obtuvo un porcentaje de germinación del 23.0 % a temperaturas entre 20 y 27 ° C. En el este de Estados Unidos, Booner (1974) trabajó con la misma especie, poniendo a germinar semillas a diferentes intervalos de temperatura para el día y la noche y en diferentes sustratos. En papel filtro obtuvo un 80% de germinación con temperaturas entre 20 y 30 ° C; sobre arena obtuvo un 35% de germinación con temperaturas entre 21.1 y 29.4° C; en agua obtuvo un 19% de germinación en temperaturas diurnas de 23.8 ° C y nocturnas de 21.1° C. Este autor sugiere que las semillas de esta especie se almacenen en sitios ventilados, dentro de bolsas de malla o extendidas en anaqueles. Recomienda que la siembra se haga en la primavera, cubriendo las semillas con una capa de 0.5 cm de suelo o materia orgánica. Briscoe (1969; citado por Booner, 1974) reportó un amplio intervalo (entre el 1 y el 81%) de capacidad germinativa en semillas de *P. occidentalis*.

Para el estado de Tamaulipas, Ponce de León (1987) determinó la germinación del arbusto *Hoffmannia strigillosa* Hesi. (Rubiaceae). Las temperaturas óptimas para la germinación de esta especie fueron constantes de entre 20 y 27° C, con una intensidad mínima de luz. Esta especie fue incapaz de germinar en la oscuridad (fotoblastismo positivo estricto). La semilla de esta especie madura y germina después de, por lo menos, 10 meses de haberse producido la dispersión.

En Illinois, EU, Burton y Bazzaz (1991) germinaron semillas de ocho especies de árboles incluyendo *P. occidentalis* (100 semillas por cada tratamiento) a ocho temperaturas diferentes (entre 5 y 40° C), con seis niveles de humedad (entre 2 y 18%), en cada temperatura. *P. occidentalis* no germinó en temperaturas de 5 y 10° C. Tuvo una germinación óptima (47.5%) a 25° C

en todos los gradientes de humedad. La germinación más baja (4.8%) se obtuvo a 15° C. La germinación y la emergencia se vieron mayormente controladas por las diferencias de temperatura.

Iglesias y Vovides (1995) trabajaron con la especie arbórea *Magnolia dealbata* Zucc. En condiciones naturales obtuvieron porcentajes de germinación muy bajos. Sometiendo las semillas recién colectadas a lavados con agua caliente, o almacenada por diez meses a 5° C, la germinación fue hasta del 40%. Encontraron que los lavados eliminan inhibidores de la germinación, pero la semilla se torna susceptible al ataque de hongos y bacterias, y que el almacenamiento favorece la maduración del embrión.

Pedraza (1997) trabajó con semillas de *Platanus mexicana* Moric. en Xalapa, Veracruz. Reportó los promedios de germinación de tres lotes de semillas de años diferentes (1994, 1996 y 1997). En todos los lotes obtuvo un 30% de germinación, con un período de germinación de entre 24 y 68 días.

Suárez (1998) estudió la germinación de tres encinos en tres ambientes (bosque, borde y orilla) en el "Parque Ecológico Francisco Javier Clavijero", Instituto de Ecología A. C. (Xalapa, Veracruz). Encontró que los porcentajes de germinación de *Quercus acutifolia* fueron de 30.9 en el bosque, 30.1 en el borde y 11.1 en la orilla. Los porcentajes de germinación de *Q. germana* fueron del 47.5 en el bosque, 52.5 en el borde, y del 30.0 en la orilla. Mientras que los porcentajes de germinación de *Q. xalapensis* fueron del 84.2 en el bosque, 73.3 en el borde y 58.3 en la orilla.

Conde (2000) trabajó la germinación de la especie *Diospyros riojae* Gómez-Pompa (Ebenaceae). Las semillas fueron consideradas recalcitrantes pues no soportan el almacenamiento; tuvieron viabilidad del 100% y germinación epigea. En semillas sin tratamiento la germinación fue del 55% (13.75 ± 2.22); las semillas con escarificación mecánica completa germinaron en un 74.0% (18.50 ± 1.73); las semillas con escarificación química con ácido sulfúrico por 2.5 minutos germinaron en un 70% (17.50 ± 2.65); las semillas con escarificación química con ácido sulfúrico por 1.0 minuto germinaron en 30% (8.25 ± 2.22), que fue el porcentaje más bajo de germinación. El período de germinación fue de 32 a 62 días.

Ramírez (2001) realizó un estudio exploratorio de viabilidad y germinación de *Alnus jorullensis* H. B. & K. (Betulaceae). Las semillas tuvieron un 100% de viabilidad. Las semillas nuevas o recién colectadas no germinaron. Las semillas tratadas con estratificación con temperatura a -5 °C y a -10 °C durante cuatro semanas tuvieron un porcentaje de germinación acumulada del 44.0% y 88.0%

respectivamente. De acuerdo con sus resultados, el tratamiento con temperatura baja favorece la maduración del embrión.

Pedraza y Williams-Linera (2005) trabajaron con dos especies para la rehabilitación del BMM. En condiciones de laboratorio y campo, encontraron diferentes capacidades de germinación para *Carpinus caroliniana* (33 y 26%) y para *Lyquidambar styraciflua* (90 y 18%). Las semillas germinaron en los tres microhábitats, aunque en campo la germinación fue más baja. Cuando protegieron a las plantas de los depredadores ambas especies aumentaron su germinación, *Carpinus* al 52% y *Lyquidambar* al 36%.

3.4 Establecimiento

La terminación de la germinación coincide con la iniciación de la actividad fotosintética, lo que altera totalmente el metabolismo de la plántula recién emergida de la semilla. La etapa de establecimiento se inicia cuando la plántula emergida de la semilla ha agotado las reservas de la misma y empieza a depender del medio externo (Esau, 1977; Spurr y Barnes, 1982). Cuando las plántulas dejan de depender de la semilla, se conocen como plantas, y éstas deben sobrevivir bajo condiciones físicas particulares de su localización. También deben competir intra e inter-específicamente con las plantas que se encuentran establecidas en la misma área.

El establecimiento varía dramáticamente entre especies debido a factores como interacciones de las plantas con los diferentes factores ambientales, sustratos y microambientes del sitio donde se encuentran. Otros factores que originan diferencias en el establecimiento de las plantas en bosques son la magnitud de la abertura del dosel, la ubicación del sitio de establecimiento, los requerimientos y disponibilidad de luz, la humedad, y los nutrimentos en el suelo, los cuales se abordarán más adelante.

Luz

Las condiciones ambientales que pueden favorecer la producción de semillas de calidad, pueden no ser favorables para la emergencia y establecimiento de las plantas. Esto ocurre en especies que requieren dosel cerrado para su regeneración natural (Quintana-Ascencio *et al.*, 1992).

Las plantas que crecen en sombra desarrollan una estructura y una apariencia diferente de las que crecen directamente bajo luz solar. Estos cambios morfológicos son importantes desde el punto de vista ecológico

porque permiten comprender la capacidad de las especies para ajustarse a las condiciones de sotobosque (p. ej. la apertura del dosel). La sombra no beneficia el desarrollo de plantas de muchas especies; en otras palabras, la sombra puede impedir su sobrevivencia. A pesar de ésto, la sombra también puede mejorar la sobrevivencia de muchas otras especies de árboles porque reduce la sequedad y el calor, o proporciona protección contra los herbívoros (Crow, 1988; Callaway y D'Antonio, 1991; Callaway, 1992).

Gray y Spies (1997) concluyeron que la sombra, especialmente la sombra artificial sobre el piso del bosque, inhibe el establecimiento de plantas. Sin embargo, el establecimiento es favorecido en claros de tamaño pequeño. El crecimiento de las plantas es favorecido en una serie de claros de tamaño pequeño e intermedio y sin sombra artificial.

En áreas de dosel abierto, el establecimiento de lotes de plantas es mayor, que en áreas de dosel cerrado o suelo mineral (del Amo y Gómez-Pompa 1976; Ludlow-Wiechers y Vázquez-Yanes 1976; Spurr y Barnes, 1982).

Ha habido mucho debate acerca de la importancia, la posibilidad y la capacidad que tienen las diferentes especies de repartirse el recurso luz, y cómo esto, puede contribuir a mantener la diversidad de especies en el bosque. Whitmore (1996) hace una exhaustiva revisión sobre este tema. Hay evidencias de que la diferenciación del nicho del recurso luz puede explicar la coexistencia de especies en el bosque en un intrincado ensamble de especies mezcladas. Sin embargo, otros investigadores empleando métodos similares han encontrado poca evidencia de que esto ocurra, y han sugerido que la capacidad que tienen algunas especies de persistir en la sombra puede ser más importante (Whitmore y Brown, 1996; Brown y Jennings, 1998 y Brown *et al.*, 1999; citados por Hall *et al.*, 2002).

Acerca del establecimiento de especies en ambientes bajo diferentes condiciones simuladas de luz, Hall *et al.* (2002) sostienen que la diversidad de una zona se mantiene, cuando el recurso luz se comparte con plantas de árboles. Especies del género *Entandrophragma angolense* (Meliaceae), como *E. cylindricum* y *E. utile*, se desarrollaron eficientemente bajo condiciones simuladas de luz de pequeños claros. *E. angolense* reflejó bajo desempeño en condiciones intermedias de luz y las tres especies crecieron menos en condiciones de luz total.

Humedad

La luz y la humedad son reducidas para las especies que se establecen bajo el dosel (Spurr y Barnes, 1982). A pesar de esto las plantas pueden resistir en

el sotobosque hasta que las condiciones sean favorables y puedan aumentar su ritmo de crecimiento. El contenido de humedad del suelo bajo hojarasca en áreas expuestas puede fluctuar grandemente a lo largo del día, haciendo difícil la persistencia de las pequeñas plántulas recién germinadas.

Fuchs *et al.* (2000) sometieron las plantas a estrés hídrico y la mayoría no sobrevivió durante el primer año de vida. La competencia por el agua entre la vegetación herbácea y las plantas de árboles es alta. Este factor biótico es limitante y propicia el bajo crecimiento de las plantas. El establecimiento de plantas de algunas especies puede verse favorecido por condiciones de humedad alta presentes en la época de lluvias. Sin embargo, estas plantas mueren cuando estas condiciones cambian en la época seca. Las diferencias básicas del patrón son debidas tanto a las especies como a los efectos de las variaciones ambientales. Las diferencias entre curvas de persistencia algunas veces son particularmente grandes entre especies, sin embargo algunas especies presentan curvas pequeñas. Jones y Shatitz (1998) clasifican los tipos de sobrevivencia de plantas de especies leñosas en alta, intermedia y baja.

El sistema radicular de las plantas de árboles inicialmente sólo se distribuye en la superficie del suelo. Las especies herbáceas, junto con las raíces de poca profundidad de especies leñosas, rápidamente agotan el agua de la superficie del suelo. Este hecho puede excluir el establecimiento de plantas leñosas, especialmente en años con poca precipitación, en el tiempo próximo al fin de la estación de crecimiento y cuando compiten con vegetación herbácea. Por lo anterior se concluye que durante las etapas iniciales del establecimiento, las plantas de especies leñosas requieren un mínimo de agua disponible para estimular el alargamiento de la raíz y/o inhibir el crecimiento de herbáceas.

El bajo crecimiento que frecuentemente presentan algunas especies leñosas aparentemente es causado por el estrés hídrico y la incapacidad de la planta para adquirir nutrimentos (Nambiar y Zed, 1980 y Burdet *et al.*, 1984; citados por Van den Driessche *et al.*, 2003). Estos autores evaluaron el establecimiento y crecimiento temprano de plantas de álamo bajo el efecto de la fertilización e irrigación. Encontraron que los nutrimentos actúan fuertemente con el riego; la interacción de ambos tratamientos incrementó el crecimiento. En el tratamiento con fertilizante pero sin riego las plantas no alcanzaron su máximo crecimiento.

Ibáñez y Schupp (2001) evaluaron el efecto de la disponibilidad de agua, la vegetación arbórea y sus interacciones con los efectos ambientales sobre la sobrevivencia de plantas. Sus resultados variaron entre años. La sobrevivencia de las plantas de leñosas se incrementó cuando adicionaron agua y protegieron a las plantas de la herbivoría. Galindo *et al.* (2004) encontraron

que la mortalidad de plantas de la mayoría de especies leñosas que estudiaron aumentó cuando fueron sometidas a tratamientos con menor humedad y completamente expuestas a la luz. Sin embargo la sobrevivencia se vio favorecida por el alto contenido de humedad en bosque mixtos (De Steven, 1991a; y De Steven 1991b).

La época seca del año también puede afectar el establecimiento de plantas en sitios expuestos a altos niveles de radiación solar en claros muy grandes (Griffin, 1971; Gray y Spies, 1997; Gordon y Rice, 2000). Algunas especies se establecen en menor proporción en los grandes claros y en suelos del bosque expuestos a altos niveles de radiación. Este establecimiento también es afectado por la sequía.

Se pueden dar posibles explicaciones sobre los patrones de subsistencia de plantas de especies leñosas. Posiblemente hay una tendencia inherente a formar un patrón exponencial, sin embargo estos patrones pueden ser constantemente interrumpidos por eventos de alta mortalidad, por eso resulta una curva. Según Streng *et al.* (1989), en un año de sequía intensa se produce una mortalidad de la que resulta un patrón logístico de permanencia de plantas. El período inicial de sobrevivencia puede reflejar los efectos positivos del almacenamiento sobre las reservas de la semilla, mientras la semilla germina. Otra explicación involucra la respuesta al estrés ambiental, que se presenta después de la germinación y que debilita a las plantas pero no las mata inmediatamente. Posteriormente, un simple estrés adicional causa la muerte. Los efectos acumulativos del estrés (factores que lo predisponen) han sido bien documentados por Manion (1981; citado por Jones y Sharitz, 1998) para árboles adultos, sin embargo, no han sido entendidos para plantas en el bosque.

A nivel experimental se ha demostrado que la sobrevivencia de algunas especies se incrementa cuando la competencia con herbáceas se reduce. El rápido agotamiento del agua se debe a procesos fenológicos tempranos o a cubiertas vegetales con grandes densidades de especies anuales y poca densidad de especies perennes. El sistema radicular de la planta inicialmente es muy pequeño y confinado al sitio en el que se encuentra; por esta razón, el suelo en el que se establecen nuevas plantas puede ser inadecuado para proporcionarle sus requerimientos de agua y nutrientes. La falta de agua puede ser amortiguada controlando la competencia de la vegetación. El riego experimental en plantaciones de árboles puede incrementar el crecimiento de las plantas durante el establecimiento, por lo que es necesario determinar los requerimientos de agua de cada especie para que las plantas puedan crecer al máximo.

La competencia entre individuos, de la misma o de diferente especie, propicia la reducción del establecimiento o puede inhibir o retardar el crecimiento de varias especies leñosas (Schultz *et al.*, 1955; citado por Gordon y Rice, 2000; Davis y Mooney, 1985; Cohn *et al.*, 1989; Williams y Hobbs, 1989; Stein, 1990 y Davis *et al.*, 1991; citados por Fuchs *et al.*, 2000; De Steven, 1991a; Gordon y Rice, 2000; Meiners y Handel, 2000). Se ha visto que existen especies que pueden colonizar y germinar en una serie de hábitats sucesionales (González-Espinosa *et al.*, 1995).

Con relación a la mortalidad de plantas generalmente no se hace distinción entre la causa de muerte. La desaparición puede originarse por el ramoneo, la herbivoría o enfermedades, entre otras causas. El ramoneo de los renuevos puede causar la mortalidad de las plantas de varias especies de árboles en el bosque (Fuchs *et al.*, 2000). Muchas plantas que sufren daños considerables mueren; sin embargo algunas que tienen suficientes reservas pueden sobrevivir al ramoneo. El daño por ramoneo puede afectar la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas de un sitio, pero en otro puede no afectarlas. Las causas de esta diferencia no pueden ser fácilmente explicadas, sin embargo pueden ser debidas a la presencia de poblaciones de pequeños mamíferos. La alta mortalidad de plantas por herbivoría por insectos ha sido observada bajo condiciones de competencia y alto consumo de hojas. El crecimiento decrece en la misma proporción que la intensidad de la herbivoría aumenta. También la mortalidad puede ser resultado del consumo de las raíces por roedores.

La interacción entre herbivoría y competencia en plantas durante el establecimiento se debe a la alta vulnerabilidad al estrés ambiental en esta fase del desarrollo (Dirzo, 1984). Con alta incidencia de herbivoría y competencia, éstas asignan mayor biomasa a la raíz que a las partes aéreas. Aunque la respuesta de las plantas en esta situación es más complicada debido a que el incremento en la asignación de recursos a la raíz puede ser una desventaja por la competencia por la luz.

El establecimiento en campo a partir de la siembra de semillas puede ser afectado por el tipo de bosque y por la depredación por parte de algunos roedores (Camacho-Cruz *et al.*, 2000) o artrópodos que viven cerca de las áreas de establecimiento, debido a que son depredadores que pueden utilizar a las semillas como alimento.

En las primeras semanas de vida las plantas jóvenes tienen tejidos blandos y altamente susceptibles a las infecciones micóticas (especialmente por la humedad), al daño por animales, y a la desecación. Los tejidos tienden a

endurecerse pronto, sin embargo continúan sujetas a varios factores de mortalidad (Kozlowsky, 1971; Bewley y Black, 1982).

Las plantas de árboles también pueden presentar enfermedades causadas por hongos, bacterias o virus. La muerte de plantas pequeñas por “ahogamiento” es causada por el ataque de hongos, principalmente por *Pythium ultimum* y *Rhizoctonia solani*, y en menor proporción por *Botrytis cinerea* y *Phytophthora* spp. El micelio de estos organismos se encuentra en el suelo, donde contaminan a las plantas. *Pythium* y *Phytophthora* producen esporas que son diseminadas por el agua. Según Hartman y Kester (1995) el ahogamiento puede ser: a) Preemergente, cuando la plánta se pudre antes de emerger del suelo; b) Postemergente, cuando se desarrolla pudrición en el tallo cerca de la superficie del suelo; c) Tallo de alambre, cuando el tallo se vuelve anillado y finalmente muere; y d) Pudrición de la raíz, las raíces se pudren y la planta muere. La temperatura y humedad durante el crecimiento temprano determinan la tasa de crecimiento de los hongos patógenos. Por ejemplo *P. ultimum* y *R. solani* se desarrollan con temperaturas entre 20 y 30° C, disminuyendo su presencia con temperaturas fuera de este intervalo. Con respecto al contenido de humedad, el riego excesivo, mal drenaje, falta de ventilación y alta densidad de siembra, son factores asociados con las enfermedades fungosas. Si las semillas se sometieron a temperaturas elevadas para su germinación, es importante reducir esas temperaturas cuando las plantas son pequeñas.

Nutrientes

También se han realizado estudios sobre la aplicación de nutrientes durante el establecimiento de plantas. Varios autores concuerdan en que eliminando la limitación de nutrientes a través de su aplicación es la forma más eficiente para incrementar la productividad de un sitio (Allen, 1987; Besnier, 1989). Los componentes con los que más se ha experimentado son nitrógeno y potasio, y en algunos casos su interacción. Estos nutrientes son requeridos en la mayoría de los suelos. La aplicación experimental de nitrógeno incrementa la altura y el área foliar de la planta; mientras que la aplicación de potasio incrementa el diámetro basal (Chang, 2003). Se recomienda que cuando se evalúe la respuesta a la adición de nutrientes, se dé agua a las plantas y se elimine la competencia con las herbáceas. Otros autores han determinado que la germinación y sobrevivencia puede verse favorecida por un alto contenido de materia orgánica (Camacho-Cruz *et al.*, 2000).

Suárez (1998) evaluó el establecimiento de *Quercus acutifolia*, *Q. germana* y *Q. xalapansis* en tres ambientes del BMM del estado de Veracruz: borde, sol y bosque. Encontró que *Q. acutifolia* sobrevivió en los tres ambientes hasta los

seis meses, acumulando mayor biomasa en condiciones de borde y en condiciones de sol. Su conclusión fue que la orilla constituye un ambiente adecuado para el desarrollo de estas especies.

3.5 Bosque mesófilo de montaña

El BMM ha sido estudiado en México desde hace al menos cinco décadas. Este tipo de bosque ha recibido diferentes denominaciones (Rzedowski, 1978): selva nublada, cloud forest, selva baja siempre verde, forest dense humide de montagne, moist montagne forest, bosque caducifolio, berg-regenwald, bosque deciuo templado, bosque ombrófilo de montaña, montane rain forest, ever-green cloud forest, pine-oak *Liquidambar* forest, y forêt caducifoliée humide de montagne. Esta diversidad de nombres revela un tipo de vegetación con diferentes elementos, tanto de bosques siempre verdes como bosques con hojas caducas. Estas denominaciones son bastante heterogéneas desde el punto de vista fisiológico, pues incluye bosques bajos, de mediana estatura y muy altos, tanto perennifolios como caducifolios y también a menudo disímiles en cuanto a la biología de la polinización (Luna *et al.*, 1994; Rzedowski 1996).

El BMM se desarrolla en regiones con climas tipo Cf de la clasificación de Köppen 1948 (citado por Rzedowski, 1978). En la zona de Xalapa, Soto y Gómez (1990) reportan el clima C (fm) que es templado-húmedo con lluvias todo el año y temperatura media anual de 18 °C. También prospera en lugares con clima Af, Am, Aw y Cw (Rzedowski, 1978).

Es un tipo de vegetación con abundancia de epífitas, trepadoras y pteridofitas. Aunque en muchas regiones predominan los árboles perennifolios, lo común es que el bosque clímax, nunca se vea completamente defoliado. El periodo de carencia del follaje es breve en los meses más fríos del año (Rzedowski, 1978). El BMM está determinado por las condiciones bioclimáticas más que por los suelos, ya que éstos son muy diversos, tanto por su naturaleza como por su grado de evolución. Las condiciones climáticas necesarias para su formación son las temperaturas moderadas y la alta humedad atmosférica. Su vegetación es consecuencia de una gran cantidad de lluvia orográfica y de la presencia de nubes (Vogelman, 1975 y Monroe, 1968; citados por Luna *et al.*, 1994).

En el inventario nacional forestal (SARH, 1994) se reporta que la superficie del BMM es de 142,371 hectáreas a nivel nacional, distribuidas de la siguiente manera: Oaxaca con 35,217 (24.73%), Chiapas con 27,526 (19.33%), Hidalgo

con 21,641 (15.20%), San Luís Potosí con 17,184 (12.06%), Guerrero con 14,156 (9.94%), Veracruz con 12,325 (8.65%), Puebla con 7,452 (5.23%), y Colima con 6,870 (4.80%). Los estados que tienen mayor extensión de este tipo de vegetación son Oaxaca, Chiapas e Hidalgo. Veracruz se encuentra entre los tres estados con menor extensión de BMM; su extensión sólo es mayor que las de Puebla y Colima. Se localiza generalmente entre los 1000 y 2000 msnm (Pennington y Sarukhán, 1968). Sin embargo, en Veracruz se presenta desde los 400 msnm (Rzedowski, 1978).

La distribución geográfica del BMM abarca una franja angosta y más o menos continua, que se inicia en la región de Xilitla, en el sudeste de San Luis Potosí y corre a lo largo de las laderas de barlovento de la Sierra Madre Oriental, hasta el centro de Veracruz (Huatusco, Sierra de Zongolica, Xalapa). Al sur de Veracruz se localiza en el Volcán de San Martín en la región de Los Tuxtlas (Gómez-Pompa, 1965). En las Sierras del norte y del nordeste de Oaxaca existe también un área aislada, al igual que en el suroeste de Tamaulipas (Sierra de Cucharas), en algunos enclaves menores del centro-norte del mismo estado, y en el este de Nuevo León. En los macizos montañosos de Chiapas, en la parte sur del Istmo de Tehuantepec forma varios manchones de tamaño diverso.

El BMM también existe en la vertiente pacífica del país, pero ahí su presencia es más dispersa, tanto a lo largo de la Sierra Madre del Sur como en la Sierra Madre Occidental (hasta Sinaloa y Durango), y en el Eje Volcánico Transversal. Sin embargo, salvo algunas áreas en Oaxaca y Guerrero, está prácticamente confinado a cañadas húmedas y algunas laderas protegidas (Rzedowski, 1996). La disposición archipelágica de estos bosques ha favorecido la conformación de grupos de especies endémicas que han evolucionado en Mesoamérica (Luna *et al.*, 1994).

A pesar de la conformación limitada y discontinua del BMM, es importante resaltar su alta diversidad. Rzedowski (1991, 1996) estimó la riqueza florística en aproximadamente 3000 especies, lo que significa un 10% de la flora total del país, por lo que puede considerarse un tipo de vegetación con un alto índice de diversidad en México. Para el BMM se han reportado 178 especies de vertebrados, de las cuales el 31% (56 especies) son endémicas (Flores y Gerez, 1988).

El registro fósil indica la presencia del BMM en México desde el terciario. En tal contexto se postula que este tipo de vegetación evolucionó integrando elementos de afinidades ecológicas apropiadas de la antigua flora del sur de

Laurasia, de la flora llegada de Sudamérica, y de plantas provenientes de otros tipos de vegetación (Rzedowski, 1978).

Los trabajos que describen el BMM y su flora son numerosos. Destacan los trabajos de Miranda y Sharp (1950), Gómez-Pompa (1965, 1966), Luna *et al.* (1983), Correa (1981), Zolá (1987), Castillo-Campos (1991), Mata (1991), Pérez (1991), Zamora (1992), Williams-Linera (1993), Williams-Linera y Tolome (1995), Smith-Portilla (1995), Chacón *et al.* (1995), y Luna (1997). De estos trabajos, sólo los Luna *et al.* (1994) y Tolome (1993) tratan aspectos biogeográficos.

Entre los trabajos que describen algunos aspectos de la estructura, densidad de los árboles y efecto de borde están los de Pérez (1991), Williams-Linera (1993), Croda (1992), y Smith-Portilla (1995).

Pérez (1991) determina y compara la estructura del estrato arbóreo y las áreas basales de los árboles en tres sitios de BMM con diferentes altitudes. La densidad de los tres sitios fue estadísticamente similar, pero con diferencias notables en la composición florística.

Williams-Linera (1993) determinó las variaciones en la estructura y composición florística de la vegetación de borde en el BMM del "Parque Ecológico Francisco Javier Clavijero", Instituto de Ecología A. C. (Xalapa, Veracruz). Encontró que los bordes del bosque son diferentes tanto en estructura como en composición florística.

Croda (1992) analizó la distribución, densidad y área basal de árboles de cinco fragmentos del BMM en Coacoatzintla, Veracruz. La reducción de la vegetación en la zona por fragmentación divisiva, extrusiva, frontal y envolvente, tiene un efecto de borde en los organismos (*sensu* Harris y Silva-López, 1993). Encontró diferencias significativas en la densidad de los segmentos con respecto a la distancia del borde hacia el interior, en las categorías diamétricas, en el área basal y en el número de árboles en cada fragmento. El efecto de borde fue diferente en cada fragmento. El microclima del borde puede ser desfavorable para algunas especies de plantas, limitando su desarrollo, incrementando la tasa de mortalidad de las plantas y reduciendo el reclutamiento de nuevos individuos.

Smith-Portilla (1995) determinó las diferencias estructurales, la composición arbórea y el índice de diversidad del BMM de Coacoatzintla, Veracruz, bajo dos condiciones de exposición. En la zona expuesta encontró un total de 61 especies (iguales o mayores a 5 cm de DAP), mientras que en la zona

protegida sólo encontró 39 especies. Dentro de subcuadros de 400 m² encontró 14.92 individuos en la zona expuesta y 8.52 individuos en la zona protegida. La densidad de individuos mayores de 5 cm de DAP fue de 4,197 en la zona expuesta y de 869 en la zona protegida.

Gran parte de la cubierta vegetal de nuestro país ha sido degradada o ha desaparecido. Muchas especies de bosque están al borde de la extinción (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Los suelos han sido utilizados con fines agrícolas, pecuarios o en desarrollos urbanos y en general su mal manejo los ha llevado a ser improductivos.

Los fragmentos funcionan como islas de vegetación natural, rodeadas por un mar de otros tipos de comunidades, como vegetación secundaria o cultivos. Al aumentar la fragmentación de la vegetación original los bordes aumentan. Williams-Linera (1997) define a los bordes como zonas de contacto entre dos comunidades vegetales estructuralmente diferentes. Sostiene que la orilla da lugar a un gradiente de condiciones microclimáticas (Williams-Linera, 1990). La zona de influencia de los bordes tiene un ancho entre 15 y 20 m. Mas allá de esa distancia las condiciones microambientales y de estructura no se ven influenciadas por la permanencia del campo adyacente.

Por otro lado, Young (1995) ha señalado que los bordes en el dosel constituyen pulsos de recursos (*hot spots*) que propician el aumento en la tasa fotosintética, en el área foliar y en la biomasa vegetal. Como consecuencia de esto aumentan las poblaciones de herbívoros y carnívoros.

Williams-Linera (1992) estudió la planta hemiepipífita *Oreopanax capitatus*, que en su etapa adulta solo vive en los bordes del BMM. Por consiguiente, no todas las especies resultan afectadas de la misma manera por la fragmentación.

Pedraza y Williams-Linera (2005) encontraron que *Carpinus caroliniana* y *Lyquidambar styraciflua* aumentaron en el borde y en el claro, y su crecimiento fue mayor con riego y exclusión de depredadores.

4. LAS ESPECIES ESTUDIADAS

Las especies seleccionadas para este estudio son plantas leñosas que se reproducen por semillas. *P. mexicana* y *T. havanensis* pertenecen al estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña. A continuación, se hace una breve descripción de ambas.

4.1 *Platanus mexicana* Moric.

Es un árbol de origen holártico, monoico, caducifolio, que pertenece a la familia Platanaceae, con un solo género: *Platanus*. Llega a medir hasta 35 m de altura. El tronco es recto y la corteza presenta exfoliación en grandes placas, formando áreas blancas (Nee, 1981). Se encuentra ampliamente distribuido en la parte norte de América (Luna *et al.*, 1994) y está bien representado en el registro fósil de Norteamérica (Standley y Steyenmark 1946).

Nombres comunes para *P. mexicana*: álamo, haya, chicocohuite (Pennington y Sarukhán, 1968), ocozote. Presenta hojas peltadas en las que existe mucha variación en la forma, contorno y tamaño. Las hojas de las ramas fértiles son más pequeñas, con lámina ovado-acuminada. En las ramas estériles la lámina es de mayor tamaño, con dientes más agudos y más pequeños que terminan en glándulas. Lámina de 9-20 cm de largo y de 8-20 cm de ancho. El haz escasamente tomentoso con pelos ramificados, pequeños, el envés denso y persistentemente tomentoso, con pelos dendríticos blancos o rojizos. Estípulas prominentes, rodeando a la rama en forma de un anillo cilíndrico de 5-6mm de largo, algunas veces tomentoso o estrigoso.

Inflorescencias generalmente unisexuales raramente con cabezuelas masculinas y femeninas (Boothroyd, 1930). Inflorescencias masculinas de 3-7 cm de largo. Raquis tomentoso y a menudo estrigoso, en forma de cabezuela de 2-5 por inflorescencia, globosas de 7-11 cm de largo, formadas por anteras alargadas de 2.0-2.5 mm de largo.

Inflorescencias femeninas apicales de 12-30 cm de largo, con 2-5 hojas. Inflorescencia de 2.3-4.6 cm de diámetro, sésil en la mayoría de los casos o cortamente pedunculada. Flores femeninas numerosas (Nee, 1981), (Figura 1).

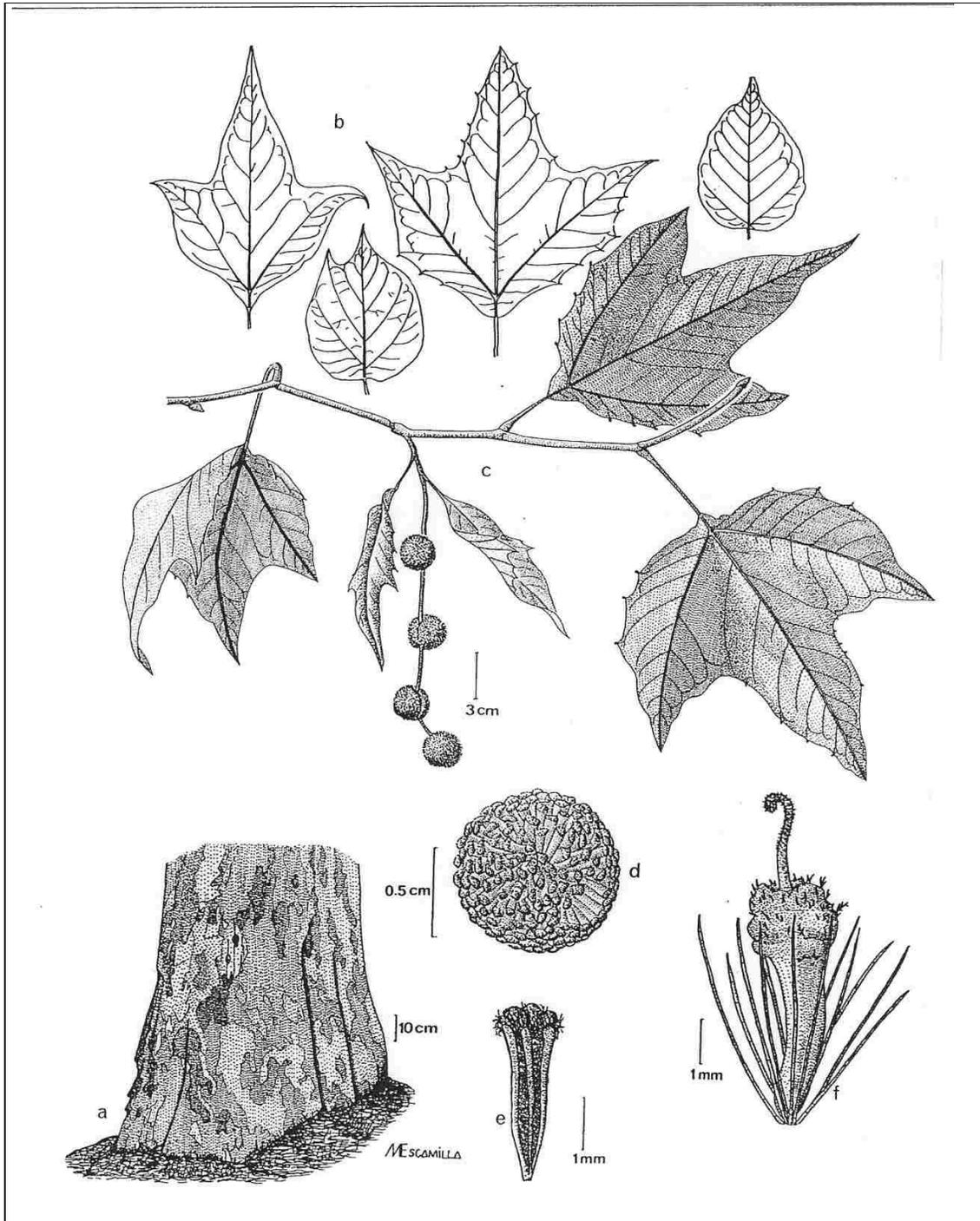


Figura 1. *Platanus mexicana* Moric. a) corteza del árbol; b) polimorfismo foliar; c) rama con inflorescencia femenina; d) fruto; e) y f) semillas. Tomado de Nee (1981).

El fruto es un *aqenosum* (*achene* = aquenio; *osum* = lleno de), fruto compuesto formado de aquenios secos indehiscentes, donde cada fruto tiene

un pericarpio escaso que es la mayor parte del fruto. Este tipo de infrutescencia se origina a partir de una inflorescencia agregada (Spujt, 1994).

Semillas en forma de forma alargada de 0.8 cm de largo con estilo linear persistente, tomentoso en el ápice, con un conjunto denso de pelos simples ascendentes de 5 a 6 mm de largo en la base. El embrión de 3 mm de largo con dos cotiledones.

Platanus es un género con afinidades holárticas que se encuentra representado tanto en el este como en el oeste de los Estados Unidos y Eurasia. La flora de la región Caribeña, aunque presenta mayoritariamente elementos neotropicales, también incluye a este género (Rzedowski, 1978). La distribución actual de *P. mexicana* es en las localidades de Tlalchinol, Gómez Farías, Tamaulipas (Bracho y Puig, 1987), en las zonas riparias de Chiapas, el este de Hidalgo, norte de Puebla y en Guatemala (Nee, 1981). En Veracruz, de acuerdo con la revisión de especímenes del herbario del Instituto de Ecología A. C., se ha colectado en veintitrés municipios.

Rzedowski (1978) considera que el género *Platanus* es de origen boreal característico de las zonas montañosas de México. Su límite de distribución al sur son las montañas de Guatemala y el Salvador. Menciona que la flora, fisiografía y climatología del sur de México son muy similares a las de América Central, por lo que esta región comúnmente se concibe como una sola área fitogeográfica, que constituye el límite meridional de *Platanus*. Luna *et al.* (1994) mencionan que *P. mexicana* es una especie endémica de México y Guatemala. Miranda (1952; citado por Rzedowski 1978), considera que es importante señalar la presencia de *Platanus* en la vegetación riparia y en los encinares.

P. mexicana es fuente de madera de calidad para la elaboración de muebles, produce un exudado que tiene usos industriales y origina una gran cantidad de materia orgánica en el suelo debido a la cantidad de hojarasca que tira anualmente. Se siembra como ornamental. La hoja hervida se utiliza para el asma (Nee, 1981). También se utiliza como sombra para café (Arias, 1983).

4.2 *Trichilia havanensis* Jacq.

Es un árbol de origen tropical, perennifolio, dioico, de 4-12 m de altura que pertenece a la familia Meliaceae (Pennington y Sarukhán, 1968). Con tronco recto, copa redondeada y densa. Madera con albura de color crema muy claro

o blanco, con olor fragante; corteza finamente fisurada (Ortega, 1987) de color grisáceo claro. Nombre común: limoncillo, cucharillo, garrapatilla, cuache, naranjillo, palo de cuchara (Pennington y Sarukhán, 1968), rama tinaja, limoncillo, ciruelillo (Niembro, 1983).

Presenta ramas pardas verdosas a moreno verdosas y brillantes, con abundantes lenticelas protuberantes y morenas, pubescentes en las partes jóvenes y glabras en las viejas. Hojas compuestas de 6-25 cm de largo, de 3-9 folíolos opuestos, glabros, elípticos, obovados y orbiculares de 5-12 cm de largo y de 1-3cm de ancho. Verde-oscuro y brillante en el haz y verde pálido o verde grisáceo en el envés, margen entero (Ortega, 1987). Ápice redondeado o agudo, base aguda o atenuada y decurrente, pecíolo y raquis ligeramente alados, con escasa pubescencia; peciolo pulvinado (Pennington y Sarukhán, 1968) (Figura 2).

Tiene flores masculinas y femeninas en la misma rama, formando panículas axilares (Standley y Steyermark, 1946). Flores masculinas muy perfumadas de 8-9 mm de diámetro, con pedicelos cortos de 3-5 mm de largo, ovados, agudos, pubescentes en la superficie exterior. Cinco sépalos de color crema de 1.0-1.5 mm de largo, ovado, agudo, pubescente en la superficie exterior. Pétalos (4 a 5) de color crema verdoso, de 1.5-5.0 mm de largo y 2.6 mm de ancho, generalmente unidos en un tubo estaminal de 3.46 mm de largo o libres hasta la base, glabros o con escasa pubescencia en la superficie exterior, barbados en la superficie interior. Anteras alargadas, glabras de 1.21 mm de largo. Ovario súpero de 1.5 mm de largo y 1.42 mm de ancho, lóculos uniovulares, 3-4 locular, rodeado en la base por un nectario anular, glabro de 0.5 mm de longitud. Estilo de 1.0 mm de largo más corto que los estambres; estigma truncado y glabro.

Flores femeninas en pedicelos más cortos que las masculinas, fragantes de 4-5mm de diámetro, sépalos y pétalos de 3.5 mm de largo y 2.2 mm de ancho, semejantes a la flor masculina, estambres (8 a 10) unidos en un tubo de forma semejante a la flor masculina. Ovario rodeado por un nectario de 0.4 mm de longitud, anular glabro; ovario uniovular 3-4 locular, de 1.61 mm de ancho y 1.0 mm de largo; estilo grueso de 0.75 mm de longitud, estambres de 2.24 mm de largo (Standley y Steyermark, 1946; Pennington y Sarukhán, 1968; Albert *et al.*, 1993).



Figura 2. *Trichilia havanensis* Jacq. a) rama con inflorescencias masculinas; b) flor masculina; c) flor femenina; d) infrutescencia. Pennington y Sarukhán (1968).

Los frutos son cápsulas de 1.0-1.5 cm de largo, por 2-4 cm de diámetro, valvadas, de color verde.

Semillas con dos cotiledones grandes, planos carnosos, ovales. Con radícula corta, inferior. Con una capa de endospermo triploide, externo o lateral, suave, carnososo, blanco o crema, opaco o traslúcido (Niembro, 1983).

Con semillas de forma ovoide u oval de 5-8cm de largo, rodeadas en la base por un arilo carnososo. Contienen de 1 a 4 semillas ovoides de 6-8mm de largo, de color rojo, rodeadas en la base por un arilo de color amarillento o blanco (Kribs, 1930; Pennington y Sarukhán, 1968). La testa es de color rojo oscuro, lisa o ligeramente rugosa, lustrosa u opaca, crustácea, aproximadamente de 0.2-0.3mm de grosor. El embrión es recto y grande, ligeramente comprimido, de color amarillo o crema y ocupa la parte central de la semilla (Niembro 1983).

Rzedowski (1978) considera que *T. havanensis* es una de las especies con distribución ininterrumpida desde Sudamérica hasta México, un elemento propio de la vegetación secundaria y de lugares perturbados. La distribución del género *Trichilia* es de zonas tropicales (Luna *et al.*, 1994).

Con respecto a las relaciones florísticas con África, Hemsley (1879-1888; citado por Rzedowski, 1978) considera que este género es un elemento de esta afinidad geográfica. En la Huasteca Hidalguense se presenta en las zonas más protegidas que guardan mayor cantidad de humedad (Luna *et al.*, 1994).

Esta especie produce madera muy dura de color blanco, que se utiliza en la fabricación de mangos para herramientas, muebles, tallado de figuras, cajas, cucharas, y para la producción de leña. La corteza se usa en medicina tradicional para la malaria y el control de parásitos. En Guatemala se utiliza para elaborar remedios contra la malaria (Standley y Steyermark, 1946).

Los usos industriales son para la elaboración de aceites, perfumes, cremas, cosméticos y productos de limpieza para el hogar. De los frutos se extraen limonoides que se utilizan para la producción de insecticidas que repelen insectos plaga (Anónimo, 1999).

Las ramas de esta especie son usadas en casi todo el estado de Veracruz para poner el altar del “día de muertos”. Las ramas se venden en los mercados y florerías. Son extraídas de las poblaciones del bosque y se usan para hacer los arcos que adornan los altares. También es usada como ornato en parques, jardines y avenidas. Las flores son melíferas (Arias, 1983).

En especies del género *Trichilia* se han encontrado sustancias que se utilizan para la elaboración de insecticidas de origen vegetal, sustancias

fungicidas, esteroides o inhibidores de adhesión celular, a continuación se citan algunos los trabajos de investigación encontrados.

Las hojas de *T. havanensis* contienen trichavensina, que es un prieurianino (Rodríguez-Hahn *et al.*, 1996). Otras especies, como *T. clausenii*, contienen gama-lactonas, triterpenoides, fenil alkanoico-omega y ácidos alkenicos (Pupo *et al.*, 1998). Benencia *et al.* (1997) determinaron sustancias antivirales a partir de polisacáridos crudos presentes en las hojas de *T. glabra*.

Garcés *et al.* (1997b) encontraron sesquiterpenos en *T. catigua*. Se han reportado limonoides de *T. emetica* (Gunatilaka *et al.*, 1998) y en *T. elegans* (Garcés *et al.*, 1997a).

Se ha obtenido un nuevo limonoide y un nuevo triterpenoide a partir del pericarpio de *T. connaroides* (Inada *et al.*, 1994). En *T. rubra* se encontraron limonoides menores (Musza *et al.*, 1995); mientras que en *T. elegans* spp. *elegans* se han encontrado protolimonoides (Garcés *et al.*, 1996).

Nores *et al.* (1997) describieron actividades inmunomoduladoras en extractos acuosos de hojas de *T. elegans* y *T. cedrela lilloi*.

Chauret *et al.* (1996) encontraron nuevos esteroides a partir de *T. hirta* y *T. clausenii*. Pupo *et al.* (1997) encontraron esteroides en *T. clausenii*. Musza *et al.* (1994) encontraron un potente inhibidor de la adhesión celular en *T. rubra*.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

6.1 Conocer la fenología, germinación y establecimiento de dos especies de bosque mesófilo de montaña que den información para su distribución potencial.

Objetivos particulares

6.2.1 Determinar y describir los cambios fenológicos de hojas, flores y frutos de *Platanus mexicana* Moric. y *Trichilia havanensis* Jacq. en un bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz.

6.2.2 Conocer las condiciones óptimas para la germinación en invernadero o laboratorio de ambas especies, variando condiciones ambientales como luz, profundidad de siembra, humedad y temperatura.

6.2.3 Analizar las tendencias de crecimiento de las plantas bajo diferentes condiciones de luz, humedad y nutrientes.

6.2.4 Inferir la distribución potencial de ambas especies a partir de parámetros climáticos y físicos de los sitios de colecta.

6. PREGUNTAS E HIPÓTESIS

Las preguntas planteadas al inicio de esta investigación fueron: ¿Cuál es el comportamiento fenológico de *Platanus mexicana* Moric. y *Trichilia havanensis* Jacq.? ¿El ambiente tiene alguna influencia sobre los cambios fenológicos de estas especies? Ello nos permitirá saber cuándo se producen semillas y cuántos árboles fructifican, entre otros aspectos.

Por otro lado, con respecto a la germinación de semillas y al establecimiento de las plantas ¿Cuál es el porcentaje de germinación que presenta cada especie?, ¿En qué condiciones germinan más semillas?, ¿Qué relación existe entre la germinación y las condiciones microambientales?, ¿Cómo afecta la cantidad de agua al crecimiento?, ¿Cómo afecta la cobertura del dosel el establecimiento de plantas en el bosque?, ¿Es necesario agregar nutrimentos para incrementar la sobrevivencia y el crecimiento?

Con base en los aspectos teóricos de cada apartado de este trabajo, se han planteado las siguientes hipótesis de trabajo:

7.1 Fenología.

Las plantas presentan frecuencias de cambios fenológicos que son acordes con los factores ambientales, las características genéticas de la especie, el origen geográfico y la distribución de cada especie (Fournier, 1969; Auguspurguer, 1983; Alvarez y Guevara-Sada, 1985; Ratchcke y Lacey, 1985; Bracho y Puig, 1987; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Por lo tanto, la hipótesis de trabajo para la fenología es:

H_a Los cambios fenológicos de las especies en estudio van a estar relacionados con los cambios climáticos regionales.

H_o = Los cambios fenológicos de las especies en estudio no se van a encontrarán relacionados con los cambios climáticos de la región.

7.2 Germinación.

La vida independiente de una planta superior comienza en el momento en que la semilla germina. La mayoría de las semillas contiene poca agua en el momento de la dispersión, así que necesitan un medio externo húmedo para hidratarse, además de una temperatura adecuada y luz para iniciar la germinación, (Bewley y Black, 1982; Besnier, 1989; Hartman y Kester, 1995; Vázquez-Yanes y Batís, 1996; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

H_a = La germinación de las especies en estudio será mayor en un medio con altos valores de temperaturas fluctuantes y humedad.

H_o = No va a variar la germinación de las especies en estudio, con altos valores de temperaturas fluctuantes y humedad.

7.3 Establecimiento.

Las plantas que crecen en sombra, desarrollan una estructura y una apariencia diferente de las que crecen directamente bajo luz solar (del Amo y Gómez-Pompa 1976; Ludlow-Wiechers y Vázquez-Yanes 1976; Spurr y Barnes, 1982; Crow, 1988; Callaway y D'Antonio, 1991; Callaway, 1992). Las plantas toman los nutrientes del suelo, junto con el agua; por lo tanto, el éxito del establecimiento de las plantas depende de los diferentes niveles y la disponibilidad cada recurso existente (Billings, 1968; Daubenmire, 1979). El bajo crecimiento que presentan algunas especies leñosas, es causado por el estrés de humedad y la inhabilidad de la planta para adquirir nutrimentos. Por otra parte, durante el establecimiento se han realizado estudios para determinar el crecimiento bajo la aplicación de nutrientes. Varios autores coinciden que aplicando los nutrimentos esenciales, el establecimiento y crecimiento se ven incrementados por la propia adición y su interacción con el agua (Nambiar y Zed, 1980, y Burdet *et al.*, 1984, citados por Van der Driessche *et al.*, 2003; Van der Driessche *et al.*, 2003; Allen *et al.*, 1987; Chang, 2003). Para esta parte del trabajo la hipótesis de trabajo, es:

H_a = Durante el establecimiento, las plantas que reciban nutrientes y agua y se coloquen en condiciones intermedias de luz, tendrán un mayor crecimiento.

H_3 = No habrá variación durante el establecimiento, en el crecimiento con diferentes condiciones de luz, agua y nutrientes.

7.4 Área potencial.

Para poder establecer una especie con éxito es necesario conocer e interpretar las condiciones climáticas de los sitios en los que se ha colectado. Cada especie soporta un intervalo de condiciones climáticas que la hacen única. Cruzando la información de cada especie con el sistema de información climático-cartográfico, se puede determinar el área potencial donde puede establecerse (Soto *et al.*, 1984; Soto, 1985).

H_a = Debido a las condiciones climáticas mayormente tropicales del Estado, y el origen geográfico de las especies, al menos una de las especies, podrá presentar un área potencial de establecimiento mayor o menor.

H_o = Debido a las condiciones climáticas mayormente tropicales del Estado, el área potencial de establecimiento de las especies será similar en el estado.

7. ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Veracruz está ubicado al este de la República Mexicana entre los paralelos 17°10' y 22°15' de latitud norte y entre los meridianos 93°35' y 98°34' de longitud oeste, quedando dentro de la zona tropical del hemisferio norte (Soto y García, 1989). Tiene una extensión territorial de 71,699 km², que corresponde al 3.7% de la superficie del país (INEGI, 1990).

Veracruz comprende siete provincias geológicas, que son: Llanura Costera del Golfo Norte y Llanura Costera del Golfo Sur, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra de Chiapas, Sierra de Guatemala y Eje Neovolcánico Transversal (INEGI, 1988). Debido a su topografía y orografía se originan diversas cuencas hidrológicas, como son: Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Actopan, La Antigua, Jamapa, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá (Calles, 1997). Para una descripción más detallada de las condiciones fisiográficas del estado se puede consultar INEGI (1982).

La zona de estudio se encuentra localizada en los municipios de Coatepec y Xalapa, situados en la región montañosa del centro del estado (Figura 3), en las estribaciones orientales del Cofre de Perote, lo que da lugar a un terreno accidentado.

El clima que cubre casi la mitad del municipio de Xalapa es el C (fm), templado-húmedo con lluvias todo el año, temperatura media anual de 18 °C y precipitación media anual de 1490.5 mm (Soto y Gómez, 1990).

Las observaciones fenológicas y la colecta de semillas se realizaron en el nacimiento de las cuencas del río Actopan y La Antigua. La zona de observaciones fenológicas del municipio de Xalapa se encuentra en la cuenca del río Actopan. Esta zona tiene numerosos causes permanentes y temporales de poca extensión, siendo la mayoría de sus afluentes Naolinco, Pastorías, Alto Lucero, Trapiche, Grande y San Antonio. Otras corrientes superficiales de agua del municipio de Xalapa son el río Sedeño, Sordo, Palma, Ojo Zarco, Limpio y Negro.

Las pruebas de germinación y establecimiento se realizaron en el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero, del Instituto de Ecología A. C., localizado en el Km. 2.5 de la carretera antigua a Coatepec, municipio de Xalapa, Veracruz.

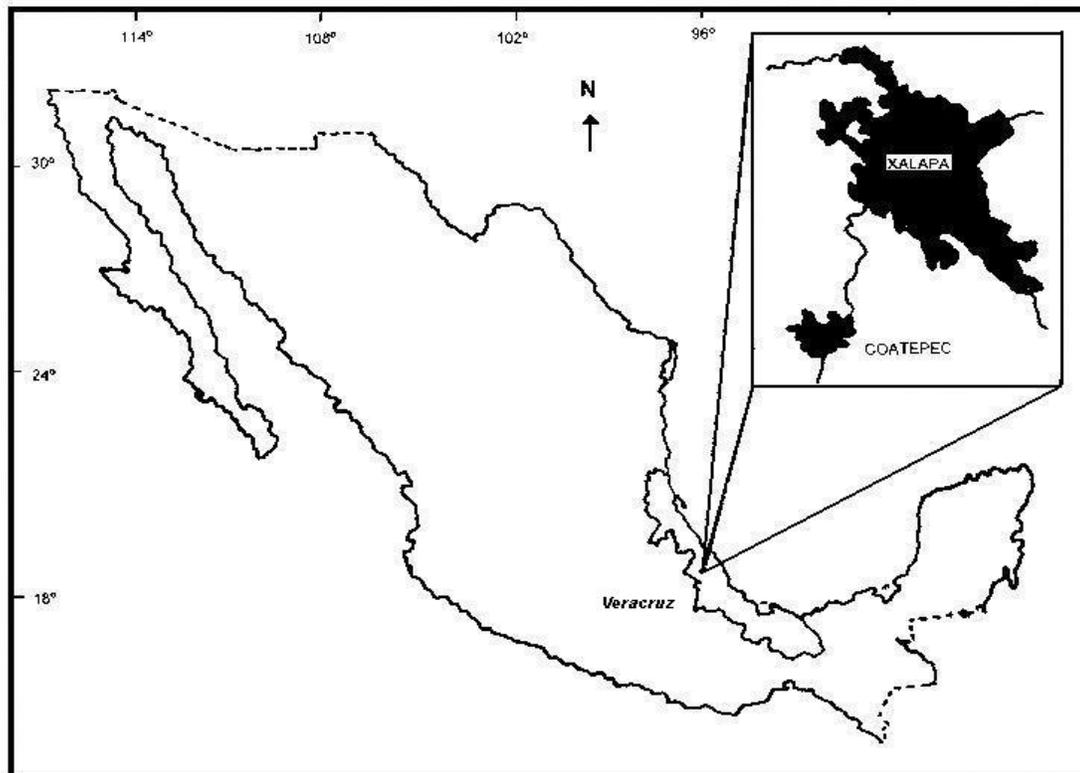


Figura 3. Localización geográfica del área de estudio en el municipio de Xalapa, Veracruz.

En la zona de estudio dentro del municipio de Xalapa los paisajes son antropogénicos, quedando algunas casas muy cercanas a la orilla del río Sedeño, algunas incluso hasta a menos de cinco metros. Cerca de esta zona, en el Puente Sedeño, descargan las aguas negras provenientes del poblado de Banderilla, Veracruz.

La zona de observaciones fenológicas del municipio de Coatepec, queda ubicada en la cuenca del río La Antigua, cuyos principales ríos afluentes son Consolapa, Sordo, Los Pescados, Texolo y Paso de Ovejas. Sus causas permanentes son el río La Orduña, que se conecta con Las Puentes y después con Jalcomulco y Cotaxtla. Cruzando el municipio también se encuentran los ríos Pixquiac, Hueyapan, Zocolopan, Xochiapan, Pinillos y Pintores, recibiendo diferentes denominaciones dependiendo de la cercanía de las localidades por donde cruzan (INEGI, 1996; INEGI, 1997; Calles, 1997).

Los tipos de clima que presenta el municipio de Coatepec son templado-húmedos C(m) caracterizado por presentar lluvias en verano, la precipitación del mes más seco es menor a 40 mm. Y C(fm) presenta lluvias en verano, siendo la precipitación del mes más seco mayor a 40 mm. Semicálido-húmedos (A)C(m) presenta lluvias en verano, la precipitación del mes más seco es menor a 40 mm, y (A)C con lluvias en verano, la precipitación del mes más seco es mayor a 40 mm.

El promedio de precipitación media anual es de 1,800mm al año (Soto y Gómez, 1990).

La vegetación original en la zona de estudio, dentro del municipio de Coatepec, ha sido sustituida por cafetales, con árboles de sombra de géneros como *Inga*, *Lonchocarpus*, *Grevillea*, pastizales inducidos, quedando zonas remanentes muy pequeñas de BMM en la orilla de los ríos.

8. METODOLOGÍA GENERAL

Se diseñó una serie de pruebas para responder a las interrogantes planteadas. La información que se derivó de este estudio fue a través de condiciones experimentales en el campo, laboratorio e invernadero (Figura 4).

El método se dividió en cuatro etapas: a) Observaciones fenológicas; b) Pruebas de germinación en invernadero y laboratorio; c) Establecimiento en campo de plantas en tres diferentes coberturas de dosel; y d) Determinación del área potencial donde pueden reintroducirse o establecerse estas especies. Estas etapas se describen por separado en los apartados respectivos.

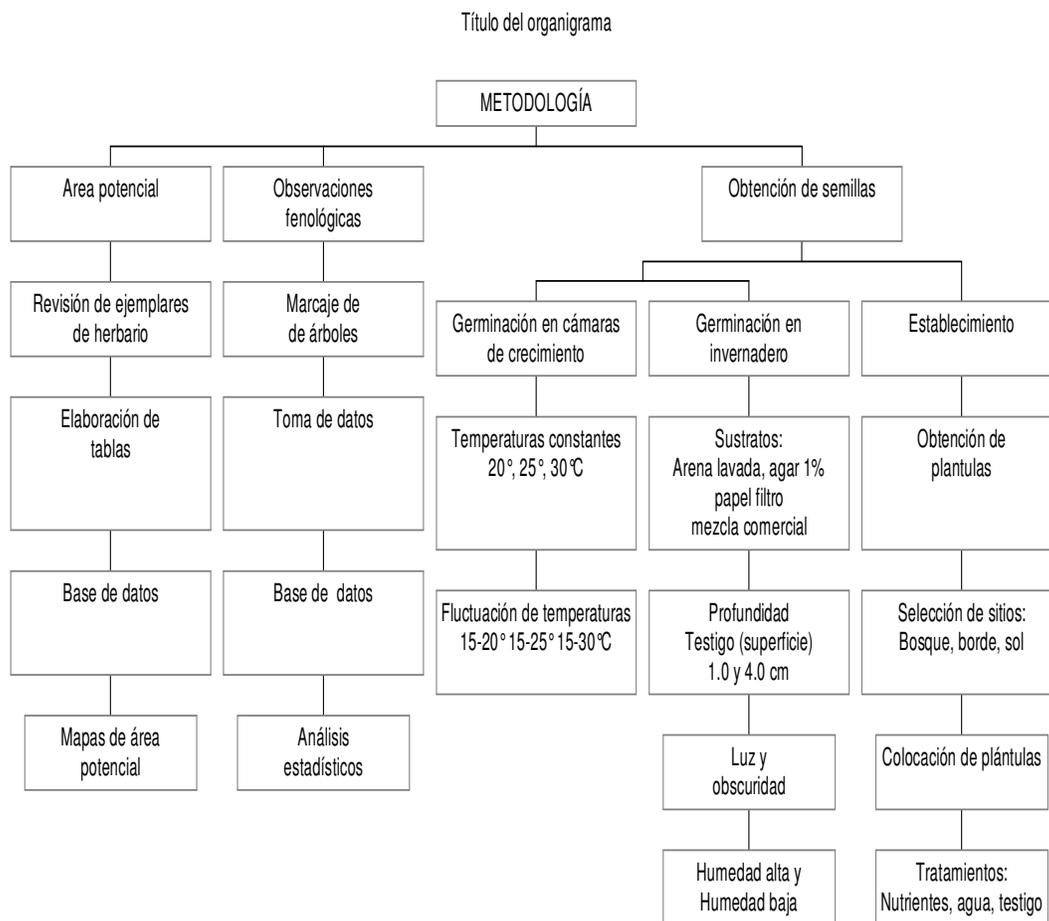


Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología aplicada en este trabajo.

9. FENOLOGÍA

9.1 Metodología

9.1.1 Revisión bibliográfica

En diferentes fuentes bibliográficas se buscó información sobre fenología, como foliación, defoliación, floración y fructificación de *Platanus mexicana* Moric. (Platanaceae) y *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae).

9.1.2 Trabajo de campo

Para monitorear los cambios fenológicos se marcaron y etiquetaron de manera permanente diez árboles de cada una de las especies en estudio.

1. En la orilla de los ríos se escogieron y marcaron cinco individuos de cada especie. Los de *P. mexicana* se marcaron en la rivera del río La Orduña; los de *T. havanensis* en la rivera río El Sedeño.
2. En los remanentes de BMM se marcaron los otros diez individuos (cinco árboles de cada especie).

Las observaciones se hicieron cada quince días durante un período de dos años (de enero de 1994, a diciembre de 1995).

Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) con una cinta métrica. El tamaño del árbol se calculó con un clinómetro que se construyó con un transportador alineado con una plomada vertical. La altura del árbol se midió sumando la distancia horizontal y la altura del ojo del observador. Las estructuras de los árboles se observaron con ayuda de binoculares.

9.1.2.1 Fenología

La fenología se evaluó usando un método cualitativo y uno cuantitativo (Schirone *et al.*, 1990):

Método cualitativo. Consistió en registrar las fechas de inicio y término de las fases fenológicas de foliación, defoliación, floración, y fructificación. Para determinar cada fase fenológica se utilizó la escala porcentual propuesta por Fournier y Charpantier (1974) y modificada por Frankie *et al.* (1974) y Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985) basado en el tamaño del árbol. En esta escala se establecen cinco rangos o ámbitos de presencia de la estructura observada (Tabla 1). Los resultados se expresan en porcentaje de presencia de la estructura, especificando el número que le correspondió para las observaciones fenológicas.

Tabla 1. Escala porcentual de estructuras fenológicas.

Clases	Porcentajes
0	Ausencia de la estructura
1	Presencia del 1 al 25 % de la estructura
2	Presencia del 26 al 50 % de la estructura
3	Presencia del 51 al 75 % de la estructura
4	Presencia del 76 al 100 % de la estructura

Método cuantitativo: La escala de la Tabla 1 también se usó para estimar cuantitativamente las fenofases de foliación, defoliación, floración, fructificación y producción de semillas.

a) Foliación se consideró esta fenofase como el periodo desde de la aparición de los brotes de color verde-amarillento en *P. mexicana*. Y por la presencia de brotes pequeños de color verde claro-amarillento en *T. havanensis*.

b) Defoliación Se consideró esta fenofase cuando las hojas estuvieron secas y presentaron colores café-verdoso, beige o café, en *P. mexicana*. Esta fenofase en *T. havanensis*, se consideró cuando las hojas se tornaron de color amarillento o anaranjado.

C) Floración fue el periodo desde la aparición de las yemas florales hasta cese de la producción de polen y el momento del marchitamiento y desprendimiento de los pétalos. Para el caso de *P mexicana* el desprendimiento de las inflorescencias masculinas debido a que las femeninas permanecieron adheridas para su desarrollo en infrutescencias. Esta fenofase en *T. havanensis* se caracterizó por la aparición de brotes florales de color

verdoso, que se transformaron en flores con pétalos de color crema-verdoso. Las flores femeninas fueron de menor tamaño que las masculinas.

D) Fructificación esta fenofase se consideró en *P. mexicana* a partir de que las cabezuelas iniciaron su crecimiento y desarrollo, es decir el periodo que abarcaron los diferentes estadios del fruto, desde su aparición hasta la maduración. En *T. havanensis* las características que se consideraron para definir esta fenofase fueron la pérdida de los pétalos de las flores y la iniciación del desarrollo del fruto.

E) Producción de semillas es parte de la fructificación, desde la maduración y apertura de los frutos hasta su dispersión. Sin embargo en este trabajo se consideró por separado, como una etapa de producción de semillas. Para poder determinar la mejor época del año para la colecta de semillas maduras para las pruebas de germinación. En *P. mexicana* esta fenofase fue determinada desde el momento en que las semillas alargadas se desprendieron fácilmente de las cabezuelas. En *T. havanensis* fue determinada desde el momento en que las cápsulas trímeras dehiscentes iniciaron su apertura y la cubierta de las semillas se tornó color rojo.

9.1.3 Determinación de parámetros climáticos

Se elaboró un diagrama ombrotérmico con los datos de viento, precipitación y temperatura de los años 1994 y 1995. Estos datos se obtuvieron de los registros meteorológicos de la Estación Climatológica de Xalapa, que es una dependencia de la Comisión Nacional del Agua. Las variables consideradas fueron precipitación total mensual, promedios de temperaturas máxima, mínima y media; dirección, velocidad promedio mensual y velocidad máxima del viento.

9.1.4 Análisis estadístico

Se realizó una prueba de normalidad para verificar que los datos tuvieran una distribución normal. Se elaboraron gráficos con los promedios mensuales obtenidos de cada individuo y de cada especie.

Se elaboró un fenoclimograma con los parámetros climáticos (precipitación total, temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura media) y los promedios de cada fase fenológica (foliación, floración, fructificación y producción de semillas). Los gráficos se elaboraron con el programa MS Excel versión 7.1 (Microsoft, 2000).

Con los valores de los factores ambientales (temperatura promedio, mínima, máxima y precipitación) y con los datos obtenidos para las fases fenológicas (foliación, floración, fructificación y producción de semillas), se realizó una prueba de correlación lineal simple y se elaboraron los gráficos correspondientes. Para la ejecución de este análisis se usó el programa Statistica versión 1984-2000.

9.2 Resultados

9.2.1 Parámetros climáticos

En el diagrama ombrotérmico (Figura 5) se aprecian dos épocas de lluvias durante el período de estudio. La primera se presentó de mayo a septiembre de 1994; la segunda de junio a agosto del siguiente año. El promedio mensual de temperatura osciló entre 17° y 25° C.

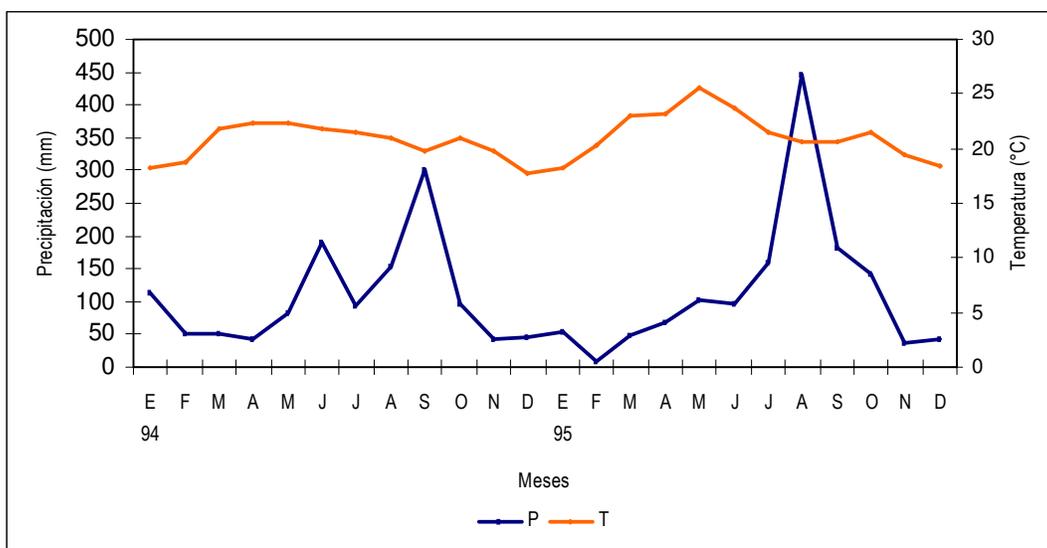


Figura 5. Diagrama ombrotérmico para la estación de Xalapa durante los años 1994 y 1995. Se presentan los promedios mensuales de precipitación y temperatura. (P = precipitación; T = temperatura).

De acuerdo con los datos de la Estación Meteorológica de Xalapa (CNA), durante el período de estudio los vientos dominantes tuvieron una dirección SSE. En la zona hubo incidencia de viento todo el año, por lo que no se pudo precisar una época de vientos.

En 1994 los valores más altos de velocidad media de los vientos (2.2 Km h^{-1}) se registraron durante los meses de enero, marzo, mayo, junio y agosto. En 1995 los valores más altos de velocidad media de los vientos se presentaron en febrero (2.6 Km h^{-1}), mayo (2.2 Km h^{-1}) y octubre (2.6 Km h^{-1}) (Figura 6). En la zona de estudio se detectaron tres incrementos de la velocidad máxima de

los vientos. En 1994 hubo un incremento de febrero a mayo. En 1995 hubo un incremento durante febrero y marzo, y otro en septiembre y octubre.

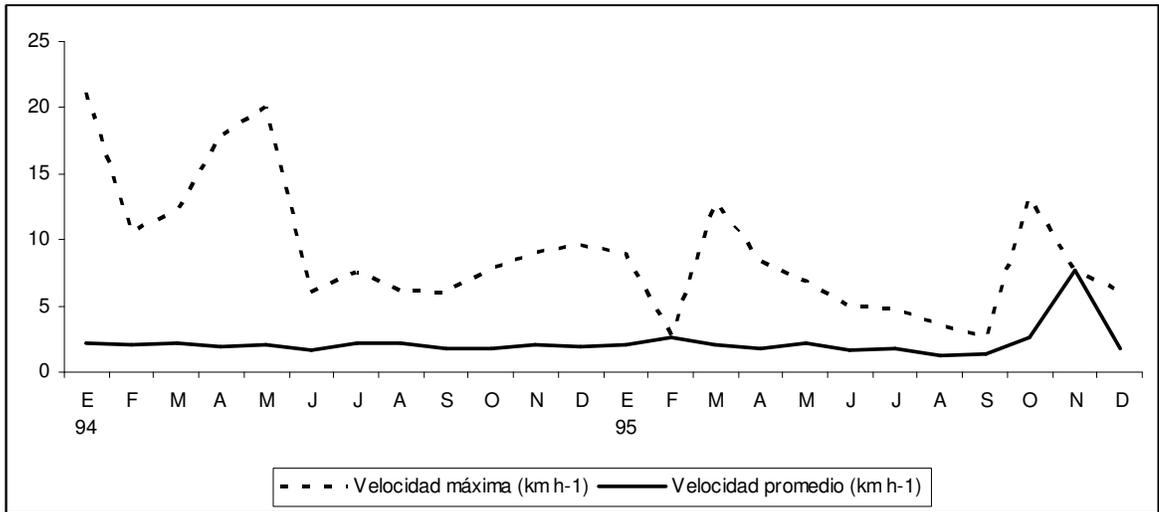


Figura 6. Promedio de la velocidad (V Med), y la velocidad máxima (V Max) del viento durante el período de estudio.

9.2.2 Fenología de *Platanus mexicana* Moric.

Al iniciar la etapa de observaciones fenológicas se establecieron de esta especie, cinco árboles en la ribera del río La Orduña y cinco árboles en la zona remanente del bosque. Se pensó en la posibilidad de que por la ubicación podrían presentar diferencias en los resultados. Sin embargo, debido a que no se encontraron diferencias en el comportamiento fenológico, de los árboles que se observaron en la ribera del río, con respecto a los árboles observados en la zona remanente de bosque, los análisis estadísticos se hicieron considerando los diez individuos.

Los 10 árboles de *P. mexicana* que se consideraron en este estudio fueron adultos en etapa reproductiva. Estos árboles tuvieron alturas entre 10.0-20.0 m (promedio 15.4 ± 3.2 m).

El diámetro a la altura del pecho (DAP) varió entre 25.4-47.5 cm (36.6 ± 8.8 cm en promedio) (Tabla 2).

Tabla 2 Valores de altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) de cada árbol.

ÁRBOL	DAP (cm)	ALTURA (m)
1	25.4	10
2	26.3	12
3	28.7	13
4	30.1	14
5	34.4	16
6	36.8	15
7	45.9	17
8	46.2	19
9	44.8	18
10	47.5	20

Los patrones fenológicos de foliación, floración, fructificación y producción de semillas de *P. mexicana* se relacionaron con la temperatura promedio (Figura 7) y con la precipitación (Figura 8).

En el Anexo 1 se presentan los gráficos de los periodos de foliación, permanencia de las hojas, floración, fructificación y permanencia de semillas de cada individuo observado.

En el anexo 2 se encuentran los gráficos de correlación entre las diferentes fases fenológicas, con la precipitación, la temperatura media, la temperatura mínima y la temperatura máxima de esta especie.

En la tabla 3 se encuentran, los valores de Correlación de Spearman de la fenología de *P. mexicana* con los factores ambientales.

Foliación. En el primer año de observaciones el 50 % de los árboles, iniciaron la foliación en febrero; mientras que en el otro 50%, la foliación inició en marzo.

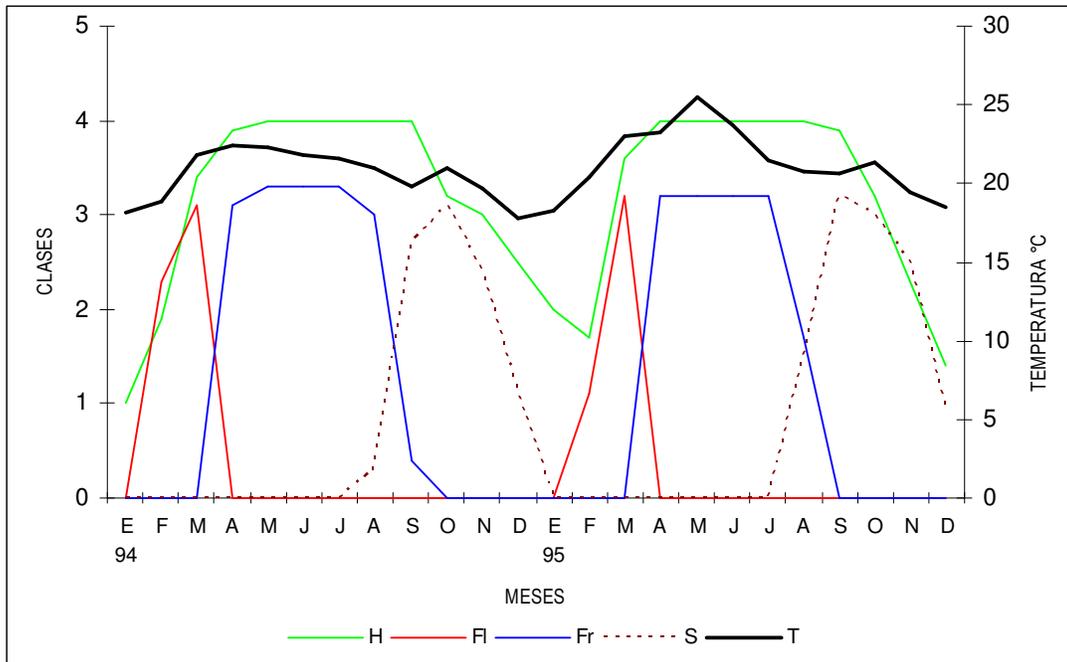


Figura 7. Fenología (media de diez individuos) de hojas, flores, frutos y semillas de *P. mexicana* y la temperatura media anual en dos años de observaciones. (H = hojas; FI = floración; Fr = fructificación; S = semillas; T = promedio de temperatura).

En el segundo año, sólo el 20% inició la foliación en febrero, mientras que en el 80% la foliación inició en marzo. En ambos períodos esta fenofase estuvo relacionada con el aumento de temperatura y la disminución de la precipitación.

Las hojas permanecieron en el primer año de observaciones el 80 % de árboles conservaron sus hojas hasta el mes de septiembre; mientras que el 20 % de árboles las conservaron hasta octubre.

En el segundo año el 10 % de árboles, conservaron las hojas hasta agosto; en el 70 % de árboles hasta septiembre; en el 10 % de árboles hasta octubre y en el 10 % de árboles restante hasta noviembre.

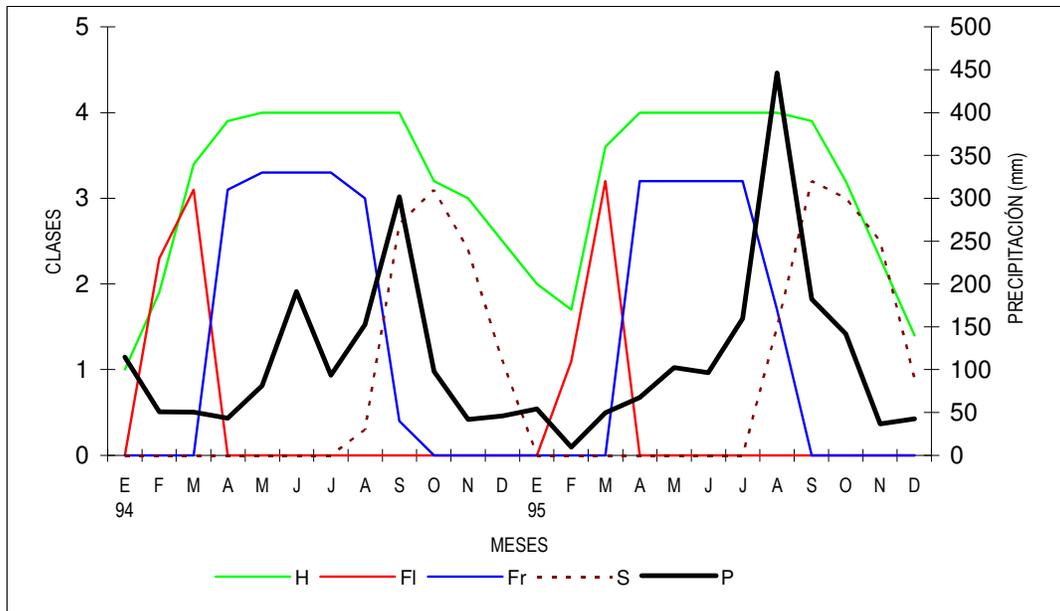


Figura 8. Fenología (media de diez individuos) de hojas, flores, frutos y semillas de *P. mexicana* y el promedio de precipitación anual de dos años de observaciones. (H = hojas; FI = floración; Fr = fructificación; S = semillas; P = precipitación).

Los datos cuantitativos de ambos períodos de observación permitieron ubicar a todos los individuos dentro de la clase 4 de foliación (100% de foliación). En ambos años, esta fenofase ocurrió simultáneamente con los períodos de mayor precipitación.

En el análisis de correlación de la producción de hojas, con la temperatura mínima ($r^2= 0.7882$; $r=0.8878$) se encontraron valores que reflejaron una correlación que se consideró como buena. La correlación de la foliación con la precipitación, reflejó un valor positivo en el que no existe correlación ($r^2= 0.1940$; $r= 0.4405$). La correlación de las producción de hojas con la temperatura media ($r^2= 0.5446$; $r=0.7380$); y con la temperatura máxima ($r^2= 0.3995$; $r=0.6321$), arrojó un valores positivos, pero no existe correlación (anexo 2; Tabla 3).

Defoliación. En esta especie todas las hojas producidas en un año se perdieron gradualmente hasta su totalidad. En el primer año de observación el 80 % de árboles iniciaron la defoliación a partir de octubre; mientras que en el 20 % de árboles comenzaron a tirar sus hojas en noviembre. En el segundo año de observaciones la caída de las hojas se inició en septiembre para el 10

% de árboles, en octubre para el 70 % de árboles, en noviembre para el 10 % de árboles y en diciembre también para un 10 % de árboles.

Todos los árboles iniciaron la foliación cuando aún había hojas del año anterior. Por esta razón en los gráficos no se refleja la pérdida total de hojas. Los datos cuantitativos mostraron que en el 50 % de árboles la foliación inició cuando éstos se encontraban en la clase 2 de defoliación; mientras que en el otro 50 % de árboles la foliación inició cuando éstos se encontraban en la clase 1. La caída de las hojas estuvo relacionada con la disminución de la precipitación que, en 1994 fue de septiembre a febrero, y en 1995 fue de agosto a noviembre. Se detectaron correlaciones significativas entre la defoliación y la precipitación, la temperatura media y con las temperaturas mínima y máxima.

Floración. En el primer año de observaciones el 100 % de los árboles iniciaron la floración durante la segunda mitad del mes de febrero y la primera de marzo. En el segundo año el 60 % de los árboles florecieron al final del mes de febrero y principios de marzo, mientras que en el 40 % de árboles florecieron durante marzo.

Por otro lado, los datos cuantitativos mostraron que durante el primer año de observaciones el 40 % de árboles tuvieron una floración del 100% (clase 4); el 40 % de árboles tuvieron un 75% de floración (clase 3); y un 20 % tuvo un 25% de floración (clase 1).

Durante el segundo año de estudio la magnitud de la floración también presentó variación entre individuos. En el 40 % de árboles se observó una producción de flores del 100% (clase 4); el 30 % de árboles tuvieron una producción del 75% (clase 3); y el 30 % de los árboles produjeron flores en un 50% (clase 2). En ambos años la fenología reproductiva coincidió con el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación (aunque en el segundo año hubo un leve aumento). En general se observó que aquel individuo que el primer año floreció con un porcentaje alto, al siguiente lo hacía con un porcentaje bajo y viceversa (Anexo1).

En el análisis de correlación de la floración, con la precipitación ($r^2= 0.0814$; $r=0.2852$); con el promedio de temperatura ($r^2= 0.0091$; $r=0.0952$); con la temperatura máxima ($r^2= 0.0125$; $r=0.1118$); y con la temperatura mínima ($r^2= 0.1386$; $r=0.3722$) se encontraron valores positivos, en los que no se encontró correlación (Anexo 2; Tabla 3).

Fructificación. En el primer año de observaciones el 20 % de árboles fructificaron de abril a julio; el 70 % de árboles lo hicieron de abril a agosto; y el 10 % restante fructificó de abril a septiembre.

En el segundo año de observaciones el 30 % de árboles fructificaron de abril a julio; el 70 % de árboles lo hicieron de abril a agosto.

El método cuantitativo mostró que en el primer año de estudio el 40 % de los árboles tuvieron un 100% de fructificación (clase 4); en el 40 % la producción fue del 75% de fructificación (clase 3); y en el 20 % de los árboles la producción fue del 25%, que correspondió a la clase 1.

En el segundo año el 40 % de árboles presentaron un 100% de fructificación (clase 4); 30 % de árboles tuvieron una fructificación del 75% (clase 3); y en el 30 % de árboles la fructificación fue del 50% (clase 2). En ambos períodos la producción de frutos ocurrió durante el aumento en la precipitación.

Los valores obtenidos en el análisis de correlación de la fructificación, con la precipitación ($r^2= 0.0323$; $r=0.1798$); y con la temperatura máxima ($r^2= 0.1813$; $r=0.4258$) fueron positivos, y mostraron que no hay correlación. Los valores obtenidos en el análisis de correlación de la producción de frutos con el promedio de temperatura ($r^2= 0.4426$; $r=0.6653$); y con la temperatura mínima ($r^2= 0.5426$; $r=0.7366$) fueron positivos, y mostraron una correlación baja (Anexo 2; Tabla 3).

Producción de semillas. El método cualitativo mostró variaciones en la producción de semillas entre un año y otro, incluso en un mismo individuo. Asimismo, con este método se detectaron variaciones con respecto al tiempo que las semillas permanecieron en el árbol.

En el primer año de estudio el 10 % de los árboles empezó a producir semillas a partir de agosto; en el 80 % de los árboles se observó a partir de septiembre; y el 10 % de los árboles restantes lo hizo en octubre.

Con respecto a la permanencia de semillas sobre los árboles, en el 50 % de los árboles las semillas permanecieron de agosto a diciembre; en el 30 % de los árboles permanecieron de septiembre a noviembre; en el 10% de los árboles permanecieron las semillas de octubre a diciembre; y en el 10 % restante estuvieron las semillas de septiembre a diciembre.

Durante el segundo año de observaciones el 40 % de árboles produjeron semillas en el mes de agosto; el 60 % de árboles lo hicieron a partir de

septiembre. La permanencia de las semillas fue de agosto a octubre en el 40 % de árboles; de septiembre a octubre en el 20 % de árboles; de septiembre a noviembre en un 30 % de árboles; y durante el mes de septiembre en el 10 % de árboles.

Con el método cuantitativo se determinó que durante el primer año en el 40 % de árboles produjeron 100% de semillas (clase 4); un 40 % de árboles produjo semillas en un 75% (clase 3); y el 20 % de árboles sólo produjeron un 25% de semillas (clase 1).

Durante el segundo año se observó que el 40 % de árboles presentaron semillas en un 100% (clase 4); el 30 % de árboles produjeron semillas en un 75% (clase 3); y en el 30 % de árboles restantes tuvieron una producción de semillas del 50% (clase 2). En ambos años esta fenofase estuvo relacionada con la baja de temperatura y precipitación.

Los valores obtenidos en el análisis de correlación de la producción de semillas con la precipitación ($r^2= 0.0922$; $r=0.3036$); con la temperatura máxima ($r^2= 0.0098$; $r=0.0988$); y con la temperatura mínima ($r^2= 0.0063$; $r=0.0793$), fueron positivos pero no se encontró correlación. El valor obtenido de la correlación con el promedio de temperatura fue negativo ($r^2= 0.0779$; $r= -0.2791$), y no se encontró correlación. (Tabla 3; Anexo 2).

Tabla 3 Valores obtenidos en el análisis de correlación de Spearman (R) de la fenología de *P. mexicana* con los factores ambientales.

<i>Platanus mexicana</i>		r^2	r	P	y
PRECIPITACIÓN	HOJAS	0.1940	0.4405	0.3120	2.7137 + 0.0044
	FLORES	0.0814	0.2852	0.1767	0.7247 + 0.0028
	FRUTOS	0.0323	0.1798	0.4005	0.9695 + 0.0028
	SEMILLAS	0.0922	0.3036	0.1492	0.4382 + 0.0038
PROMEDIO DE TEMPERATURA	HOJAS	0.5446	0.7380	0.00004	-4.6906 + 0.3775
	FLORES	0.0091	0.0952	0.6582	-0.6156 + 0.0487
	FRUTOS	0.4426	0.6653	0.00004	-9.9274 + 0.5360
	SEMILLAS	0.0779	-0.2791	0.1865	4.5805 + 0.1777
TEMPERATURA MÁXIMA	HOJAS	0.3995	0.6321	0.00009	-3.1449 + 0.2649
	FLORES	0.0125	0.1118	0.6028	1.5296 + 0.0493
	FRUTOS	0.1813	0.4258	0.0380	-5.4536 + 0.2811
	SEMILLAS	0.0098	0.0988	0.6461	-0.3728 + 0.0515
TEMPERATURA MÍNIMA	HOJAS	0.7882 *	0.8878 *	0.000000007	-3.3656 + 0.4360
	FLORES	0.1386	0.3722	0.0722	3.1637 + 0.1830

FRUTOS	0.5426	0.7366	0.00004	-7.3032 + 0.5698
SEMILLAS	0.0063	0.0793	0.7125	2.1314 + 0.0484

9.2.3 Fenología de *Trichilia havanensis* Jacq.

Al iniciar la etapa de observaciones fenológicas se establecieron de esta especie, cinco árboles en la ribera del río El Sedeño y cinco árboles en la zona remanente del bosque. Por su ubicación podrían presentar diferencias en los resultados. Sin embargo, debido a que no se encontraron diferencias en el comportamiento fenológico de los árboles que se encontraban en la ribera del río, con respecto a los árboles que se observaron en la zona remanente del bosque, los análisis estadísticos se hicieron considerando los diez individuos.

Los 10 árboles de *T. havanensis* que se consideraron en este estudio fueron individuos en etapa reproductiva. Estos árboles tuvieron una altura comprendida entre 2.9 y 8.0 m (promedio 5.1 ± 1.8 m). El diámetro a la altura del pecho (DAP) varió entre 6.8 y 25.4 cm (promedio 16.7 ± 8.4 cm) (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) de cada árbol.

ÁRBOL	DAP (cm.)	ALTURA (m)
1	25.4	8.0
2	25.1	7.2
3	25.1	4.6
4	12.4	3.5
5	10.1	3.8
6	8.5	4.5
7	23.2	7.0
8	24.3	6.0
9	7.0	3.5
10	6.8	2.9

Los patrones fenológicos de foliación, defoliación, floración, fructificación y producción de semillas de *T. havanensis* se relacionaron con la temperatura promedio (Figura 9) y con la precipitación (Figura 10). En el Anexo 1 se presentan los gráficos de los períodos de floración, fructificación y la etapa de producción y permanencia de semillas de cada individuo observado.

En el Anexo 2 se muestran los gráficos de correlación entre las diferentes fases fenológicas, con la precipitación, la temperatura media, la temperatura mínima y la temperatura máxima de esta especie.

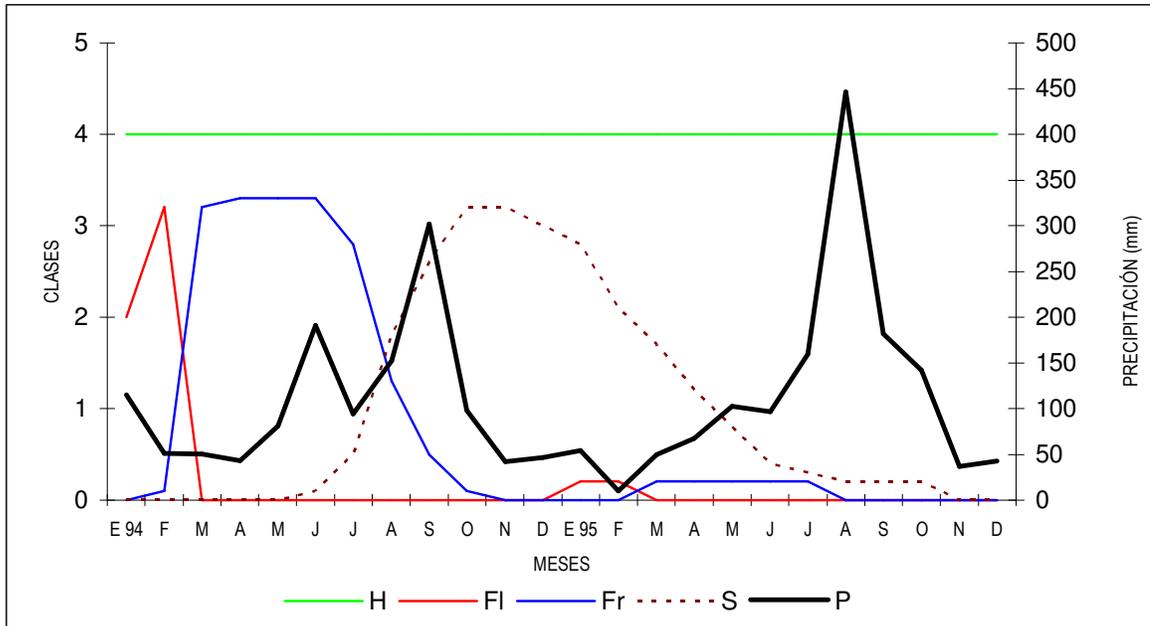


Figura 9. Fenología (promedio de diez individuos) de dos años de observaciones de hojas, flores frutos y semillas de *T. havanensis* y el total de precipitación. (H = hojas; FI = floración; Fr = fructificación; S = semillas; P= precipitación).

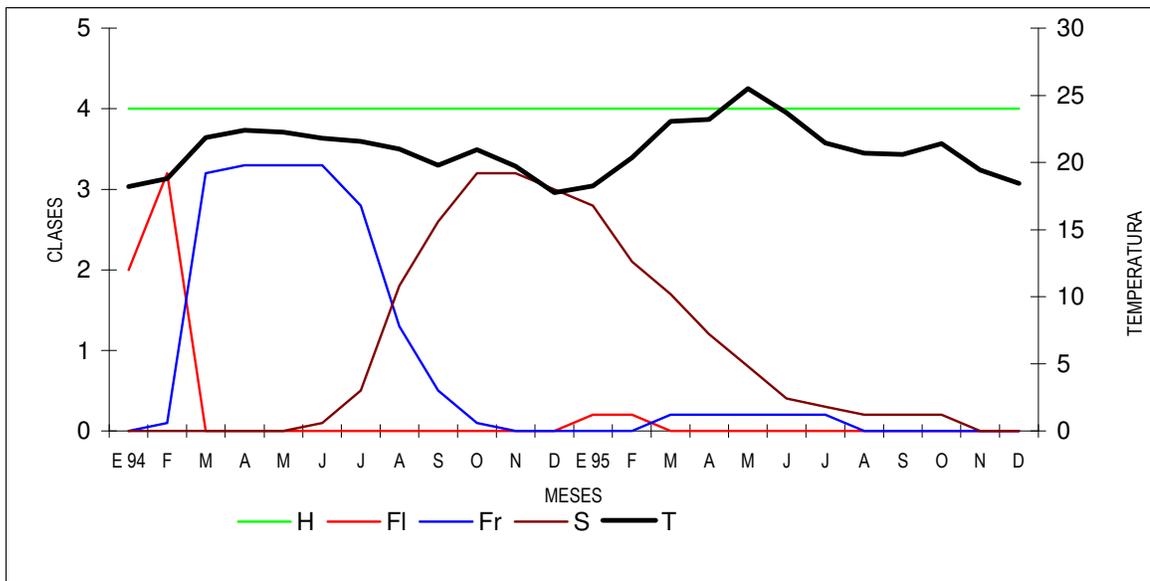


Figura 10. Fenología (promedio de diez individuos) de dos años de observaciones de hojas, flores frutos y semillas de *T. havanensis* y el promedio de la temperatura. (H= hojas; FI = floración; Fr = fructificación; S = semillas; T = temperatura).

Foliación. Por la cantidad de hojas maduras que presentaron, todos los árboles observados se ubicaron dentro de la clase 4 de permanencia de hojas (100% de permanencia). Esta especie tuvo hojas verdes durante todo el año.

El análisis de correlación no reflejó valores cuantificables debido a que, la variable dependiente no tiene varianza.

Defoliación. Durante el periodo de observación la defoliación fue muy baja, con un incremento en los meses de baja temperatura y antes de la formación de nuevas hojas. En el primer año de observaciones la defoliación ocurrió en el mes de enero; mientras que en el segundo año ésta ocurrió a principios de febrero. La defoliación no se reflejó en los gráficos debido a que se consideró menor al 20% en los 10 árboles observados. Los análisis de correlación entre esta fenofase y las variables ambientales no se realizaron porque no hubo varianza en la defoliación.

Floración. Se encontraron variaciones entre individuos con respecto a la etapa de producción de flores y a la cantidad de flores. Durante el periodo de observaciones hubo individuos que sólo florecieron el primer año, mientras que otros florecieron en los dos años que duraron las observaciones.

En el primer año de observaciones todos los árboles florecieron durante la segunda mitad del mes de enero y la primera de febrero. En el segundo año sólo florecieron dos árboles, la floración se observó entre la segunda mitad de enero y la primera de febrero.

Durante el primer año de observaciones en el 70% de los árboles la floración se ubicó dentro del 100% la clase 4; mientras que en el 10% de los árboles se ubicó en la clase 3; y en el 20% de los árboles se encontró que floración del 75%, se ubicó en la clase 1. Durante el segundo año dos árboles quedaron dentro de la clase 1, 25% de floración; los ocho árboles restantes no presentaron floración (clase 0).

La floración tuvo correlaciones negativas con la precipitación ($r^2= 0.0162$; $r= -0.1275$); con la temperatura media ($r^2= 0.1493$; $r= -0.3864$); con la temperatura mínima ($r^2=0.2578$; $r= -0.5078$); y con la temperatura máxima ($r^2= 0.1667$; $r= -0.4083$); pero no se encontró correlación (Tabla 5, Anexo 2).

Fructificación. Aunque todos los individuos fructificaron, se detectaron diferencias entre individuos en cuanto a la cantidad de frutos y el tiempo en que se éstos se desarrollaron y permanecieron en los árboles.

La fructificación es consecuencia de la calidad y cantidad de la floración, por lo tanto, el patrón observado en la floración fue similar al encontrado en la fructificación. Durante el periodo de observaciones hubo individuos que sólo fructificaron el primer año, mientras que otros fructificaron en los dos años que duraron las observaciones.

De acuerdo con el método cualitativo, en el primer año de observaciones el 10% de los individuos fructificó en febrero, mientras que el 90% de los árboles iniciaron la fructificación durante el mes de marzo. Con respecto a la permanencia de frutos sobre los árboles, en dos árboles los frutos permanecieron de marzo a agosto; en cinco árboles de marzo a julio y en tres árboles de marzo a junio.

En el segundo año de observaciones la fructificación se presentó nuevamente solo en el 20% de los árboles, manteniendo sus frutos de marzo a julio y de abril a julio. En el 80% de los árboles no se presentó fructificación, los árboles mantuvieron frutos del año anterior.

Los datos cuantitativos mostraron que en el primer año de observaciones en el 70% de los árboles se tuvo un 100% de fructificación (clase 4); en el 10% de los árboles la fructificación fue del 75% (clase 3); y en el 20% de los árboles observados la fructificación fue del 25% (clase 1). En el segundo año; en el 80% de los árboles no se presentó la fructificación (clase 0); en el 20% de los árboles se presentó un 25% de fructificación (clase 1). Esta fenofase ocurrió simultáneamente con el aumento de la temperatura y la precipitación.

En el análisis de correlación de la fructificación, con la precipitación, se encontró que fue negativa negativa ($r^2= 0.0003$; $r= -0.0571$), pero no se encontró correlación. Se encontraron valores positivos de la fructificación, con la temperatura media ($r^2= 0.1071$; $r=0.3272$); con las temperatura máxima ($r^2= 0.0551$; $r=0.2347$); y con la temperatura mínima ($r^2= 0.0558$; $r=0.2363$), pero no se encontró correlación. (Tabla 5; Anexo 2).

Producción de semillas. El método cualitativo mostró que en el primer año tres árboles empezaron a producir semillas en el mes de julio; cinco árboles lo hicieron a partir de agosto; y los dos árboles restantes lo hicieron a partir de septiembre. Con respecto al tiempo de permanencia de semillas sobre los árboles, en el 10% de los árboles las semillas permanecieron de julio/94 a abril/95; en otro 10% de árboles de julio/94 a julio/95; en un 10% de árboles de agosto/94 a julio/94; en 20% de árboles de agosto/94 a febrero/95; en un 10%

de árboles de septiembre/94 a febrero/95; en un 10% de árboles de agosto/94 a marzo/95; en un 10% de árboles de julio/94 a marzo/94.

En el segundo año de observaciones ocho árboles no produjeron semillas; en dos árboles restantes (individuos 5) empezó a producir semillas de agosto a octubre; un árbol presentó semillas de agosto a octubre (individuo 7).

Se determinó que en el primer año de observaciones en el 70% de los árboles se produjo 100% de semillas (clase 4; en el 10% de los árboles se produjeron semillas en un 75% (clase 3; y en el 20% de los árboles sólo se produjo un 25% de semillas (clase 1). Durante el segundo año se observó que en el 20% de los árboles se produjeron semillas en un 25% (clase 1); y en los ocho árboles restantes no se produjeron semillas, debido a que se mantuvieron adheridos en los árboles, los frutos del año anterior.

En el análisis de correlación de la producción de semillas, se obtuvieron correlaciones negativas con todos los parámetros climáticos, con la precipitación, ($r^2=0.0142$; $r= -0.1192$); con la temperatura media ($r^2=0.0618$; $r= -0.2485$); con la temperatura máxima ($r^2=0.0002$; $r= -0.0131$); y con la temperatura mínima ($r^2=0.0212$; $r= -0.1454$); en los que no se encontró correlación (tabla 5; Anexo 2).

Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis de correlación de Spearman (R) de la fenología de *T. havanensis* con los factores ambientales.

<i>Platanus mexicana</i>		r^2	r	P	y
PRECIPITACIÓN	HOJAS	*	*	*	*
	FLORES	0.0162	-0.1275	0.5528	0.3424 + 0.0009
	FRUTOS	0.0003	-0.0571	0.7909	0.8711 + 0.0005
	SEMILLAS	0.0142	-0.1192	0.5790	1.1743 + 0.0014
PROMEDIO DE TEMPERATURA	HOJAS	*	*	*	*
	FLORES	0.1493	-0.3864	0.0622	3.3870 + 0.1507
	FRUTOS	0.1071	0.3272	0.1186	-3.7778 + 0.2181
	SEMILLAS	0.0618	-0.2485	0.2416	4.2295 + 0.1537
TEMPERATURA MÁXIMA	HOJAS	*	*	*	*
	FLORES	0.1667	-0.4083	0.0476	3.3631 + 0.1305
	FRUTOS	0.0551	0.2347	0.2696	2.2878 + 0.1282
	SEMILLAS	0.0002	-0.0131	0.9517	1.1713 + 0.0066
TEMPERATURA	HOJAS	*	*	*	*

MÍNIMA	FLORES	0.2578	-0.5078	0.0113	3.1005 + 0.1901
	FRUTOS	0.0558	0.2363	0.2663	-1.4933 + 0.1513
	SEMILLAS	0.0212	-0.1454	0.4977	2.3148 + 0.0663

* La variable dependiente no tiene varianza.

9.3 Discusión

Platanus mexicana

Debido a que no se encontraron diferencias en el comportamiento de los ciclos fenológicos de esta especie en los árboles observados en la ribera del río, con respecto a los observados en las zonas remanentes de BMM en la zona de estudio, los análisis estadísticos se realizaron tomando en cuenta los diez árboles observados.

La mayoría de los árboles observados estuvo sincronizada en un tiempo particular cada año. Con el aumento de la temperatura se emiten los brotes foliares, iniciando la foliación. Esta condición de que las plantas cuenten con lluvia todo el año, probablemente es lo que hace que las hojas crezcan en tamaño, porque se emiten yodos los brotes foliares y después las hojas solo aumentan de tamaño. En la zona de estudio llueve casi todo el año pero se observa que se incrementa un período de lluvias durante el verano, y este aumento en la cantidad de lluvia, es probable que haga que las hojas permanezcan en los árboles. Al disminuir la cantidad de lluvia las hojas empieza la defoliación (Figura 8).

En las especies holárticas la foliación se presenta de enero a abril, de octubre a noviembre, o en febrero (Tolome, 1993). Esto concuerda con lo encontrado en *P. mexicana* en los dos años de observaciones del presente estudio (Anexo 1). La foliación se dió en los primeros cuatro meses del año.

Las variables climáticas juegan un papel importante en la fenología de algunas especies del BMM. Vergara (1999) encontró correlaciones positivas entre la fenofase de foliación y las temperaturas mínima, máxima y media; estos resultados coinciden parcialmente con lo obtenido para *P. mexicana* en el presente estudio, ya que, se encontró una correlación, considerada como buena con la temperatura mínima (Figura 7). Por los resultados obtenidos esta especie aprovecha el incremento de la temperatura para emitir sus hojas.

El patrón de foliación de *P. mexicana* coincide parcialmente con lo reportado por Williams-Linera (1997) para las especies de *Carpinus*, *Liquidambar*, *Platanus* y *Quercus* presentes en el BMM; donde la foliación de estas especies tuvo correlación positiva significativa con la temperatura máxima. Los datos obtenidos indican que existió una buena correlación entre temperatura mínima y foliación.

Con frecuencia se observa que los procesos fenológicos están relacionados con el origen geográfico de las especies y con los factores climáticos. Para las especies Holárticas del BMM se ha reportado que la defoliación se presenta de noviembre a febrero o de agosto a marzo (Tolome, 1993). Esto concuerda con lo encontrado en el presente estudio para *P. mexicana*. Al igual que en el trabajo mencionado, la defoliación está relacionada con la disminución de la temperatura y la precipitación, durante otoño e invierno.

Con respecto a la fenología de la defoliación, Bracho y Puig (1987) detectaron que un grupo de especies de BMM tales, como *Liquidambar*, *Cersis* y *Acer*, son de afinidad templada y pierden las hojas a principios de la época fría. Los resultados de estos autores coinciden con lo obtenido en el presente estudio para *P. mexicana* y con lo que ya había sido reportado por Correa (1981), quien detectó que la defoliación en esta especie ocurre cuando disminuye la precipitación e inicia la época de sequía.

Además del carácter caducifolio de *P. mexicana* mencionado por Nee (1981), es importante resaltar que esta especie renueva completamente sus hojas cada año. Esta característica la hace elegible para su reintroducción en ecosistemas degradados ya que puede proporcionar una gran cantidad de materia orgánica al suelo para recuperar sus características perdidas. También podría proporcionar otros servicios valiosos al ecosistema, como sombra, protección contra la erosión y reducción de la evapotranspiración. Para lograr restaurar un área degradada, un recurso importante son las especies leñosas y herbáceas nativas, que tengan potencial de crecer en zonas con estas características y que con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales (Vázquez-Yanes y Batis, 1996).

Con respecto a la floración, se detectó sincronización en esta especie. Una ventaja de la floración sincrónica es el incremento en la tasa de visitación por polinizadores, lo que incrementa la transferencia del polen (Ratchcke y Lacey, 1985).

La floración de *P. mexicana* ocurrió en la época seca, lo que puede tener ventajas adaptativas. Las especies que florecen en esta época del año tienen menor riesgo de destrucción de flores por lluvia o de consumo por depredadores, así como una mayor tasa de visita de polinizadores (Janzen, 1967; Auguspurguer, 1983). Esto concuerda con Hernández y Carreón (1987) con especies del BMM; de los cuatro patrones que observaron, uno está

representado por especies que florecen en el medio o hacia la segunda mitad de la estación de sequía.

La temperatura es otro factor ambiental importante para el desarrollo de las yemas florales, y en este caso la floración sucedió al final de la época fría (Figura 5). Siendo *P. mexicana* una especie de origen holártico esto no concuerda con lo reportado por Hernández y Carreón (1987). Se observa un desfase de más de un mes en la floración, esto probablemente se deba al método utilizado. En este trabajo se observó la aparición de las yemas florales sobre los árboles y en el trabajo de Tolome (1993) se cuantificó la producción de hojarasca (separó producción de hojarasca, ramas, partes florales y producción de frutos) utilizando trampas para su captura, es decir hasta que cayeron de los árboles.

Con respecto a la producción y crecimiento de frutos, se detectó una influencia importante con el aumento de la precipitación. La producción de frutos durante la época de lluvias en el BMM ya ha sido reportada para especies de origen holártico (Tolome, 1993; Vergara, 1999). En relación con esto, Lieberman (1982) propone que la estrategia de producir frutos durante la época de lluvias permite que las semillas tengan tiempo suficiente para germinar y establecerse antes de la época seca.

La producción de semillas varió de un año a otro según las condiciones ambientales. Los resultados del presente estudio indican que la colecta de semillas debe hacerse cuando disminuye la temperatura promedio y se inicia la época seca.

Durante esta época *P. mexicana* desprende con facilidad las semillas (aquenios) de los *aquenosum* (infrutescencia) y son dispersadas por el viento. La lluvia es otro factor ambiental que contribuye a la dispersión de semillas de esta especie, que cuando están suficientemente maduras son desprendidas con facilidad de las infrutescencias. Sin embargo, como en la zona llueve casi todo el año, durante la época de maduración las semillas son desprendidas y transportadas tanto por el viento, como por la lluvia.

Sobre la colecta de semillas de *P. mexicana* no hay información en la zona de estudio, pero para *P. occidentales*, Booner (1974) recomienda que las cabezuelas se colecten a mano después de la caída de las hojas. Esta recomendación también puede hacerse para *P. mexicana* en la zona de estudio porque, al igual que *P. occidentalis*, es una especie en la que las cabezuelas persisten aun después de la fenofase de defoliación. Sin embargo, en algunas

ocasiones las semillas de *P. mexicana* se desprenden de las cabezuelas simultáneamente con las hojas.

Trichilia havanensis

Esta especie presenta una relación entre la foliación y las variables climáticas que coincide con el aumento de temperatura. En esta especie la foliación se comenzó a observar con el incremento de la temperatura.

Aunque *T. havanensis* es perennifolia, la foliación de esta especie también se relacionó con el incremento de la temperatura. La defoliación **se registró** durante la época fría, pero ésta fue menor al 20%, corroborando su característica de perennifolia, como ya había sido reportado por diversos autores (Pennington y Sarukhán, 1968; Ortega, 1987; Albert *et al.* 1993).

En el presente estudio se detectaron variaciones en cuanto a la cantidad de floración (diferentes clases de floración) y al período de floración (floración anual o bianual en algunos individuos). Estas variaciones pueden deberse a factores microclimáticos ya que los individuos con mayor exposición al sol presentan floración masiva. Esto les proporciona ciertas ventajas, como que son visitados por una gran cantidad de insectos (Janzen, 1967). En otros individuos la floración ocurrió en pequeñas cantidades. Los visitantes tuvieron que recorrer varios individuos para satisfacer sus requerimientos energéticos (Albert *et al.*, 1993). También es probable que las diferencias se deban a las presiones selectivas generadas por la competencia por los servicios de los polinizadores específicos (Janzen, 1967).

Según hipótesis de Heinrich y Raven (1972) las diferentes estrategias de floración en anthesis obligan a los visitantes florales a desplazarse de un individuo a otro para satisfacer sus requerimientos energéticos. Esta conducta de desplazamiento se conoce como conducta nómada de forrajeo o “*trap line*” y maximiza la polinización cruzada (Janzen, 1971).

Para *T. havanensis* se ha reportado que la floración está relacionada con el aumento de temperatura lo que concuerda con lo reportado por (Albert *et al.*, 1993). La floración de *T. havanensis* sucedió durante la época seca, concuerda con uno de los cuatro patrones de fenología floral descritos por Hernández y Carreón (1987), plantas que florecen hacia la segunda parte de la época seca. Tolome (1993) reporta para las especies de origen tropical un solo período de floración, que se inicia en mayo. Lo anterior no coincide con lo que obtenido en el presente estudio, debido a que la floración ocurrió durante los meses de enero y febrero.

Con respecto a la época de producción y crecimiento de frutos se observó una influencia importante con el aumento de la precipitación. La producción de frutos estuvo relacionada con la época de lluvias en el BMM. Lo cual ya ha sido reportada por Tolome (1993) para especies de origen tropical. Lieberman (1982) menciona que la estrategia de producir frutos durante la época de lluvias permite que las semillas tengan tiempo suficiente para germinar y establecerse antes de la época seca.

La producción de frutos abiertos (semillas) en *T. havanensis* se ha reportado para el periodo de septiembre a diciembre. En este periodo se inicia la maduración de las cápsulas y el desprendimiento paulatino de las semillas de los árboles (Albert *et al.*, 1993). Este periodo es más corto que el obtenido en el presente estudio. Aunque hubo mucha variación en esta fenofase (Anexo 1). En la mayoría de los árboles observados en este estudio las semillas permanecieron adheridas a los árboles entre siete y once meses.

La permanencia asincrónica de los frutos en los árboles puede asumir que esto no es una desventaja en la fructificación. Porque hace posible que los frutos estén disponibles durante gran parte del año, como una gran ventaja para los dispersores de semillas. Puede asumirse que esta sería la mayor ventaja, la dispersión de semillas, como especie colonizadora, presente en la vegetación secundaria, las semillas podrían ser dispersadas particularmente por aves.

Los resultados obtenidos en este trabajo nos permiten aceptar la hipótesis planteada al inicio de la investigación de que, en las dos especies estudiadas, los cambios fenológicos están relacionados con los cambios en los factores ambientales.

9.4 Conclusiones fenología

Platanus mexicana Moric.

- Es una especie que produce semillas una vez al año.
- La floración y fructificación suceden durante la época donde se inicia el aumento de temperatura y disminución de la precipitación.
- Las semillas maduran a partir de que baja la temperatura y la cantidad de precipitación.
- La colecta de semillas maduras puede realizarse de agosto a enero, dependiendo de las condiciones ambientales al inicio de la época seca.
- Debido a que las cabezuelas de *P. mexicana* permanecen durante varios meses adheridas y las semillas se van desprendiendo poco a poco, se recomienda que las semillas se cosechen cuando éstas estén maduras.

Trichilia havanensis Jacq.

- Es una especie que produce semillas tanto una vez al año, como bianualmente.
- La floración sucede durante la época de aumento de temperatura y disminución de la precipitación.
- La fructificación sucede durante la época de aumento de temperatura y precipitación.
- Las semillas maduran a partir de que bajan la temperatura y la cantidad de precipitación.
- La colecta de semillas puede hacerse de julio a mayo del año siguiente en individuos de producción bianual. En individuos de producción anual la colecta puede hacerse de agosto a noviembre
- La colecta de semillas debe hacerse a mano para no maltratar las hojas o los renuevos del año siguiente.

10. GERMINACIÓN

10.1 Metodología

Para determinar algunas condiciones de germinación de las especies en estudio se realizaron pruebas en cámaras de germinación y en invernaderos experimentales (Laboratorio de Ecología Vegetal y Jardín Botánico “Francisco Javier Clavijero”, Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, respectivamente).

Las semillas se extrajeron del fruto de forma manual. En *P. mexicana* la extracción se hizo triturando las cabezuelas maduras suavemente con una plana de madera, y removiendo los tricomas de la base de las semillas. Se aplicó un tamizado para separar las semillas (Booner, 1974).

Para el caso de *T. havanensis* se colectaron frutos maduros (cápsulas trivalvadas) que se abrieron después de ponerlos a secar a temperatura ambiente sobre charolas de plástico.

Una vez secas, las semillas se metieron en bolsas de papel estraza y se almacenaron en el laboratorio a temperatura ambiente. Para los experimentos, se utilizaron semillas recién colectadas y de seis meses de colectadas. Ello se debió a limitaciones de espacio en el equipo.

10.1.1 Pruebas en el invernadero

Todas las pruebas (excepto donde se indica) tuvieron las siguientes características. Se usaron charolas de plástico de 16 x 20 x 9 cm. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones (lotes) de 25 semillas cada uno. Cada lote se sembró en una charola. Se aplicó riego cada tercer día con agua desionizada.

Todas las pruebas de germinación se observaron durante doce semanas, se utilizó un fotoperíodo de 12 (± 1) horas de luz y 12 (± 1) horas de oscuridad que es el fotoperíodo predominante en la zona de estudio. La época de las pruebas de germinación en invernadero se realizó a partir del mes de Junio.

Las semillas se consideraron germinadas cuando emergió la radícula. A continuación se describen las pruebas realizadas.

Germinación a diferentes edades: Se utilizaron semillas de dos edades a) recién colectadas y; b) de seis meses de edad. Colocadas en charolas con mezcla comercial para germinación. Ésta es una mezcla comercial compuesta de vermiculita, agrolita y materia orgánica esterilizada. Las semillas se enterraron ligeramente en el sustrato.

Germinación a diferentes profundidades: Se usaron tres condiciones de profundidad (Bewley y Black, 1982). Se utilizaron semillas recién colectadas. Con un sustrato formado por la mezcla comercial para la germinación, descrita:

1. Testigo. Las semillas se colocaron en la superficie, ligeramente enterradas.
2. Profundidad de 1.0 cm. Las semillas se colocaron sobre una capa de 4.0 cm. de sustrato y se cubrieron con una capa de 1.0 cm.
3. Profundidad de 4.0 cm. Las semillas se colocaron sobre una capa de 1.0 cm. de sustrato y sobre ellas una capa de 4 cm.

Germinación en diferentes sustratos: Se utilizaron semillas recién colectadas. Se colocaron en uno de los siguientes sustratos (Bewley y Black, 1982) en cajas de Petri esterilizadas de 15 cm. de diámetro:

1. Arena lavada
2. Agar al 1%
3. Papel filtro
4. Mezcla comercial para germinación (Testigo)

Las semillas se colocaron en la superficie de los sustratos, ligeramente enterradas en la mezcla para germinación y en la arena. Los lotes se regaron cada tercer día con agua destilada, excepto el lote con agar.

Germinación en luz-oscuridad: Se utilizaron semillas recién colectadas, se colocaron en dos condiciones de luz:

1. Fotoperíodo de doce horas de luz y doce de oscuridad.
2. Oscuridad. Las charolas se cubrieron con un capuchón elaborado de papel aluminio, que se colocó sobre la charola. No se puso apretado, se procuró dejar un espacio para la entrada de aire, pero no de luz. Se hizo un solo conteo final a las ocho semanas de iniciada la prueba. En este tratamiento el riego se hizo por difusión, vertiendo el agua en un depósito sobre el que se colocó la charola de germinación. Este procedimiento permitió el humedecimiento del sustrato.

Germinación en humedad alta y baja: En esta prueba también se regaron las semillas por difusión. Se puso la charola de germinación sobre otra, en la cual se vertía el agua. Se utilizaron semillas recién colectadas, que se sometieron a dos condiciones de humedad:

1. Humedad alta. Las semillas se regaron cada tercer día con una cantidad conocida de agua desionizada, que se midió con un vaso de precipitados. La cantidad de agua aplicada fue variable, dependiendo de las condiciones ambientales.
2. Humedad baja. Las semillas se regaron cada tercer día con la mitad del volumen de agua aplicado a los lotes del tratamiento de Humedad alta.

10.1.2 Pruebas en laboratorio

Estas pruebas se realizaron en cámaras de germinación marca Lab-Line Instruments y en cámaras de germinación tipo Biotronete Plant Growth Inc., marca Lab-line Instruments, con dimensiones 1.8x0.80x0.80 (alto, largoy ancho). A lo largo de las pruebas, las cámaras de germinación se mantuvieron con un fotoperíodo de doce horas de luz y doce de oscuridad.

Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones (lotes) de 25 semillas cada uno. Cada lote se sembró en una caja de Petri de 15 cm. de diámetro con mezcla para germinación tamizada a 0.5 cm. y esterilizada. Se aplicó riego todos los días con agua destilada esterilizada. Las semillas se consideraron germinadas cuando emergió la radícula. A continuación se describen las pruebas realizadas.

Todas las pruebas de germinación duraron ocho semanas, se utilizó un fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad en la cámara de germinación. Las pruebas de fluctuación de temperatura y temperatura constante, se hicieron en una sola cámara de germinación. Por lo que las pruebas tanto de temperatura constante, como los termoperíodos no se probaron de manera simultánea.

Prueba de temperatura constante: Esta prueba se hizo con semillas de diferentes edades, como se especifica. Los lotes experimentales se colocaron en cámaras de germinación con las siguientes temperaturas constantes:

1. 15 ° C. Prueba con semillas recién colectadas.
2. 20 ° C. Prueba con semillas de tres meses de edad.
3. 25 ° C. Prueba con semillasde seis meses de edad.

Se seleccionaron estas temperaturas con base en la temperatura promedio de la región de Xalapa.

Prueba de termoperíodos: Esta prueba se hizo con semillas de diferentes edades, como se especifica. Esta prueba se hizo con semillas de diferentes edades, como se especifica. Los lotes experimentales se colocaron en cámaras de germinación con las siguientes fluctuaciones de temperatura:

1. 15-20 ° C. Prueba con semillas recién colectadas.
2. 15-25 ° C. Prueba con semillas de tres meses de edad.
3. 15-30 ° C. Prueba con semillas de seis meses de edad.

Se eligieron estos intervalos de termoperíodos con base en la temperatura promedio de la zona de estudio.

10.1.3 Análisis Estadísticos

Antes de aplicar los análisis, los datos se sometieron a una prueba estadística de normalidad.

Se elaboraron tablas con los promedios y las desviaciones estándar del total de semillas germinadas por prueba usando el programa Statistica versión 7.1 (Microsoft, 2000).

Para analizar los datos se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. Los datos se transformaron por medio del arcoseno y posteriormente se sometieron a un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía y a una comparación de medias de Tukey para determinar diferencias significativas por efecto de los tratamientos.

Los datos acumulativos de germinación en el tiempo dentro de cada prueba se graficaron usando el programa Excel versión 7.1 (Microsoft, 2000).

10.2 Resultados

10.2.1 Germinación de *Platanus mexicana*

P. mexicana tuvo germinación de tipo epígeo (Figura 11).

Las observaciones de germinación en esta especie se realizaron durante doce semanas, sin embargo los gráficos reflejan el momento de estabilidad de la germinación, que fue a la quinta semana. Es decir, después de seis semanas ya no se observó germinación de semillas. Los datos de germinación se dan en porcentaje acumulado de cada prueba.

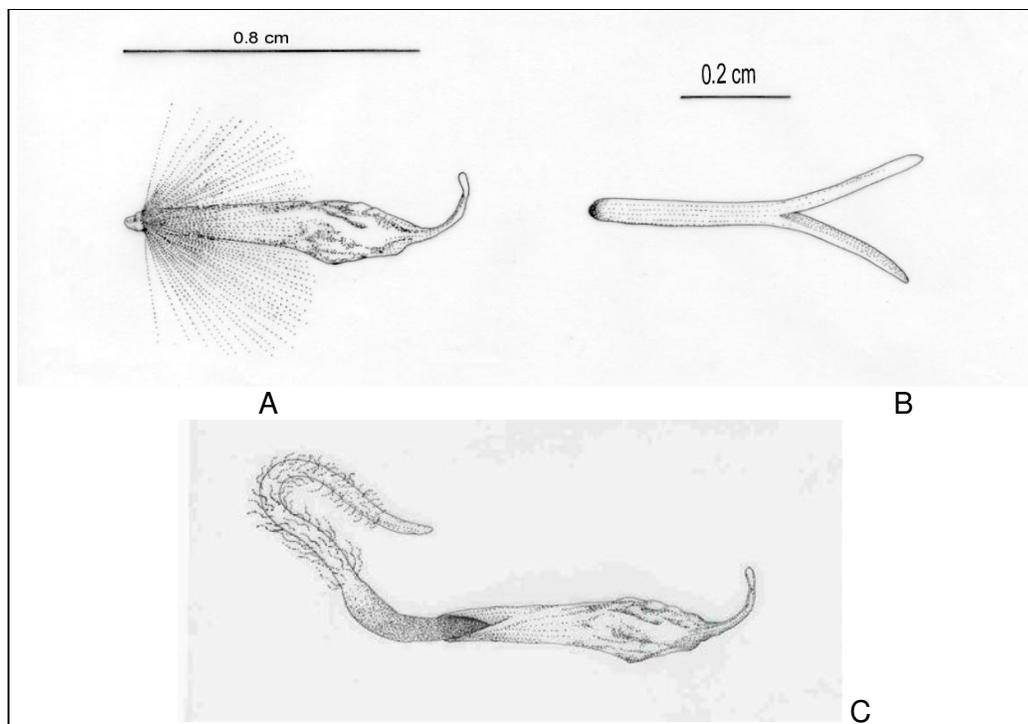


Figura 11. Semilla (A), embrión (B), semilla germinada (C) de *Platanus mexicana* Moric.

Pruebas en el invernadero

En la prueba de germinación a diferentes edades las semillas recién colectadas germinaron en un intervalo de seis semanas, iniciándose a partir de la tercera semana después de la siembra.

Las semillas recién colectadas tuvieron una germinación acumulada del 67.0 % (DS \pm 4.99); este valor fue mayor que el obtenido con semillas de seis meses de edad que fue de 5.0 % de germinación acumulada (DS \pm 1.89) (Figura 12).

El ANOVA detectó diferencias significativas en esta prueba ($F = 14.6$; $P = 0.008$; GL = 7). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó diferencias significativas entre las medias ($P = 0.0089$) (Anexo 5).

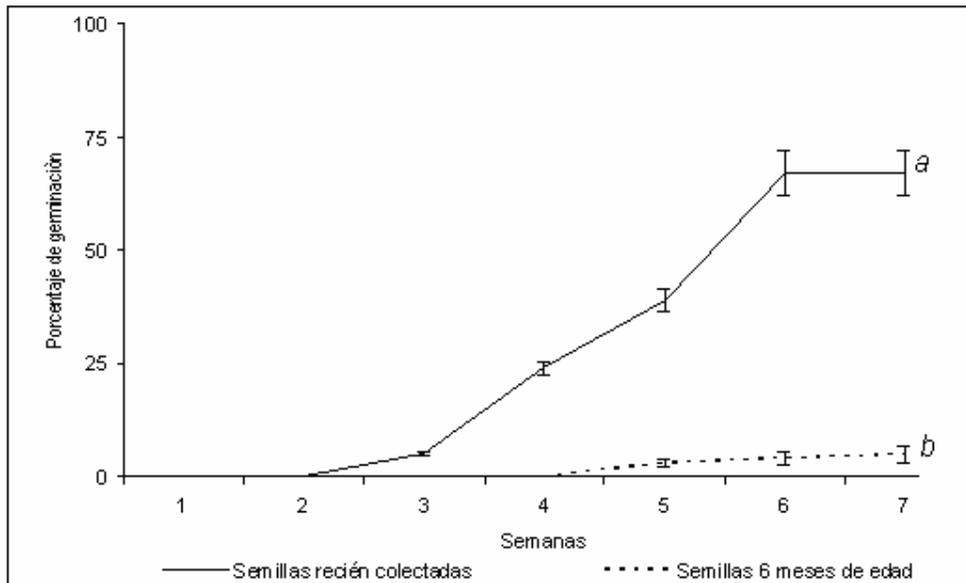


Figura 12. Porcentaje acumulado de germinación para *P. mexicana*, media y DS de semillas recién colectadas y semillas de seis meses de colectadas.

En la prueba de germinación a diferentes profundidades la germinación y la emergencia de las plántulas se redujo con el incremento de la profundidad de enterramiento (Figura 13). El mayor porcentaje acumulado de germinación 67.0 % (DS \pm 5.0) se obtuvo con las semillas sembradas en la superficie, ligeramente enterradas. El menor porcentaje acumulado 4.0 % de germinación acumulada (DS \pm 0.8) se obtuvo en el tratamiento a los 4.0 cm. de profundidad. Las semillas que germinaron en esta profundidad no emergieron del sustrato, por lo que la cuantificación se hizo retirando la capa de sustrato. Las semillas que germinaron a 1.0 cm de profundidad tuvieron un porcentaje acumulado de germinación de 48.0 % (DS \pm 5.5).

El ANOVA detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 6.47$, $P = 0.018$; GL = 11). De acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios obtenidos con las semillas sembradas en la superficie, ligeramente enterradas, con respecto a las sembradas a 1.0 cm de profundidad ($P = 0.303$); no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el promedio de la germinación obtenida a 4.0 cm. de profundidad ($P = 0.165$) con el promedio obtenido a 1.0 cm de profundidad; fue significativo con respecto al promedio observado de la germinación obtenida en las semillas sembradas en la superficie ($P = 0.014$).

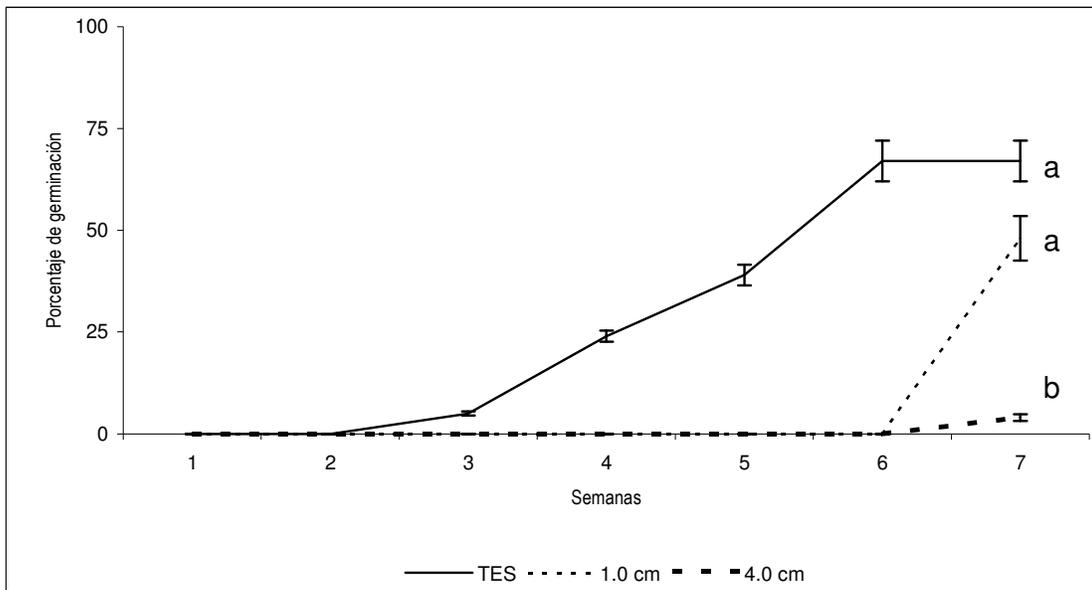


Figura 13. Porcentaje acumulado de germinación de *P. mexicana*, en tres profundidades, con semillas recién colectadas.

En la prueba de germinación en diferentes sustratos el porcentaje más alto de germinación acumulada se obtuvo en mezcla comercial 29.0 % (DS \pm 1.7). El menor porcentaje de germinación acumulada se obtuvo en arena 7.0 % (DS \pm 1.7%).

Valores intermedios de germinación se obtuvieron en el sustrato papel filtro 10.0 % (DS \pm 1.3) y en el sustrato Agar al 1% 8.0 % de germinación acumulada (DS \pm 0.8) (Figura 14).

El ANOVA detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 14.39$, $P = 0.0002$; GL = 15). La prueba de comparación de medias de Tukey detectó que la media obtenida en el tratamiento con mezcla comercial es significativamente mayor que la obtenida en los tratamientos de Papel filtro ($P = 0.0013$), Arena ($P = 0.0008$) y Agar al 1% ($P = 0.0009$).

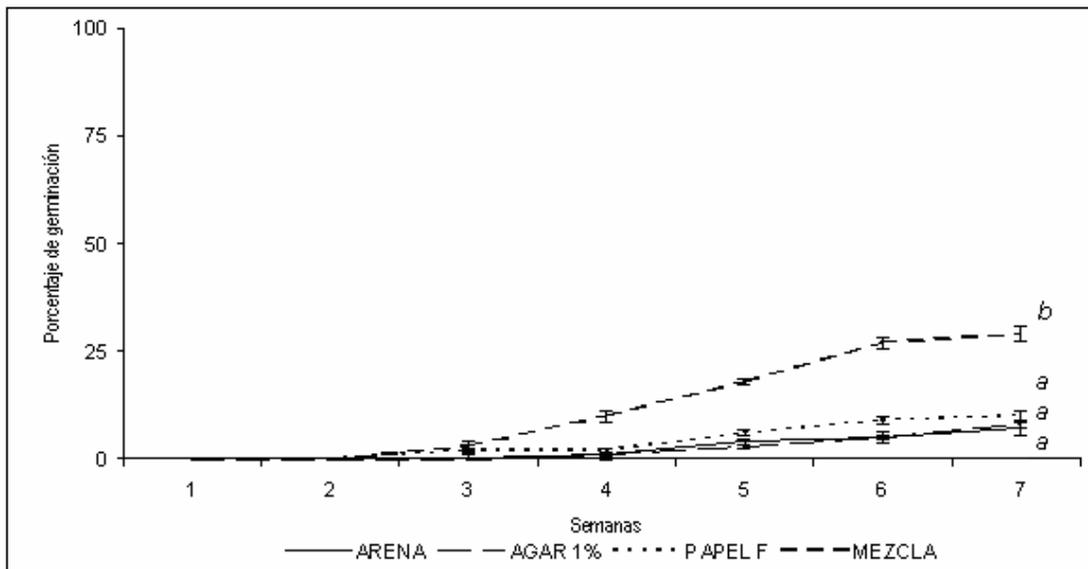


Figura 14. Porcentaje acumulado de germinación de *P. mexicana* en diferentes sustratos con semillas recién colectadas.

En la prueba de germinación en luz-oscuridad, las semillas en presencia de luz tuvieron un porcentaje acumulado de germinación del 67.0 % (DS \pm 5.0). Las semillas colocadas en oscuridad no germinaron (Figura 15).

Esta diferencia fue estadísticamente significativa ANOVA de una vía $F = 15.1$, $P = 0.0081$; GL = 7).

En el análisis de comparación de medias de Tukey, $P = 0.0083$) se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 4).

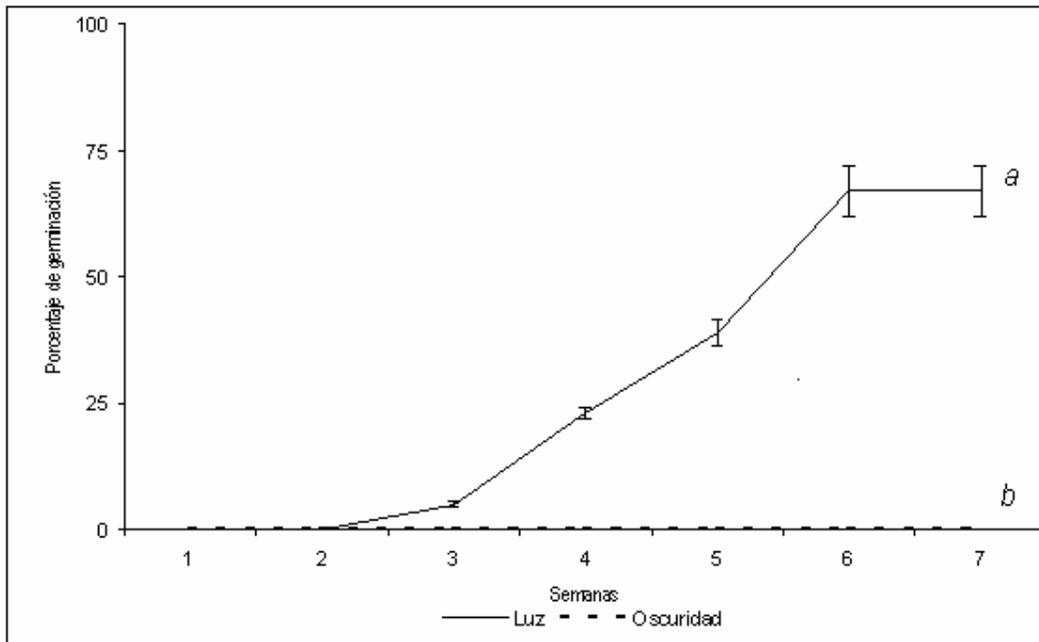


Figura 15. Porcentaje acumulado de germinación de *P. mexicana* en dos condiciones: oscuridad y fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad, \pm 1 hora con semillas recién colectadas.

En la prueba de germinación en humedad alta y baja se obtuvo mayor porcentaje acumulado de germinación en el tratamiento con humedad alta 67.0 % (DS \pm 5.0) que en el de humedad baja de 9.0 % (DS \pm 1.5) (Figura 16).

Esta diferencia fue estadísticamente significativa (ANOVA de una vía, $F = 14.36$, $P = 0.009$; GL = 7; Tukey, $P = 0.0092$).

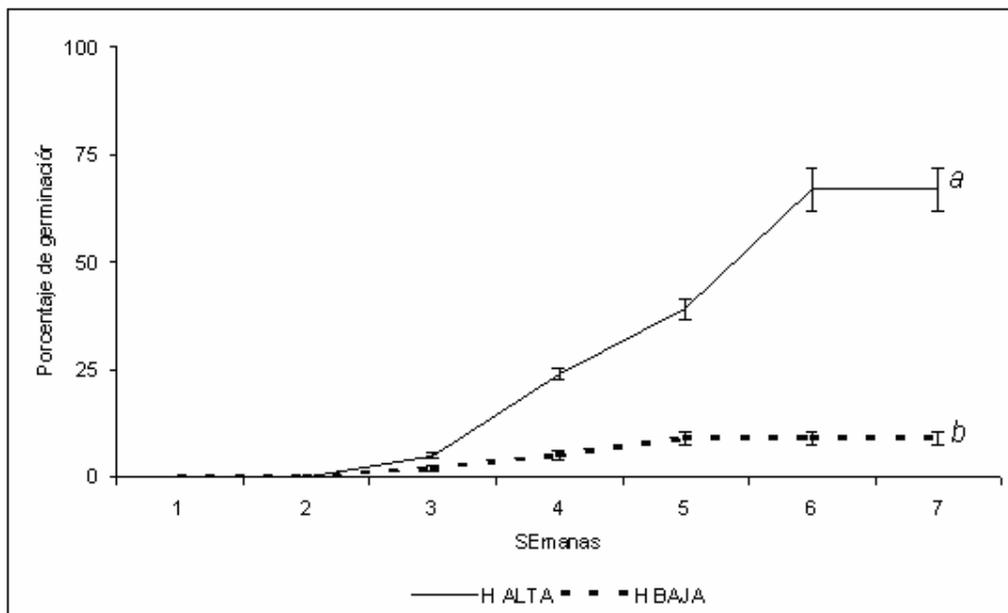


Figura 16. Promedio de germinación de *P. mexicana*, en dos condiciones de humedad (alta y baja) con semillas recién colectadas.

Pruebas en el laboratorio

Con la prueba de temperatura constante, el mayor porcentaje de germinación acumulada se obtuvo en el tratamiento de 25 ° C, 29.0 % (DS \pm 2.2). El porcentaje más bajo se obtuvo en el tratamiento a 15 ° C, 6.0 % (DS \pm 1.3). En el tratamiento a 20° C el porcentaje acumulado fue de 22.0 % (DS \pm 2.6) (Figura 17).

En esta prueba el porcentaje de germinación aumentó con el incremento de temperatura.

El ANOVA no detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 3.8$, $P = 0.060$; GL = 11). De acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a 15 ° C y 20 ° C ($P = 0.263$), ni entre 20 ° C y 25 ° C ($P = 0.544$); pero si se encontró diferencia estadística significativa entre entre los tratamientos 15 ° C y 25 ° C ($P = 0.051$).

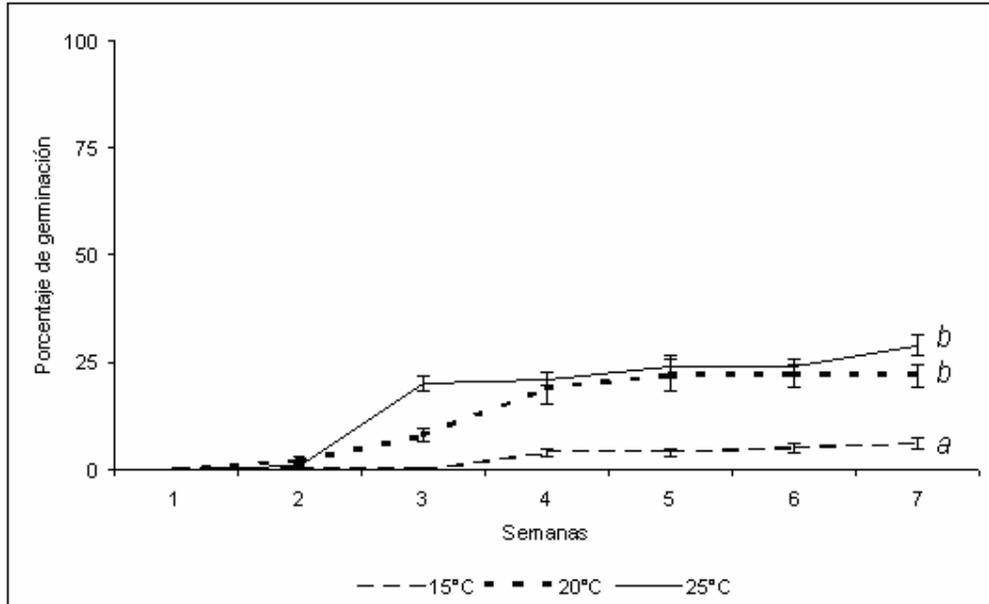


Figura 17. Porcentaje de germinación de *P. mexicana* bajo diferentes temperaturas constantes, con semillas recién colectadas.

En la prueba de termoperíodos el mayor porcentaje de germinación acumulada se obtuvo en el tratamiento de 15-25° C fue de 46.0 % (DS ± 2.4); el menor porcentaje en el tratamiento de 15-20° C fue 13.0 % (DS ± 1.3).

Con el tratamiento de 15-30° C el porcentaje acumulado de germinación fue de 19.0 % (DS ± 2.4) (Figura 18).

El ANOVA detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 8.0$, $P = 0.003$; $GL = 11$). De acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey, no se encontró diferencia estadística significativa con los promedios de la germinación con el tratamiento de 15-20 °C y de 15-30 °C ($P = 0.8177$); sin embargo fue significativamente mayor el promedio obtenido con el tratamiento de 15-25 ° C, con respecto a las germinadas en el termoperíodo menor ($P = 0.0019$) y el obtenido con el termoperíodo de 15-30 ° C ($P = 0.0044$).

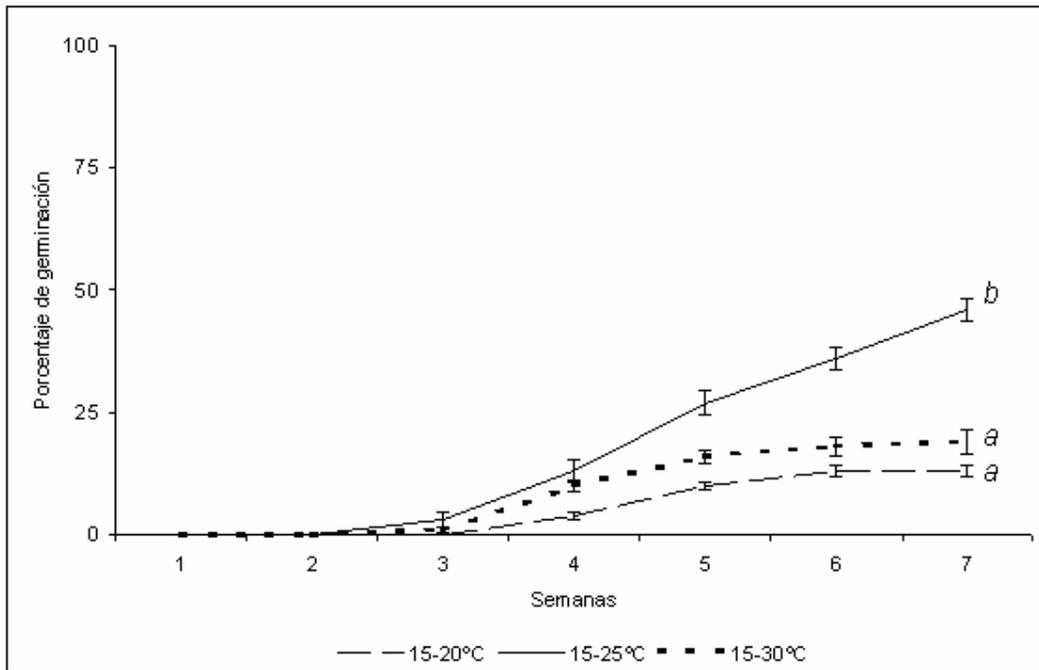


Figura 18. Porcentaje acumulado de germinación de *P. mexicana* bajo diferentes termoperíodos, semillas recién colectadas.

10.2.2 Germinación de *Trichilia havanensis*

Las observaciones de germinación se realizaron durante doce semanas, sin embargo en los gráficos solo se refleja el momento de la estabilidad de la germinación, que fue en esta especie a la sexta semana. Esta especie tiene una semilla con cotiledones aplanados y germinación de tipo epigeo (Figura 19).

Los datos de germinación se dan en porcentajes de germinación acumulada; y también se obtuvo el promedios y DE de cada lote y cada prueba. Al que se realizó la transformación arcoseno correspondiente, se presentan en el Anexo 3.

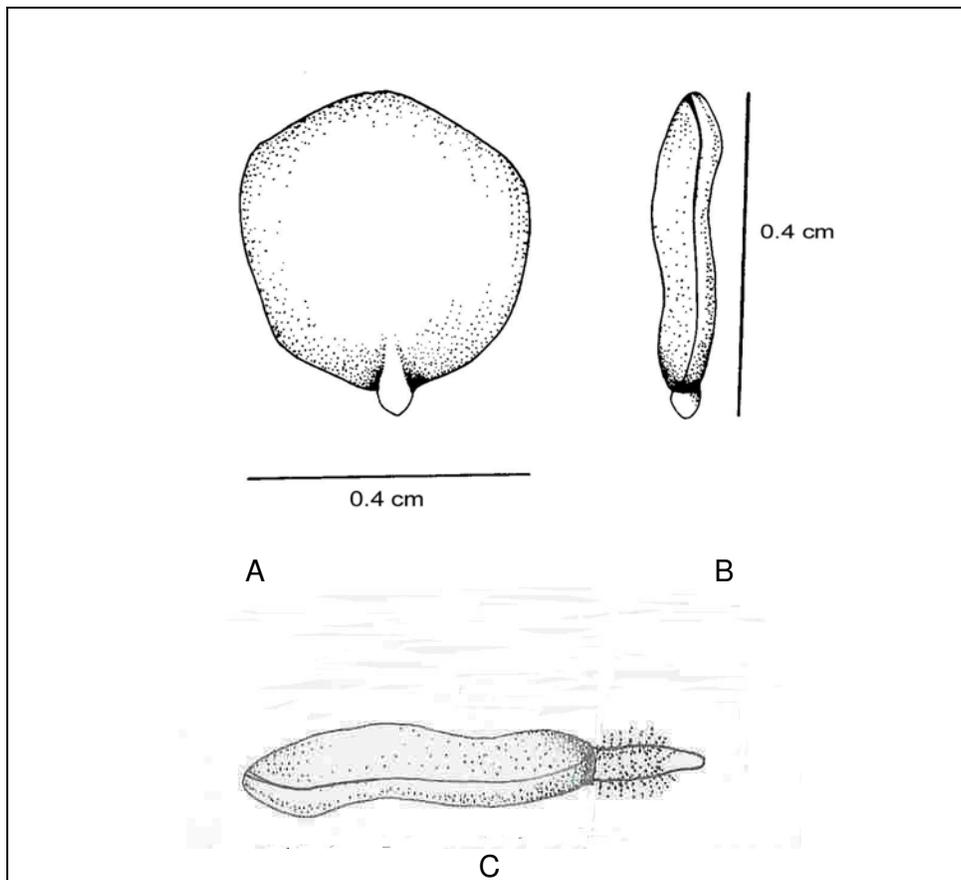


Figura 19. Embrión vista frontal (A), y vista lateral (B), germinación (C) de *Trichilia havanensis* Jack.

Pruebas en el invernadero

En la prueba a diferentes edades las semillas nuevas iniciaron la germinación a partir de la segunda semana, así como las semillas de seis meses de edad y hasta la quinta semana (Figura 20).

Las semillas recién colectadas tuvieron mayor porcentaje de germinación acumulada 76.0 % (DS \pm 1.8) que las semillas de seis meses de edad con un 40.0 % de germinación acumulada (DS \pm 6.7). Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (ANOVA de una vía, $F = 5.86$, $P = 0.051$; Tukey, $P = 0.0519$; GL = 7) (Anexos 5).

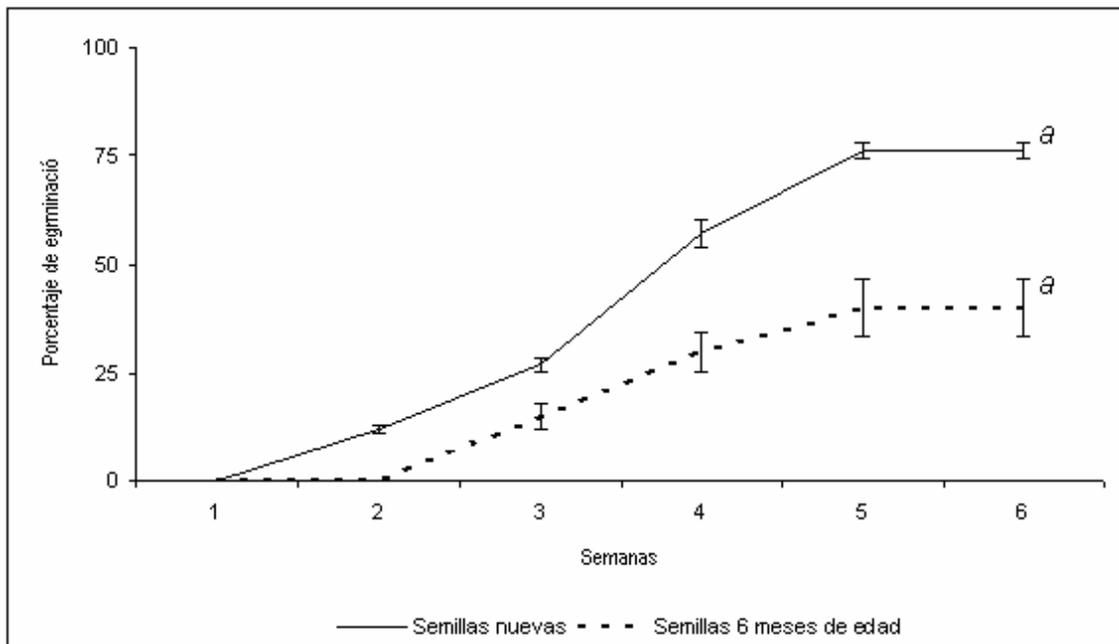


Figura 20. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis*, media y DS, con semillas recién colectadas y semillas de seis meses.

En la prueba de germinación a diferentes profundidades la germinación no mostró grandes variaciones con el incremento de la profundidad de enterramiento (Figura 21). El mayor porcentaje acumulado de germinación 76.0 % (DS \pm 1.7) se obtuvo con el tratamiento con las semillas sembradas en la superficie ligeramente enterradas. El menor porcentaje acumulado 48.0 % (DS \pm 3.9) se obtuvo en el tratamiento a los 4.0 cm de profundidad. Las semillas que germinaron a 1.0 cm de profundidad tuvieron un porcentaje acumulado de germinación del 62.0 % (DS \pm 3).

El ANOVA no detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 4.19$, $P = 0.051$; GL = 11). Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey, el promedio de la germinación obtenida a 4.0 cm de profundidad fue significativamente menor con respecto al promedio de la germinación obtenida en el Testigo ($P = 0.0427$), pero no se detectaron diferencias significativas con el tratamiento a 1.0 cm de profundidad ($P = 0.4009$) (Anexo 5).

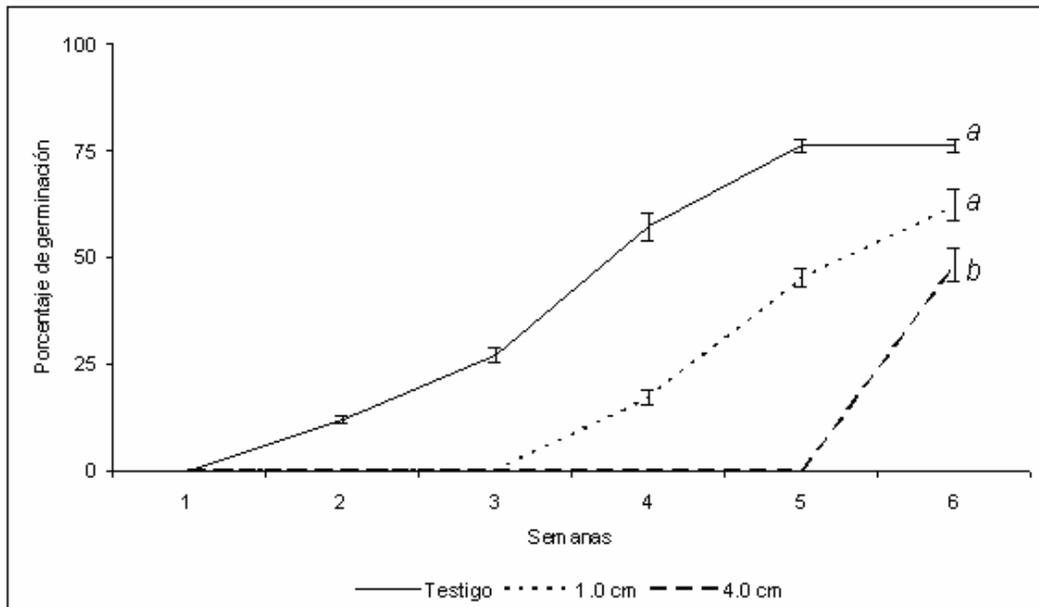


Figura 21. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis* bajo tres profundidades con semillas recién colectadas.

En la prueba de germinación en diferentes sustratos el porcentaje más alto de germinación acumulada se obtuvo en mezcla comercial 46.0 % (DS \pm 5.4). El menor porcentaje se obtuvo en el sustrato papel filtro, 8.0 % (DS \pm 0.8%). Valores intermedios de germinación se obtuvieron en el sustrato Agar al 1%, 9.0 % (DS \pm 1.7) y en el sustrato Arena, 19.0 % (DS \pm 2.4) (Anexo 4; Figura 22).

El ANOVA detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 4.56$; $P = 0.023$; GL = 15). La prueba de comparación de medias de Tukey detectó que la media obtenida en el tratamiento con mezcla comercial es significativamente mayor que la obtenida en los tratamientos de Agar al 1% ($P = 0.039$) y Papel filtro ($P = 0.035$), pero no se detectaron diferencias significativas con el tratamiento de Arena ($P = 0.080$).

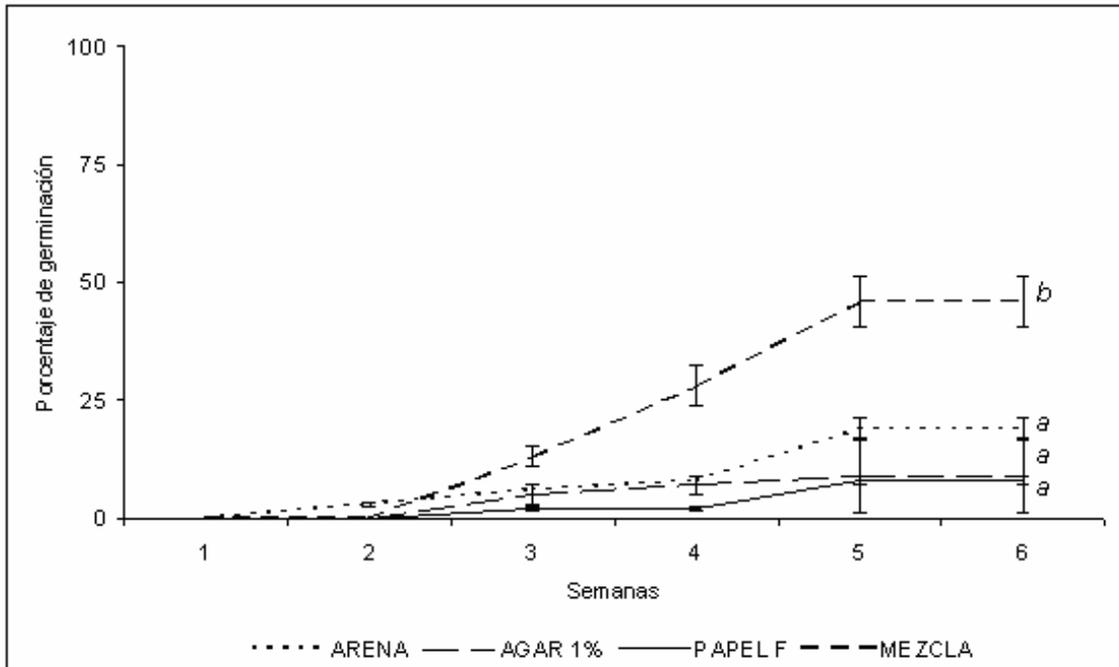


Figura 22. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis* bajo diferentes sustratos con semillas recién colectadas.

En la prueba de germinación en luz-oscuridad, las semillas en presencia de luz tuvieron un porcentaje acumulado de germinación del 76.0 % (DS \pm 1.8); mientras que en las semillas colocadas en oscuridad, la germinación fue del 29.0 % (DS \pm 3.4) (Figura 23).

Esta diferencia fue estadísticamente significativa (ANOVA de una vía, $F = 53.7$, $P = 0.0003$; GL = 7; Tukey, $P = 0.0005$).

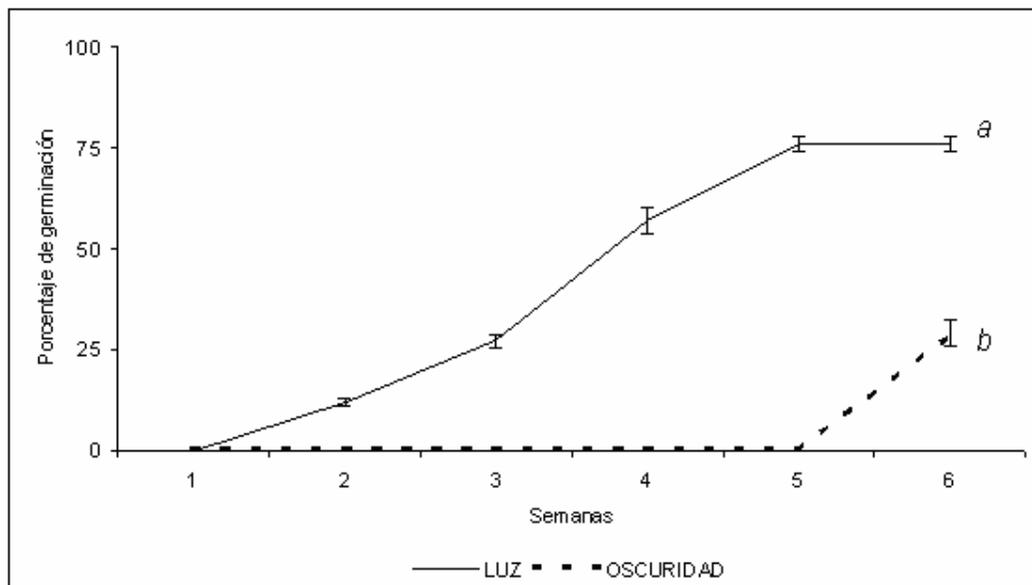


Figura 23. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis* en diferentes condiciones de luz: oscuridad y testigo con un período de luz y oscuridad de doce horas con semillas recién colectadas.

En la prueba de germinación en humedad alta y baja se obtuvo mayor porcentaje acumulado de germinación en el tratamiento con humedad alta 76.0 % (DS \pm 1.4) que en el de humedad baja 33.0 % (DS \pm 2.6) (Figura 24).

Esta diferencia fue estadísticamente significativa (ANOVA de una vía, $F = 63.0$, $P = 0.0002$; GL = 7; Tukey, $P = 0.0004$).

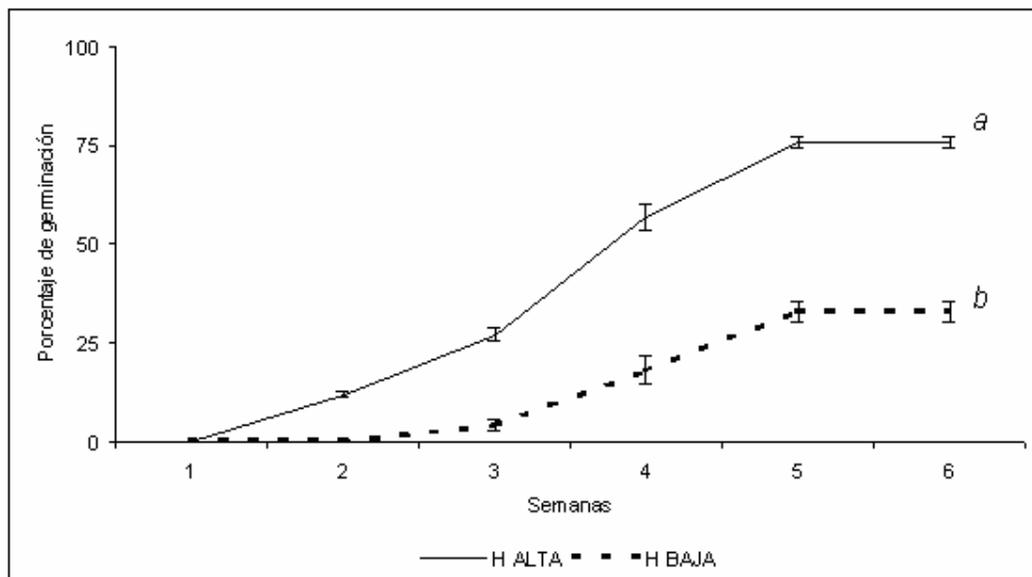


Figura 24. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis* en dos condiciones de humedad (alta y baja) con semillas recién colectadas.

Pruebas en el laboratorio

Con la prueba de temperatura constante, el mayor porcentaje de germinación acumulada se obtuvo en el tratamiento de 25 °C, 82.0 % (DS ± 2.9). El porcentaje más bajo se obtuvo en el tratamiento a 15 °C, de 18.0 % (DS ± 2.1). En el tratamiento a 20 °C el porcentaje acumulado fue de 54.0 % (DS ± 2.6) (Figura 25).

El ANOVA detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 25.9$, $P = 0.0001$; GL = 11).

De acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey, el promedio de la germinación obtenida a 25° C es estadísticamente mayor que el obtenido a 15° C ($P = 0.0003$) y a 20° C ($P = 0.0061$).

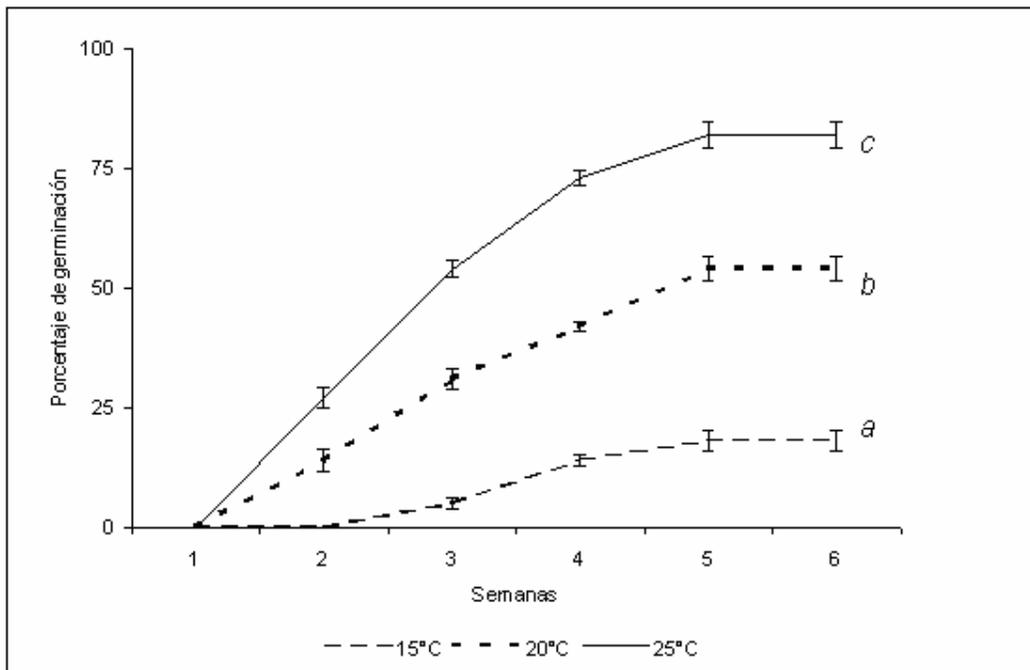


Figura 25. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis* bajo diferentes temperaturas constantes con semillas recién colectadas.

En la prueba de termoperiodos el mayor porcentaje de germinación acumulada se obtuvo en el tratamiento de 15-30 °C 75.0 % (DS ± 1.5); el menor porcentaje en el tratamiento de 15-25 °C 60.0 % (DS ± 2.9). Con el tratamiento de 15-20 °C el porcentaje acumulado de germinación fue de 68.0 % (DS ± 4.4; Figura 26).

El ANOVA no detectó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 1.67$, $P = 0.19$; GL = 11).

La prueba de comparación de medias de Tukey tampoco detectó diferencias significativas entre lo obtenido en el tratamiento de 15-30 °C y los tratamientos de 15-20 °C ($P = 0.782$) y de 15-25 °C ($P = 0.285$).

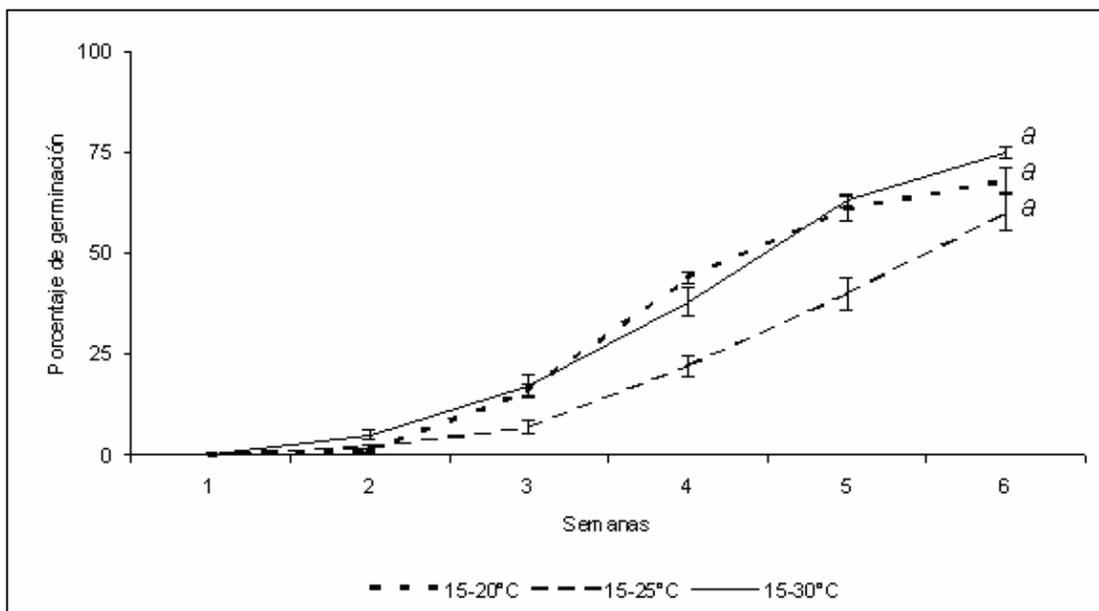


Figura 26. Porcentaje acumulado de germinación de *T. havanensis* bajo diferentes termoperíodos, con semillas recién colectadas.

10.3 Discusión

Platanus mexicana

Las diferencias en la capacidad germinativa máxima obtenidas en este estudio, en experimentos realizados con semillas almacenadas por distintos tiempos, tuvieron diferencias importantes en la capacidad germinativa debido a la edad de las semillas al momento de aplicar los diferentes tratamientos.

Las semillas de esta especie germinaron en casi todas las pruebas experimentales, excepto en el tratamiento de oscuridad, lo que la ubica dentro de las especies fotoblásticas positivas, es decir que requieren luz para germinar. La capacidad germinativa y la velocidad de germinación presentaron variaciones en los diferentes tipos de condiciones ambientales (Figuras 20 - 26). Lo cual se asocia con los diferentes requerimientos ecológicos (Raich, 1990). Las condiciones que requiere esta especie para la germinación son determinantes para la cantidad de semillas que germinan y el tiempo en que la germinación ocurre (Bewley y Black, 1982; Khan *et al.*, 1986).

Las semillas de *P. mexicana* son muy sensibles a los cambios ambientales, esto se refleja en la reducción de la germinación en casi todas las variables aplicadas en este estudio.

En la germinación con semillas de seis meses de edad tuvieron mucha menor germinación que las semillas recién colectadas (Figura 20). Se puede inferir por esto que *P. mexicana* presentó una semilla ortodoxa intermedia, porque su germinación fue mayor con semillas recién colectadas y en poco tiempo entró en latencia secundaria, disminuyendo su capacidad germinativa, o bien perdió viabilidad. Un patrón similar lo presenta la especie *P. occidentalis* (Heaslip, 1959; Booner, 1974). Las condiciones del almacenamiento pudieron haber contribuido a la reducción de la germinación en *P. mexicana*.

Briscoe (1969; citado por Booner, 1974) sugiere que para almacenar por poco tiempo las semillas de *P. occidentalis*, éstas se colocan en un sitio frío, bien ventilado, en bolsas de malla abierta o en anaqueles; estas condiciones mantienen la capacidad germinativa de *P. occidentalis* entre el 1 y 81%. Para períodos de almacenamiento mayores a un año, Belcher (1967) y Heit (1967; citado por Booner, 1974) recomiendan que las semillas de *P. occidentalis* tengan entre un 10 y 15% de humedad y se coloquen en contenedores con aire comprimido a 3.3 °C. Para la zona de estudio del presente trabajo no hay información acerca de las condiciones de almacenamiento de las semillas de *P.*

mexicana, pero se recomienda que éste se haga de acuerdo con la metodología de Booner (1974).

La profundidad de siembra es otro factor que afecta la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas. Las semillas de *P. mexicana* tuvieron mayor germinación cuando se sembraron en la superficie o a 1.0 cm de profundidad. Esto coincide con los requerimientos de germinación de *P. occidentalis* (Briscoe, 1969; citado por Booner 1974). Para esta especie se recomienda colocar las semillas en almácigo o al voleo, y cubrirlas con una capa no mayor de 0.7 cm de aserrín, suelo, estiércol, paja, o materia orgánica. La sensible disminución de la germinación a 4.0 cm de las semillas de *P. mexicana* probablemente se deba a que son semillas muy pequeñas. Este tipo de semillas aportan poco al crecimiento de las plántulas, por lo que estas últimas dependen en poco tiempo de los recursos disponibles de luz y oxígeno, recursos que disminuyen conforme aumenta la profundidad del sustrato. Esta condición pudo haber limitado la germinación y la emergencia de las plántulas.

En sistemas naturales, la variación en la germinación es consecuencia de la heterogeneidad del suelo, por lo que las poblaciones de plantas pueden regularse por la disponibilidad de sitios adecuados para la germinación (Harper, 1964). La disminución de la germinación asociada con la profundidad de enterramiento de la semilla puede ser consecuencia de que la semilla entre en latencia por la alta humedad del suelo, la disminución de la temperatura, el bajo contenido de oxígeno o simplemente debido a que presenta germinación epigea (Harper, 1977; Maun y Lapierre, 1986).

En las pruebas de germinación en diferentes sustratos los resultados, fueron inconsistentes por las diferencias en los promedios obtenidos. *P. mexicana* tuvo baja germinación en estas pruebas. Esto probablemente se debió a que las pruebas se hicieron en cajas Petri de 15.0 cm de diámetro, que aunque se regaron cada tercer día, probablemente la humedad proporcionada, no fue suficiente para retener la humedad necesaria para la germinación. Los bajos promedios de germinación probablemente se debieron como respuesta de las semillas a la pérdida de agua que se dio debido al papel filtro y a las cajas Petri. Sheldom (1974; citado por Maun y Raich, 1981) también reporta bajas germinaciones en condiciones de invernadero asociadas a la desecación de las semillas por evaporación de agua del sustrato.

Es posible que en condiciones naturales de regeneración, la apertura de un claro en el dosel sea una oportunidad para que las semillas de *P. mexicana* germinen y aprovechen los recursos resultantes de este disturbio.

Para explicar las diferencias de la germinación en diferentes condiciones de humedad se deben tomar en cuenta las condiciones de disponibilidad de agua en el suelo durante la época de germinación (Blain y Kellman, 1991). Un 10 % de humedad en el sustrato ha sido reportado como la condición óptima de humedad para la germinación de *P. occidentales* (Burton y Bazzaz, 1991). En el presente estudio estas pruebas demostraron que la disminución del agua reduce la germinación de *P. mexicana*. El tratamiento con humedad alta tuvo el nivel adecuado de agua para la germinación (Figura 24). Otro factor que también influye, puede ser la capacidad de las semillas para absorber agua, lo que a su vez depende de las características de las semillas, la humedad atmosférica, del potencial hídrico del suelo, del área de contacto entre la semilla y el suelo y de la disponibilidad de agua (Bewley y Black, 1982; Foster, 1986).

Las pruebas de temperatura constante en *P. mexicana* tuvieron mayor germinación con la fluctuación de 15 -25 °C, y en temperatura constante de 25 °C (Figura 25). Burton y Bazzaz (1991), observaron una germinación muy consistente a 20 °C en todos los niveles de humedad, exhibiendo en los intervalos de emergencia un incremento extremo a 30 °C, pero no a 25 °C. Nosotros no probamos la germinación a 30 °C pero el hecho de que germinen mejor con fluctuación de temperatura sugiere que germinen mejor cuando se abre un claro que propicie la fluctuación entre las temperaturas del día y la noche.

A pesar de que la germinación más alta se obtuvo en la fluctuación de 15-30 °C (Figura 18) en tratamientos llevados a cabo en el invernadero (Figuras 12, 13, 14, 15) se obtuvo germinación más alta, lo que haría suponer que las semillas germinadas en cámaras de germinación tenían latencia secundaria al momento de las pruebas de germinación. Por otra parte en el invernadero la temperatura no es constante, por lo que no podemos descartar que la temperatura fluctuante del invernadero favoreciera la germinación de *P. mexicana*.

Trichilia havanensis

Las semillas de *T. havanensis*, presentaron germinación epigea. Por sus características y por los resultados obtenidos, podrían considerarse como posiblemente recalcitrantes, aunque los datos de edad de las semillas no mostraron diferencias significativas. Sin embargo debe considerarse que dentro de un mismo género pueden haber semillas de especies ortodoxas y

recalcitrantes, ejemplo: *Acer* (Orozco-Segobia, com. pers.). La característica de recalcitrante, coincide con lo reportado por Mensa y Acosta (1990) para esta especie y para *T. hirta*. Otras especies del género *Trichilia* también tienen semillas recalcitrantes o probablemente recalcitrantes; por ejemplo *T. dregeana*, *T. megaiantha*, *T. monadelphica*, *T. pneureana* y *T. connaroides* (Kaul, 1979; Campbell, 1980; Choinski, 1990; Tompsett, 1994). Esta característica de las semillas de *T. havanensis* debe tomarse en cuenta para su almacenamiento, de tal forma que deben ponerse a germinar no mucho tiempo después de su cosecha.

En *T. havanensis* no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de germinación superficial y a 1 cm. Las plántulas que germinaron a 4.0 cm de profundidad no emergieron. Al retirar el sustrato que las cubría se encontró que las plántulas tenían color blanquecino y estaban colocados en forma horizontal, es decir que esta posición del tallo probablemente fue causado por el peso de la tierra sobre las plántulas. Por lo anterior las semillas de esta especie tienen sustancias de reservas suficientes para la germinación y la formación de pequeñas plántulas, pero a 4.0cm de profundidad las plántulas se ven imposibilitadas de llegar a la superficie para iniciar la fotosíntesis y continuar su desarrollo. La elongación se debe a la falta de luz, el límite de la elongación lo establece las reservas con que cuenta la semilla.

Las semillas utilizadas eran recientemente cosechadas, y los bajos promedios de germinación obtenidos en la prueba de sustratos probablemente sean como respuesta de las semillas a la pérdida de agua que se dio no sólo en las cajas de Petri con papel filtro, porque las semillas se colocaron en la superficie. Probablemente la pérdida de agua debido a las altas temperaturas del invernadero, no les permitió tener las cantidades de agua suficientes para germinar. Esto coincide con Sheldom (1974; citado por Maun y Raich, 1981) obtuvo baja germinación en invernadero asociada a la evaporación del agua del sustrato.

T. havanensis sí germinó en la oscuridad, aunque su respuesta final de germinación fue menor. La luz promovió la germinación de las semillas de esta especie, mientras que la oscuridad tuvo un efecto inhibitorio de la germinación, aunque no tan fuerte como en *P. mexicana*.

En el presente estudio, las pruebas de germinación en humedad alta y baja demostraron que la disminución del agua reduce la germinación de *T. havanensis*. El tratamiento con humedad alta tuvo el nivel adecuado de agua

para la germinación, mientras que ésta se redujo con el tratamiento de humedad baja.

En las pruebas de temperatura constante hubo mayor germinación a a 25 °C (Figura 25). Es posible que el incremento en la germinación de *T. havanensis* a esta temperatura se deba a su origen tropical. Otra causa de este incremento puede ser que el incremento de la temperatura acelere la respiración y esto movilice las reservas de las semillas.

La germinación de *T. havanensis* fue mas lenta cuando las semillas se sometieron a temperaturas fluctuantes. Esta respuesta probablemente es debida a la temperatura de 15 °C incluida en la fluctuación, la cual retrasa la germinación a temperatura constante (Figura 8). Los resultados obtenidos en las pruebas de termoperiodos y de humedad alta y baja, permiten aceptar la hipótesis de trabajo propuesta al inicio de la investigación.

10.4 Conclusiones germinación

Platanus mexicana

- Tiene germinación epigea.
- Tiene semillas fotoblásticas positivas.
- Las semillas tienen características de ortodoxas intermedias.
- La germinación es mayor cuando las semillas son recién colectadas. Las semillas de seis meses de edad presentan latencia secundaria.
- La germinación y emergencia son mayores cuando las semillas se siembran entre 0.0 y 1.0 cm de profundidad.
- El semillero debe ser profundo para que la humedad no se pierda fácilmente. La pérdida de humedad propicia menor germinación.

Trichilia havanensis

- Tiene germinación epigea.
- Las semillas pueden germinar tanto en la luz, como en la oscuridad
- Las semillas tienen características de recalcitrantes.
- La germinación es mayor cuando las semillas son recién colectadas. En poco tiempo las semillas van perdiendo viabilidad.
- La germinación y emergencia son mayores cuando las semillas se siembran entre 0.0 y 1.0 cm de profundidad.
- El semillero debe ser profundo para que la humedad no se pierda fácilmente. La pérdida de humedad propicia menor germinación.

11. ESTABLECIMIENTO EN CAMPO

11.1 Metodología.

Esta fase de la investigación se inició en el invernadero con la germinación de las semillas para la producción de plantas. Se realizó durante el mes de julio, que es la época de lluvias en la zona de estudio.

Para los semilleros se utilizaron charolas de plástico (16 x 20 x 9 cm) con mezcla comercial para germinación (vermiculita, agrolita y materia orgánica).

Se utilizaron semillas recién colectadas. De *P. mexicana* se sembraron 200 semillas por charola, con dos repeticiones. De *T. havanensis* se sembraron 100 semillas por charola, con cuatro repeticiones. Se regaron cada tercer día.

A las diez semanas de germinadas, las plantas se trasplantaron a tubos de polietileno de 1.0 kg de capacidad con mezcla comercial para germinación. En cada tubo se sembró una planta. Los tubos se mantuvieron en invernadero y se regaron cada tercer día durante nueve semanas. Se tuvo mayor cantidad de plantas de las necesarias para asegurar tener suficientes al inicio del experimento.

Elección de sitios: Para el establecimiento de las plantas se eligieron tres sitios con diferente cobertura de BMM remanente de la zona experimental del Jardín Botánico “Francisco Javier Clavijero”, Instituto de Ecología A. C.

La elección de diferentes coberturas fue para tener variación en las condiciones de luz (Figura 27).

Los sitios fueron:

1. **Bosque.** Sitios en el interior del bosque. Sitios con sombra durante el día.
2. **Borde.** Lugares en la orilla del bosque. Sitios con sombra parcial durante el día.
3. **Sol.** Sitios sin vegetación o dosel. Sitios sin sombra durante el día.

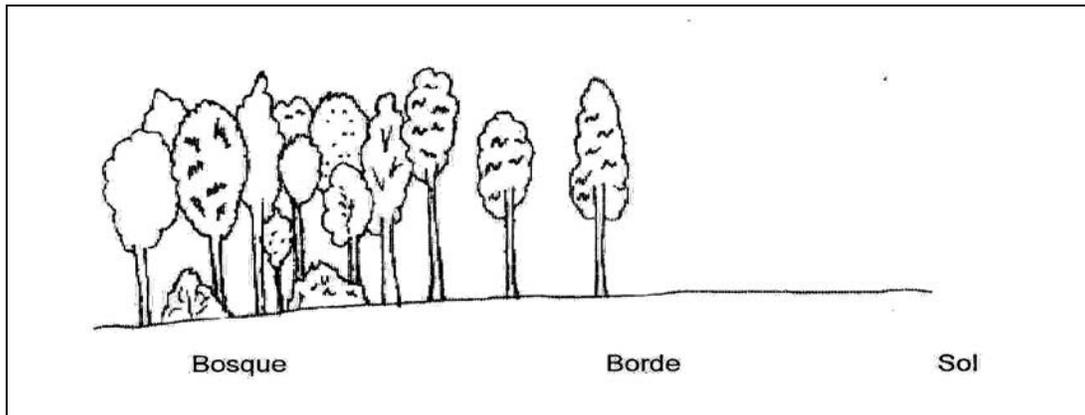


Figura 27. Diagrama de los diferentes grados de cobertura del dosel de los sitios de establecimiento.

A las veinte semanas de edad las plantas se colocaron sobre mesas de madera (80 x 60 x 90 cm) que se instalaron en los sitios elegidos. Las plantas se mantuvieron en aclimatación por un período de cuatro semanas. La colocación de las plantas en los sitios de establecimiento se realizó en el mes de noviembre.

Dentro de cada sitio (sol, borde y bosque) ambas especies fueron sometidas a tres tratamientos:

- (a) con adición de nutrientes,
 - (b) con adición de agua para tener mayor humedad, y
 - (c) sin adición de nutrientes ni agua, el cual fungiría a manera de testigo.
- Cada tratamiento tuvo tres repeticiones con 10 plantas cada uno.

Tratamientos En cada sitio con sus repeticiones, se aplicaron tres tratamientos: nutrientes, humedad y testigo, como se detalla a continuación:

1) Adicionando nutrientes, se elaboró y aplicó una solución nutritiva con macro y micro nutrientes. De acuerdo a Rojas, (1972) se disuelven en un litro de agua desionizada, las siguientes cantidades de:

MICRONUTRIENTES:	Cantidad
Cloruro ferroso	5.0 gr.
Ácido bórico	2.8 gr.
Cloruro de manganeso	1.8 gr.
Sulfato de zinc	0.200 gr.
Sulfato de cobre	0.080 gr.
Agua	1.0 l.

Se disuelven en 10 litros de agua las siguientes cantidades de:

MACRONUTRIENTES:	Cantidad
Nitrato de potasio	11.0 gr.
Sulfato de calcio	7.6 gr.
Superfosfato triple	1.5 gr.
Sulfato de amonio	1.4 gr.
Sulfato de magnesio	0.7 gr.
Agua	10.0 l.

Se tomaron 10 ml de la solución de micronutrientes y se añadieron a la solución de macronutrientes. Se ajustó a pH 6, añadiendo unas gotas de H₂SO₄, diluido al 90 %. Con esta solución se regaron las plántulas cada tercer día.

2) Adicionando humedad, se regaron las plántulas con agua desionizada cada tercer día, proporcionando la que requería.

3) Testigo, sin adición de nutrientes ni humedad, no se les aplicó ningún tratamiento.

El total de plantas sembradas para su establecimiento está desglosado en la Tabla 6, donde se indica la cantidad de plántulas sembradas por especie, por sitio y por tratamiento.

Tabla 1. Sitios, tratamientos, repeticiones, condiciones y total de plantas de cada especie.

Especie:	Sitios establecidos	Repeticiones por sitio	Tratamientos	Plantas por tratamiento	Total de plantas
<i>P. mexicana</i>	3	3	3	10	270
<i>T. havanensis</i>	3	3	3	10	270

Tendencia de crecimiento. Al final del período de aclimatación (cuando las plantas tuvieron 24 semanas de edad), a las 48 y a las 62 semanas de edad de las plantas, se registraron los siguientes parámetros:

- 1. Tamaño de la planta.** Se midió la longitud desde la base hasta el meristemo apical.
- 2. Grosor del tallo.** Se midió en la base del tallo con un Vernier.
- 3. Número de hojas.** Se contó la cantidad de hojas por planta.

En la tabla 7 se especifica el calendario de actividades realizadas durante la prueba de establecimiento.

Tabla 2. Actividades realizadas durante la etapa de establecimiento.

Lugar:	Actividad:	Duración de la actividad en semanas:	Total de semanas
Invernadero	Siembra	0	0
	Emergencia	7	7
	Trasplante	3	10
	Crecimiento	9	19
Sitios	Colocación en sitios	1	20
	Aclimatación	4	24
	Establecimiento (Toma de datos)	0	24
	Tendencias de crecimiento (Toma de datos)	24	48
	Cosecha (Toma de datos)	14	62

Cosecha. Consistió en extraer las plantas separando con un corte las hojas, tallos y raíces de cada una.

Cada estructura se etiquetó por separado y se obtuvieron los siguientes parámetros:

- 1. Área foliar.** Las hojas de cada planta se colocaron sobre papel húmedo. Inmediatamente se pasaron por un medidor de área foliar (LI-COR mod. 3100; Laboratorio de Ecología Vegetal, Instituto de Ecología A. C.). Se sumó y anotó el total del área foliar de todas las hojas que presentó cada planta.
- 2. Peso seco de tallo, raíz y hojas.** Los tallos, raíces y hojas de cada planta se separaron en bolsas de papel de estraza y se marcaron individualmente para su identificación. Las bolsas se colocaron en una estufa a 70° C hasta que presentaron peso constante durante 72 horas. En una balanza analítica se pesó por separado cada una de las estructuras de cada planta.

Análisis estadístico. Se realizó una prueba de normalidad para verificar que los datos tuvieran una distribución normal. Se cuantificó la sobrevivencia de las plantas a lo largo de las 62 semanas de establecimiento.

Se elaboraron gráficos con los promedios y la desviación estándar de los datos de tendencia de crecimiento (tamaño de la planta, grosor del tallo y número de hojas a las 24, 48 y 62 semanas).

Para analizar las tendencias de crecimiento se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado, también y de los datos de la cosecha (área foliar, peso seco de tallo, hojas y raíz) por tratamiento, sitio y especie. Los gráficos de los promedios se elaboraron con el programa MS Excel versión 7.1 (Microsoft, 2000).

Los datos de tendencia de crecimiento y los datos de la cosecha se sometieron a un Análisis de Varianza (ANOVA) de dos vías y a una comparación de medias de Tukey para determinar diferencias significativas por efecto de los tratamientos. Estos análisis se hicieron en el programa Statistica versión 7.1 (Microsoft, 2000).

Con los datos de la cosecha se calculó la proporción entre partes aéreas y subterráneas. Este cálculo permitió saber a qué estructuras se destinan los recursos en estas especies en los diferentes sitios.

11.2 Resultados

Este estudio se centra en el análisis del establecimiento de plantas en diferentes sitios. Las características de los sitios de establecimiento fueron similares a las que encuentran las plantas utilizadas para reforestación o reintroducción. Las plantas con que se trabajó en este estudio fueron de corta edad y tamaño, sin embargo estas características fueron suficientes para conocer las respuestas de estas especies a las presiones que se presentan en condiciones naturales.

11.2.1 Establecimiento *Platanus mexicana*

Sobrevivencia. De las 90 plantas de esta especie que se colocaron en el sitio bosque, solo sobrevivieron 15. Por esta razón, los datos de este sitio no se incluyeron en los análisis estadísticos. En los sitios Borde y Sol sobrevivieron todas las plantas.

Tendencias de crecimiento. Esta especie presentó los valores más altos de este grupo de parámetros en el tratamiento Nutrientes y el menor en el Testigo. Los efectos de los sitios se manifestaron con un mayor promedio en el sitio Borde y los valores más bajos se obtuvieron en el sitio Sol.

1. Tamaño de la planta. A las 48 y a las 62 semanas de edad, el crecimiento fue mayor en el sitio Borde, que en el sitio Sol (Anexo 6). El valor más alto de este parámetro se registró en el tratamiento Nutrientes; mientras que el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento Testigo (Tabla 8).

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 126.26$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de comparación de medias de Tuckey detectó dentro de los sitios diferencias estadísticas significativas en el sitio Borde con respecto al sitio Sol.

Para conocer el efecto que tuvieron en las plantas los tratamientos el ANOVA de dos vías arrojó diferencias estadísticas significativas ($F = 22.31$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que el efecto de los tratamientos en los promedios de crecimiento nutrientes se diferenció significativamente de humedad y testigo.

2. Grosor del tallo. A las 48 y a las 62 semanas de edad el grosor del tallo fue mayor en el tratamiento Nutrientes y el valor más bajo se registró con el tratamiento Testigo. El efecto de los sitios se manifestó con mayor promedio en el sitio Borde y fueron más bajos los promedios del sitio Sol.

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 95.46$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de Tukey mostró que en sitio Borde los promedios de grosor del tallo fueron significativamente diferentes que los obtenidos en el sitio Sol.

Para los tratamientos el ANOVA de dos vías ($F = 18.20$; $P < 0.01$; $GL = 2$) detectó diferencias estadísticas significativas. El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que el efecto de los tratamientos con Nutrientes fué significativamente mayor que los promedios obtenidos con los tratamientos Testigo y Humedad.

3. Número de hojas. A las 48 y a las 62 semanas de edad la cantidad de hojas fue mayor en el tratamiento Nutrientes y el menor número de hojas se registró con el tratamiento Testigo (Tabla 8). El efecto de los sitios se manifestó con el mayor promedio de hojas en el sitio Borde.

El ANOVA de dos vías no detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 0.008$; $P > 0.01$; $GL = 2$).

El ANOVA de dos vías sí detectó diferencias significativas por efecto de los tratamientos ($F = 20.59$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que en los tratamientos Nutrientes y Humedad los promedios del número de hojas fueron significativamente mayores que los obtenidos con el tratamiento testigo.

Tabla 3. Media y desviación estándar del tamaño de la planta, grosor del tallo y número de hojas de *Platanus mexicana*, en dos sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas. En la prueba de establecimiento el sitio bosque se eliminó por que presentó el 94.66% de mortalidad de plantas.

Variable	Tratamiento	Borde		Sol	
		Promedio	DE	Promedio	DE
Tamaño de la planta (cm)	Nutrientes	30.23 ± 9.70	a	17.64 ± 3.63	a
	Humedad	23.85 ± 5.84	b	15.66 ± 3.52	a
	Testigo	20.91 ± 5.09	b	13.30 ± 3.43	b
Grosor de tallo (cm)	Nutrientes	0.40 ± 0.07	a	0.29 ± 0.11	a
	Humedad	0.35 ± 0.08	b	0.23 ± 0.06	b
	Testigo	0.32 ± 0.07	b	0.22 ± 0.06	b
Número de hojas	Nutrientes	10.73 ± 5.11	a	9.40 ± 4.22	a
	Humedad	8.43 ± 3.79	a	9.10 ± 2.52	a
	Testigo	5.90 ± 1.65	b	6.43 ± 1.19	b

Cosecha. Esta especie presentó los valores más altos de este grupo de parámetros en el tratamiento Nutrientes del sitio Borde.

1. Área foliar. El valor más alto de área foliar se obtuvo en el tratamiento Nutrientes y el menor con el tratamiento Testigo. El valor más alto de este parámetro se obtuvo en el sitio Borde y el más bajo en el sitio Sol (Tabla 9).

El ANOVA de dos vías no detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 203.80$; $P < 0.01$; $GL = 2$).

El ANOVA de dos vías aplicado a los tratamientos ($F = 84.39$; $P < 0.01$; $GL = 2$) mostró que existen diferencias estadísticas significativas. El análisis de comparación de medias de Tukey (Anexo 7) detectó que los valores obtenidos en el tratamiento Nutrientes fueron significativamente mayores que los obtenidos con los tratamientos Humedad y Testigo.

2. Peso seco del tallo. El promedio más alto de este parámetro se obtuvo en el tratamiento Nutrientes y el menor promedio con el tratamiento Testigo.

Con respecto al efecto de los sitios el promedio más alto se obtuvo en el sitio Borde y el más bajo en el sitio Sol.

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 48.77$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de Tuckey detectó que los promedios del sitio Borde fueron significativamente mayores que los obtenidos en el sitio Sol.

El ANOVA aplicado arrojó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($F = 24.55$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó diferencias significativas entre los promedios del tratamiento nutrientes, con respecto a los tratamientos Humedad y Testigo.

3. Peso seco de las hojas. El promedio más alto de este parámetro con los tratamientos se obtuvo con Nutrientes y el promedio menor con el Testigo. Por el efecto de los sitios el promedio más alto se obtuvo en el Borde y el menor en el Sol (Tabla 9).

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 63.74$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de Tuckey detectó diferencias significativas entre los sitios Borde y Sol.

El ANOVA reflejó en el efecto de los tratamientos ($F = 55.64$; $P < 0.01$; $GL = 2$) diferencias estadísticas significativas. El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que los promedios del tratamiento Nutrientes fueron significativamente diferentes de los de los tratamientos Humedad y Testigo.

4. Peso seco de la raíz. El promedio más alto de este parámetro con los tratamientos se obtuvo con Nutrientes y el más bajo con el Testigo. El promedio más alto que se observó en los sitios fue en Borde y el más bajo en el Sol (Tabla 9).

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 18.41$; $P < 0.01$; $GL = 2$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que los promedios obtenidos en el sitio Borde fueron significativamente mayores que los obtenidos en el sitio Sol.

El ANOVA aplicado a los tratamientos ($F = 12.64$; $P < 0.01$; $GL = 2$) no reflejó diferencias estadísticas significativas.

Tabla 4. Media y desviación estándar del peso seco de tallo, hojas, raíz y área foliar de *Platanus mexicana*, a las 62 semanas. En la prueba de establecimiento el sitio bosque se eliminó por que presentó el 94.66% de mortalidad de plantas.

Variable	Tratamiento	Borde		Sol	
		Promedio	DE	Promedio	DE
Área foliar (cm ²)	Nutrientes	225.78 ± 53.70	a	80.33 ± 49.50	a
	Humedad	111.07 ± 42.32	b	58.38 ± 15.95	b
	Testigo	90.24 ± 33.08	b	44.52 ± 16.72	b
Peso seco del tallo (gr)	Nutrientes	1.135 ± 0.702	a	0.600 ± 0.470	a
	Humedad	0.738 ± 0.438	b	0.290 ± 0.106	b
	Testigo	0.503 ± 0.257	b	0.201 ± 0.185	b
Peso seco de hojas (gr)	Nutrientes	0.684 ± 0.169	a	0.379 ± 0.190	a
	Humedad	0.368 ± 0.170	b	0.270 ± 0.130	b
	Testigo	0.321 ± 0.127	b	0.184 ± 0.103	b
Peso seco de raíz (gr)	Nutrientes	0.841 ± 0.480	a	0.596 ± 0.571	a
	Humedad	0.570 ± 0.417	b	0.285 ± 0.119	b
	Testigo	0.506 ± 0.261	b	0.310 ± 0.215	b

5. Proporción raíz-vástago. En todos los casos esta proporción fue menor que uno, indicando que las plantas de *P. mexicana* asignaron más biomasa y recursos a la parte aérea que a la subterránea (Tabla 10).

El ANOVA aplicado a los promedios de los tratamientos entre la biomasa asignada a la raíz y partes aéreas, determinó diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, excepto con el Testigo (Anexo 8).

El análisis de comparación de medias de Tukey mostró que los promedios obtenidos en las parte aéreas fueron significativamente mayores que los obtenidos en las partes subterráneas, en todos los sitios con los tres tratamientos excepto en el testigo.

Tabla 5. Peso seco de las partes aéreas, las partes subterráneas y proporción raíz-vástago de *P. mexicana* para los tres tratamientos, en los dos sitios. El sitio bosque se eliminó porque presentó una mortalidad de 94.66 % de plantas, durante la etapa de establecimiento.

Variable	Tratamiento	Peso seco partes aéreas		Peso seco partes subterráneas		Proporción: raíz/vástago
		Promedio	DS	Promedio	DS	
Borde	Nutrientes	1.852	± 0.723 a	0.521	± 0.448 b	0.270 a
	Humedad	1.106	± 0.447 a	0.841	± 0.480 b	0.760 b
	Testigo	0.825	± 0.334 a	0.506	± 0.261 b	0.613 b
Sol	Nutrientes	0.979	± 0.594 a	0.596	± 0.570 b	0.609 a
	Humedad	0.559	± 0.334 a	0.285	± 0.261 b	0.510 a
	Testigo	0.384	± 0.209 a	0.310	± 0.215 b	0.807 b

11.2.2 Establecimiento *Trichilia havanensis*

Sobrevivencia. En todos los sitios se obtuvo una sobrevivencia de plantas del 100% (90 plántulas por sitio).

Tendencias de crecimiento. Esta especie presentó los valores más altos de este grupo de parámetros en el tratamiento Nutrientes del sitio Borde.

1. Tamaño de la planta. A las 48 y a las 62 semanas de edad la tendencia de crecimiento el crecimiento fue mayor se observó con el tratamiento Nutrientes y el menor con el Testigo. El efecto de los sitios se manifestó con el mayor promedio en el Borde el promedio más bajo se obtuvo en el sitio Sol (Anexo 6; Tabla 11).

El ANOVA de dos vías no detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 25.11$; $P < 0.01$; $GL = 4$).

El ANOVA aplicado al efecto de los tratamientos ($F = 7.21$, $P < 0.01$; $GL = 4$) no mostró diferencias estadísticas significativas.

2. Grosor del tallo. A las 48 y a las 62 semanas de edad el grosor del tallo fue mayor en el tratamiento Nutrientes y menor con el Testigo. En el efecto de los sitios el valor más alto se registró en el Borde y el más bajo en el sitio Sol (Anexo 6).

El ANOVA de dos vías no detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 61.99$; $P < 0.01$, $GL = 4$).

En los tratamientos el ANOVA de dos vías no arrojó diferencias estadísticas significativas ($F = 30.11$, $P < 0.01$; $GL = 4$).

3. Número de hojas. A las 48 y a las 62 semanas de edad la cantidad de hojas fue mayor en el tratamiento Nutrientes y menor en el tratamiento Testigo (Anexo 6). En el efecto de los sitios el promedio más alto se obtuvo en el Borde y el menor en el Bosque (Tabla 11).

El ANOVA de dos vías no detectó diferencias estadísticas significativas en el efecto de los sitios ($F = 17.97$; $P < 0.01$; $GL = 4$).

El ANOVA aplicado al efecto de los tratamientos no arrojó diferencia estadísticas significativas ($F = 9.25$; $P < 0.01$; $GL = 4$).

Tabla 6. Media y desviación estándar del tamaño de la planta, grosor del tallo y número de hojas de *Trichilia havanensis*, en los tres sitios, con tres tratamientos, a las 62 semanas.

Variable	Tratamiento	Bosque		Borde		Sol	
		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Altura de la planta	Nutrientes	11.47 ± 3.41	a	16.67 ± 2.62	a	13.90 ± 2.49	a
	Humedad	12.50 ± 3.53	a	14.09 ± 2.70	b	12.16 ± 4.46	a
	Testigo	12.69 ± 2.73	a	13.90 ± 2.01	b	10.59 ± 2.95	b
Grosor de tallo	Nutrientes	0.24 ± 0.08	a	0.47 ± 0.07	a	0.40 ± 0.07	a
	Humedad	0.25 ± 0.08	a	0.35 ± 0.09	b	0.31 ± 0.11	b
	Testigo	0.27 ± 0.08	a	0.35 ± 0.07	b	0.22 ± 0.07	c
Número de hojas	Nutrientes	5.13 ± 3.11	a	11.67 ± 5.08	a	9.37 ± 5.58	a
	Humedad	5.47 ± 2.83	a	8.80 ± 2.68	b	5.43 ± 6.79	b
	Testigo	5.17 ± 2.19	a	7.17 ± 2.30	b	5.73 ± 6.34	b

Cosecha. Esta especie presentó los valores más altos de este grupo de parámetros en el tratamiento Nutrientes del sitio Borde.

1. Área foliar. El promedio más alto de esta variable se obtuvieron en el tratamiento Nutrientes y el menor con el Testigo. En el efecto de los sitios el promedio mayor se obtuvo en el Sol y el menor en el Bosque.

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 68.03$; $P < 0.01$; $GL = 4$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que los promedios del sitio Borde fueron significativamente diferentes de los de los sitios Sol y Bosque.

En el ANOVA del efecto de los tratamientos ($F = 31.59$; $P < 0.01$; $GL = 4$) se encontraron diferencias estadísticas significativas. Con respecto al efecto de los tratamientos este análisis detectó diferencias significativas entre los tratamientos del sitio Borde con respecto a los sitios Bosque y Sol.

2. Peso seco del tallo. El promedio más alto se observó en el tratamiento Nutrientes y el más bajo en el Testigo. Por el efecto de los sitios se observó el mayor promedio en el Borde y el menor se obtuvo en el sitio Bosque (Tabla 12).

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 47.42$; $P < 0.01$; $GL = 4$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que los promedios del Borde fueron significativamente mayores que los de los sitios Bosque y Sol.

El ANOVA para medir el efecto de los tratamientos ($F = 23.13$; $P < 0.01$; $GL = 4$) arrojó diferencias estadísticas significativas. El análisis de comparación de medias de Tuckey mostró que los promedios del tratamiento Nutrientes fueron significativamente mayor que los promedios obtenidos con los tratamientos Testigo y Humedad (Anexo 7).

3. Peso seco de hojas. El promedio más alto se obtuvo en el tratamiento Nutrientes y el menor con Humedad. El efecto de los sitios se manifestó con el mayor promedio en el Borde, el promedio más bajo se obtuvo en el Bosque. Se encontró que el peso seco de las hojas de *T. havanensis* aumenta con el factor borde y el factor nutrimentos.

El ANOVA de dos vías detectó diferencias estadísticas significativas por efecto de los sitios ($F = 74.05$; $P < 0.01$; $GL = 4$). El análisis de comparación de medias de Tuckey mostró que los promedios del Borde fueron significativamente mayores con respecto a los del Bosque y el Sol.

El ANOVA de dos vías arrojó diferencias estadísticas significativas por el efecto de los tratamientos ($F = 71.45$; $P < 0.01$; $GL = 4$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que los promedios de los Nutrientes fueron significativamente mayores que los obtenidos con Humedad y testigo.

4. Peso seco de la raíz. El promedio más alto de este parámetro se obtuvo en el tratamiento Nutrientes y el menor en el Testigo. El efecto de los sitios se observó con un elevado promedio en el Borde y el menor promedio en el Bosque. En esta especie el peso seco de raíz aumentó considerablemente con el factor borde y el factor nutrimentos (Tabla 12).

El ANOVA de dos vías detectó diferencias significativas por efecto de los sitios ($F = 55.54$; $P < 0.01$; $GL = 4$). El análisis de comparación de medias de Tukey detectó que los promedios obtenidos en el sitio Borde fueron significativamente diferentes de los obtenidos en los sitios Bosque y Sol.

El ANOVA aplicado a medir el efecto de los tratamientos detectó diferencias significativas ($F = 41.13$; $P < 0.01$; $GL = 4$). El análisis de comparación de medias de Tuckey detectó diferencias significativas entre los promedios del tratamiento Nutrientes fueron significativamente mayores que los promedios de los tratamientos Testigo y Humedad.

Tabla 7. Media y DE del área foliar y peso seco del tallo, hojas y la raíz de *T. havanensis*, en los tres sitios y tres tratamientos aplicados.

Variable	Tratamiento	Bosque		Borde		Sol	
		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Área foliar (cm)	Nutrientes	25.96 ± 22.634	a	43.59 ± 62.6080	a	54.51 ± 45.224	a
	Humedad	27.95 ± 21.832	a	60.93 ± 36.3742	b	39.35 ± 48.857	a
	Testigo	18.43 ± 15.107	a	57.29 ± 44.7627	b	15.91 ± 20.592	b
Peso seco del Tallo (gr)	Nutrientes	0.216 ± 0.1269	a	0.820 ± 0.4682	a	0.351 ± 0.2200	a
	Humedad	0.185 ± 0.1126	a	0.379 ± 0.1646	b	0.287 ± 0.1577	a
	Testigo	0.176 ± 0.1191	a	0.331 ± 0.1999	b	0.253 ± 0.2089	a
Peso seco de Hojas (gr)	Nutrientes	0.130 ± 0.1096	a	0.835 ± 0.3345	a	0.545 ± 0.2972	a
	Humedad	0.135 ± 0.1078	a	0.306 ± 0.1921	b	0.091 ± 0.0772	b
	Testigo	0.120 ± 0.1313	a	0.277 ± 0.1860	b	0.092 ± 0.1697	b
Peso seco De Raíz (gr)	Nutrientes	0.265 ± 0.1926	a	1.671 ± 0.7809	a	1.347 ± 0.9525	a
	Humedad	0.256 ± 0.1676	a	0.766 ± 0.5257	b	0.642 ± 0.5555	b
	Testigo	0.212 ± 0.1547	a	0.721 ± 0.5257	b	0.340 ± 0.2606	b

5. Proporción raíz-vástago. El efecto de los sitios en esta prueba se observó que en el Bosque esta proporción fue menor que uno, es decir que las plantas asignaron mayor cantidad de biomasa a las partes aéreas. Sucedió lo contrario en los sitios Borde y Sol las plantas asignaron mayor cantidad de recurso a las partes subterráneas (Tabla 13).

El ANOVA detectó diferencias estadísticas significativas por efecto de los sitios. El análisis de comparación de medias de Tuckey mostró que los promedios obtenidos en el sol fueron estadísticamente significativos.

El anova detecto en el efecto de los tratamientos que la cantidad de biomasa asignada a la raíz y a las partes aéreas en el sitio sol fue estadísticamente significativa con nutrientes (Anexo 8).

El análisis de comparación de medias de Tukey mostró que los promedios obtenidos en las parte aéreas fueron significativamente mayores que los obtenidos en las partes subterráneas, con los tratamientos Nutrientes y Humedad (Anexo 9).

Tabla 8. Peso seco de las partes aéreas, subterráneas y la proporción de *T. havanensis* para los tres tratamientos y en los tres sitios.

Sitio	Tratamiento	Promedio peso seco partes aéreas.	Promedio peso seco partes subterráneas.	Proporción: raíz/vástago
Bosque	Nutrientes	0.346 ± 0.205 a	0.264 ± 0.194 a	0.763 a
	Humedad	0.320 ± 0.209 a	0.256 ± 0.167 a	0.800 a
	Testigo	0.297 ± 0.206 a	0.211 ± 0.186 a	0.756 a
Borde	Nutrientes	1.654 ± 0.780 a	1.671 ± 0.781 a	1.012 a
	Humedad	0.685 ± 0.333 a	0.766 ± 0.450 a	1.118 a
	Testigo	0.608 ± 0.373 a	0.721 ± 0.526 a	1.186 a
Sol	Nutrientes	0.806 ± 0.478 a	1.346 ± 0.952 b	1.699 a
	Humedad	0.378 ± 0.378 a	0.642 ± 0.642 b	1.698 a
	Testigo	0.379 ± 0.355 a	0.349 ± 0.260 a	1.009 b

11.3 Discusión

Platanus mexicana

La sobrevivencia de *P. mexicana* en el sitio Bosque se vio reducida de manera importante. La causa de este resultado fue la herbivoría producida por organismos defoliadores, que son más abundantes bajo el dosel del bosque. La desaparición de hojas y tallos debido a la herbivoría fue tan rápida que impidió que las plantas de esta especie se recuperaran. Un resultado similar lo obtuvieron Fuchs *et al.* (2000). Los resultados del presente estudio ponen en evidencia la heterogeneidad de los organismos en cuanto a la competencia por los sitios de establecimiento. El resultado de esta competencia se refleja en la diferenciación del conjunto de condiciones presentes en el bosque. Durante la fase de desarrollo de plántula hay mayor vulnerabilidad a la muerte como causa del estrés ambiental (Dirzo, 1984). Las condiciones imperantes en el sitio Bosque no fueron favorables para el desarrollo adecuado de las plantas juveniles de *P. mexicana*.

El hecho de que la mayoría de las plantas de *P. mexicana* no sobreviviera a las condiciones del sitio Bosque refleja que esta especie es poco tolerante a la sombra, lo cual la hace más vulnerable a la depredación. Esto mismo concluyeron Gray y Spies (1997) al observar inhibición del establecimiento de las plantas bajo la sombra del bosque y mayor establecimiento en claros de tamaño pequeño. Las características de estos claros pueden compararse con las del sitio Borde del presente trabajo.

Los parámetros obtenidos en el tamaño, grosor de tallo y cantidad de hojas en el sitio Borde, reflejan que la disponibilidad de recursos en este sitio, son los adecuados para que esta especie se desarrolle. Estos parámetros también aumentaron con el factor nutrimentos. Hall *et al.* (2002) obtuvieron resultados parcialmente similares. De acuerdo con estos autores, el crecimiento de las especies estudiadas en bosques naturales es favorecido, aplicando una serie de claros pequeños e intermedios. Estos claros son sitios con características de luz similares a las del sitio Borde del presente estudio.

Las condiciones microclimáticas de cada sitio (p. ej. la cantidad de agua disponible) influyeron en las distintas respuestas de establecimiento de las plantas. Es posible que en el sitio Borde, el sombreado parcial haya protegido a las plantas de la desecación; mientras que las plantas del sitio Sol estuvieron desprotegidas. En el sitio Sol hubo mayor pérdida de agua, como resultado de

la ausencia de vegetación y la exposición directa a los rayos solares. Las diferencias encontradas por efecto de los sitios permiten deducir que las plantas encuentran condiciones más favorables en el sitio Borde que en los otros sitios.

Las plantas colocadas en el sitio Sol tuvieron menor crecimiento como resultado de las condiciones de este sitio (p. ej. las grandes fluctuaciones de temperatura durante el día, la elevada tasa de evaporación de agua y las altas temperaturas). Los datos obtenidos son comparables con los de Osunkoya y Ash (1993), quienes observaron un mayor crecimiento en las plantas de los claros que en las del interior de la selva tropical lluviosa, aunque las respuestas variaron significativamente entre especies.

Otra investigación con resultados parcialmente similares en cuanto al efecto de los sitios es la de Suárez (1998). Este autor reportó una mayor elongación de tallos en las plantas colocadas en el borde, pero también en el sol. La diferencia de lo obtenido en el sitio Sol del presente estudio con lo obtenido por Suárez (1998) puede deberse a que el autor aplicó mayor cantidad de agua en el sitio sol. Phares (1971) reportó que las plantas colocadas en condiciones parecidas al Borde y Sol crecieron más en longitud, que las colocadas en condiciones parecidas al Bosque.

En términos generales, tanto las tendencias de crecimiento como el patrón de crecimiento obtenidos en el presente estudio, pueden atribuirse al efecto del sitio Borde y al tratamiento Nutrientes.

El número de hojas es una variable complementaria al área foliar. Ambas variables permiten determinar el área fotosintética total de la planta. Sin embargo, los resultados del número de hojas se interpretaron con reservas porque no se tomó en cuenta el área de las hojas, las diferencias en tamaño, ni el porcentaje de herbivoría. En esta especie el área foliar tuvo resultados similares por efecto de los sitios y los tratamientos: la mayor área foliar se obtuvo en el sitio Borde con el tratamiento Nutrientes. Estos resultados son diferentes a los de Suárez (1998), quien reportó mayor número de hojas en el sitio sol. La diferencia puede deberse a que este autor, aplicó más agua en el sitio sol, que en el sitio borde. En este estudio se aplicó la misma cantidad de agua en los tres sitios de establecimiento, lo que indica que el aumento en el número de hojas puede ser una respuesta de las plantas a la disponibilidad del recurso y el efecto del sitio. Es necesario enfatizar que en el presente estudio el número de hojas se incrementó con el tiempo, aunque con variaciones (Anexo 6).

Con respecto al peso seco de tallo, hoja y raíz, se esperaba éstos fueran mayores en el Borde, porque en este sitio las condiciones de luz y humedad son intermedias. Los resultados obtenidos en *P. mexicana* concuerdan con los esperados. Estos resultados son parcialmente similares a los obtenidos por Suárez (1998) en plantas de *Quercus acutifolia*, *Q. xalapensis* y *Q. germana*, quién reportó mayor biomasa en el borde, pero también en el sol (en el sitio sol aplicó más agua para evitar la desecación). Un mayor crecimiento en las plantas del borde ha sido señalado por Williams-Linera (1990) para plantas de árboles en Panamá. Las condiciones del borde pueden considerarse intermedias entre las del interior del bosque y el sol.

En la asignación de biomasa en ambos sitios en las plantas de *P. mexicana* el efecto de los tratamientos (Tabla 10) fue notorio. En ambos sitios la asignación de biomasa a las partes aéreas en proporción con la asignada a las partes subterráneas fue de 3:1 para el tratamiento Nutrientes, 2:1 para el tratamiento Humedad y 1:1 para el tratamiento sin Nutrientes ni Humedad.

Podemos concluir que las plantas requieren de condiciones elevadas o adecuadas de nutrientes y humedad para poder incrementar su crecimiento. Al igual que en el presente estudio, Allen *et al.* (1987), concluyeron que la aplicación de nutrientes (particularmente nitrógeno y potasio) durante el establecimiento es la vía más eficiente para incrementar la productividad de un sitio. También Chang (2003) obtuvo un mayor incremento de la altura y del diámetro basal adicionando nutrimentos.

Todos los mayores promedios de crecimiento obtenidos en *P. mexicana* estuvieron relacionadas directamente con la cantidad de nutrientes y agua y su interacción con la luz. El crecimiento sólo fue estimulado cuando los nutrientes se aplicaron en condiciones intermedias de luz.

Cuando las plantas se encontraron en intensidades altas de luz, asignaron más biomasa a las partes aéreas, pero crecieron menos. Los efectos adversos de la cantidad de luz en el bosque no se pueden atribuir a una nutrición inadecuada.

Los resultados obtenidos en el sitio Sol permiten asumir que intensidades altas de luz afectan las primeras etapas de crecimiento de las plantas, aunque en términos generales no sea el exceso de luz, sino la desecación, la que frena el crecimiento.

Trichilia havanensis

T. havanensis tuvo una elevada capacidad de sobrevivir en los tres sitios experimentales de establecimiento. Esta capacidad se reflejó claramente en los promedios obtenidos de todos los parámetros evaluados (Tabla 8) y en el promedio de sobrevivencia.

Estos resultados pueden deberse a varia causas, como: a que en condiciones de recursos limitados o de competencia las plantas provenientes de semillas grandes tienen ventaja sobre las plantas provenientes de semillas pequeñas (Harper, 1964; Seiwa, 2000). Otra causa puede deberse al contenido de sus hojas (trichavensina y limonoides), sustancias que se utilizan para elaborar insecticidas naturales y repelentes de insectos, a partir de especies de este género (Inada, *et al.*, 1994; Musza, *et al.*, 1995; Rodríguez-Han *et al.*, 1996; Garcés *et al.*, 1996; Gunatilaka *et al.*, 1998; Anónimo, 1999), que mantienen alejados a los organismos defoliadores. Rzedowski (1978) considera al género *Trichilia*, un elemento propio de la vegetación secundaria y de lugares perturbados. Debido a esto, es indudable que el rango de condiciones que puede soportar, es muy amplio y probablemente por esta característica, resistió a las condiciones de los tres sitios de establecimiento. Otra causa puede ser debido a que el origen y la distribución del género *Trichilia* es de zonas tropicales (Hemsley, 1879-1888; citado por Rzedowski, 1978; Luna *et al.*, 1994). Esto puede ser una ventaja, ante las condiciones actuales del territorio Veracruzano, donde es evidente la deforestación y destrucción de hábitats, proceso que cambia rápida, drástica e irreversiblemente las condiciones ambientales de una zona.

Las plantas de *T. havanensis* sobrevivieron en todos los sitios, pero el mayor crecimiento se obtuvo en el sitio Borde. Este crecimiento se incrementó cuando se adicionaron nutrientes. Por esto se recomienda que en caso de no adicionar nutrientes se procure el riego en las primeras semanas de desarrollo, sobre todo durante la “época de sequía”.

Cuando se compararon los resultados del tamaño de las plantas, para ver el efecto de los sitios, se mostró que las diferencias entre sitios y entre tratamientos, son significativas estadísticamente (Tabla 11). Sin embargo, en el efecto del sitio bosque con los tres tratamientos, el margen entre promedios no es muy amplio; y también con el tratamiento nutrientes en los tres sitios (Anexo 7). El efecto el sitio Bosque con los tres tratamientos, es a la baja. Probablemente debido a las condiciones imperantes en el interior del sitio Bosque, que es de abundante humedad, pero escasa luz.

Por lo anterior es indudable que en presencia de nutrientes, las plantas requieren además, luz y humedad para poder crecer. Estos resultados son similares a los obtenidos por Suárez (1998) y Phares (1971), quienes reportan que las plantas crecieron más en los sitios Borde y Sol. Williams-Linera (1990) obtuvo también un mayor crecimiento en las plantas del borde en árboles en Panamá.

En esta especie la mayor cantidad de hojas se obtuvo en el sitio Borde con el tratamiento Nutrientes. Estos resultados son diferentes a los de Suárez (1998), quien reportó mayor número de hojas en el sitio sol. Sin embargo Suárez comenta que, aplicó más agua en el sitio sol, que en el sitio borde. Pero en este estudio se aplicó la misma cantidad de agua en los tres sitios de establecimiento, lo que indica que el aumento en el número de hojas puede ser una respuesta de las plantas a la disponibilidad del recurso y el efecto del sitio.

Se esperaba tener los mayores promedios de peso seco de tallo, hoja y raíz, en el sitio Borde, por la disponibilidad del sitio de luz y humedad, lo cual se obtuvo. Estos resultados son parcialmente similares a los obtenidos por Suárez (1998) en plantas de *Quercus acutifolia*, *Q. xalapensis* y *Q. germana*, quien reportó mayor biomasa en la orilla, pero también en el sol (en el sitio sol aplicó más agua para evitar la desecación).

Esta especie asignó mayor cantidad de biomasa en las raíces de las plantas de los sitios Borde y Sol. Este resultado es parcialmente similar a lo obtenido por Phares (1971) en *Quercus rubra*; las plantas de esta especie asignaron mayor cantidad de biomasa a las raíces cuando se colocaron en condiciones similares a las de los sitios Borde y Sol. En *T. havanensis*, el crecimiento de las plantas fue seriamente limitado en intensidades bajas de sol, por lo que puede considerarse como especie moderadamente tolerante a la sombra.

Es posible que la asignación de mayor cantidad de biomasa a las partes aéreas en el sitio Bosque haya sido para aumentar la superficie foliar y poder captar mayor cantidad de luz en este sitio. Es indudable el efecto limitante de la luz baja en esta especie. Cuando las plantas se encontraron en intensidades altas e intermedias de luz, asignaron más biomasa a las partes subterráneas, además de que crecieron más, que cuando se encontraron bajo condiciones bajas de luz. Probablemente la asignación de biomasa se deba a fenómenos relacionados con el recurso agua. Las plantas bajo estas condiciones aumentan la biomasa en las partes subterráneas para absorber agua; y disminuyen biomasa de las partes aéreas, para reducir la pérdida de agua.

Los mayores promedios de crecimiento obtenidos en *T. havanensis* se encontraron relacionados con la cantidad de nutrientes y agua, en condiciones intermedias de luz. Los efectos adversos del sitio Bosque en el crecimiento, no se pueden atribuir a una inadecuada nutrición, sino a la escasez del recurso luz. Los resultados obtenidos en los sitios nos permiten asumir que intensidades intermedias de luz en esta especie, favorecen el crecimiento de las plantas, en las primeras etapas. Aunque en términos generales no sea la falta de nutrientes o humedad, sino la escasez de luz, la que frena el crecimiento.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permiten aceptar la hipótesis de trabajo planteada para el establecimiento de especies.

11.4 Conclusiones establecimiento

Platanus mexicana

- La baja intensidad de luz y la presencia de organismos defoliadores limitaron seriamente la sobrevivencia de las plantas de esta especie.
- El crecimiento de las plantas fue intensificado con niveles intermedios de luz (condiciones de borde) y con la adición de nutrientes.
- En general el grosor de tallo y el número de hojas se incrementó en el sitio Borde y adicionando nutrientes.
- La aplicación de nutrientes o, si no se cuenta con ellos, el incremento de humedad aumentan los parámetros de la planta como área foliar y peso seco del tallo, hojas y raíz.

Trichilia havanensis

- Esta especie soporta un amplio intervalo de condiciones ambientales; la sobrevivencia de sus plantas fue elevada en todos los sitios.
- Para incrementar el tamaño de las plantas es necesario colocarlas en sitios donde la luz incida de forma intermedia durante el día, es decir en el borde, donde hay sombra parcial durante el día.
- El incremento en el tamaño de las plantas se refleja en indicadores como el grosor del tallo y el número de hojas. Estos parámetros se incrementaron con la aplicación de nutrientes.
- En condiciones de borde y con nutrientes, las plantas aumentaron otros parámetros, como área foliar y peso seco del tallo, raíz y hojas.
- En condiciones de luz intermedia (Borde) y luz intensa (Sol) las plantas asignaron mayor cantidad de recursos al incremento de las partes subterráneas.
- En condiciones de penumbra (Bosque) las plantas asignaron mayor cantidad de recursos al incremento de las partes aéreas.

12. ÁREA POTENCIAL

12.1 Metodología

La metodología usada para determinar el área potencial fue la propuesta por Soto (1985), que consistió en conocer e interpretar las condiciones climáticas de los sitios en los que podrían establecerse poblaciones de *P. mexicana* y *T. havanensis*. La zona se determinó con base en las coordenadas de los sitios donde estas especies han sido colectadas y en la utilización del sistema de información climático-cartográfico, denominado "Bioclimas".

Revisión de ejemplares de las especies en estudio de la colección del Herbario (XAL) del Instituto de Ecología A. C. Con base en esta revisión se elaboró un listado con el municipio y localidad donde las especies habían sido colectadas, así como el tipo de vegetación, altitud, suelo, fecha y nombre del colector, localizando las coordenadas de cada localidad (Soto, 1986).

Base de datos botánicos obtenida en el banco electrónico de datos del Proyecto Flora de Veracruz. Esta base de datos se usó para determinar los sitios de colecta de las especies en estudio.

Base de datos cartográficos. Este es un sistema computarizado conocido como "Bioclimas" (Soto *et al.*, 1984), que consiste en sobreponer mapas y delimitar zonas con las características climáticas similares a los puntos de colecta. Esta base cartográfica está constituida actualmente por 108 planos de información, de los cuales 18 muestran la distribución espacial de parámetros climáticos. El resto de los planos contienen otro tipo de información (uso del suelo, vegetación, edafología, fisiografía, grados de modificación, etc.). Los planos están digitalizados a escala 1:1'000,000.

Determinación de las características climáticas. Ésta se hizo con base en los datos cartográficos con las coordenadas de los sitios de colecta. Se obtuvieron las características climáticas de los sitios donde se encontraron los especímenes, así como el intervalo de valores climáticos y la frecuencia de especies en cada sitio.

Mapas de distribución potencial. Estos se elaboraron considerando todos los valores climáticos en donde se establecen las especies. Se tomó en cuenta la combinación de los planos de información considerados los más importantes

para la distribución de la familia. Con estos mapas se pudo conocer y proponer las zonas en las que se pueden reintroducir y/o establecer las especies en estudio.

12.2 Resultados

12.2.1 Área potencial de *Platanus mexicana*

Sitios de colecta. Los municipios del estado de Veracruz en los que se ha colectado esta especie son Actopan, Atzalan, Altotonga, Calchualco, Coatepec, Colipa, Cosautlán, Chocamán, Espinal, Huatusco, Fortín, Huayacocotla, Ixhuacán de los Reyes, Jalcomulco, Juchique de Ferrer, Las Minas, Misantla, Naolinco, Tlaltetela, Veracruz, Xalapa, Xico y Yecuatla (Figura 28; Anexo 10). Esta especie se ha colectado en 23 de los 204 municipios del estado.

Características climáticas. Esta especie se establece en áreas de 330 a 2,500 msnm de altitud que tengan cualquiera de los siguientes tipos de clima: Am, Am(f), (A)Cm(f), (A)C(fm), (A)Cm, Aw0, Aw₁, Aw₂, Aw1(x'), Aw2(x'), (A)Cw₁, (A)Cw₂, C(fm), Cm, Cm(f).

En estos climas el promedio anual de temperatura comprende un intervalo de 13 - >26° C, siendo el valor más frecuente el de 24 - 25° C. La temperatura máxima tiene un intervalo de <25 - >35° C, siendo el valor más frecuente el de 28 - 29° C. La temperatura mínima es de <4 - >17° C, siendo el valor más frecuente de 15 - 16° C. El intervalo de días con heladas es de 1 en 10 años a 1 en 3 años, siendo el valor más frecuente el de una helada cada 3 años.

La precipitación anual en estos climas comprende un intervalo de 800 a 4,200mm, siendo el valor más frecuente el de 1,400 - 1,600 mm. El intervalo de precipitación en 24 horas es de 20 a 90mm (Tabla 14).

El promedio de días con precipitación apreciable es de 80 - >150 días al año, siendo el valor más frecuente el de >150 días. El número de días con tempestad tiene un intervalo de 10 - 40 días al año, siendo el valor más frecuente el de 10 - 20 días al año. El intervalo de días con precipitación inapreciable es de 10 - >120 días al año, siendo el valor más frecuente el de 20 - 40 días al año.

El intervalo de días con granizo es de 0 - 10 días al año, siendo el valor más frecuente el de un día al año. El promedio de días nublados es de 50 a >200 días al año, siendo el valor más frecuente el de 100 - 150 días al año.

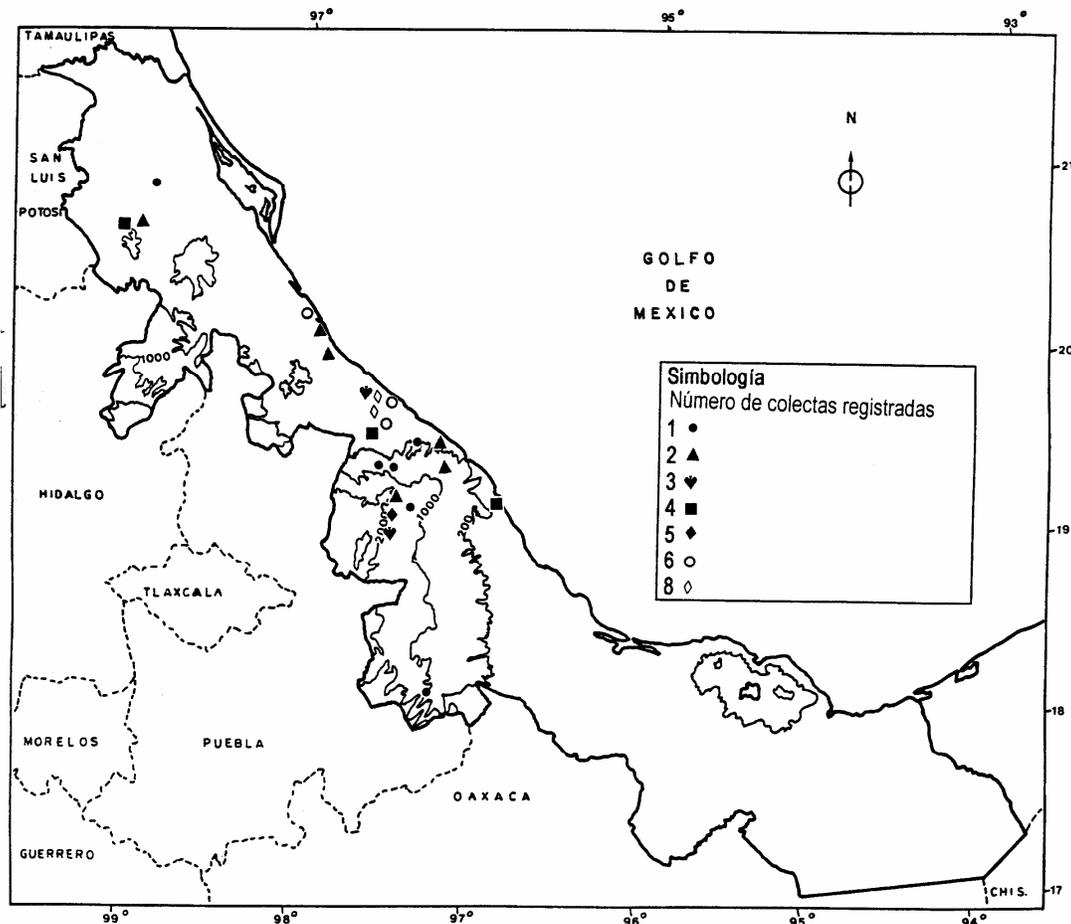


Figura 28. Localidades del estado de Veracruz donde se ha colectado *P. mexicana* Moric. Cada símbolo representa el número de veces que se ha colectado.

Vegetación. En el estado de Veracruz *P. mexicana* se ha colectado en la vegetación riparia asociada a los siguientes tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña, bosque mediano perennifolio, matorral crasicaule, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y vegetación secundaria.

De acuerdo con la información de la base de datos de Bioclimas (Anexo 10), *P. mexicana* se colectó en sitios que actualmente tienen los siguientes tipos de vegetación y/o uso del suelo: agricultura de temporal y de riego, pastizal inducido y cultivado, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de pino, selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, agricultura de temporal con pastizal cultivado, agricultura de temporal con selva media, agricultura de temporal con selva alta.

Tabla 1. Perfil climático con base en los sitios de colecta de *Platanus mexicana*, obtenido del sistema computarizado Bioclimas (Soto *et al.*, 1984)

PARÁMETRO	INTERVALO CLIMÁTICO	VALOR MAS FRECUENTE
Clima	C(fm), Am, Am(f), (A)Cm(f), (A)C(fm), (A)Cm, Aw0, Aw ₁ , Aw ₂ , Aw1(x'), Aw2(x'), (A)Cw ₁ , (A)Cw ₂ , Cm, Cm(f).	C(fm)
Altitud	330 – 2,500 m	1,000 – 1,500 m
Precipitación anual total	800 – 4,200 mm	1,400 – 1,600
Lluvia máxima en 24 horas	20 – 90 mm	30 – 40 mm
Número de días con precipitación apreciable	<80 – >150 días	>150 días
Número de días con precipitación inapreciable	<10 - >120 días	20 – 40 días
Número de días con tempestad	<10 – 40 días	10 – 20 días
Número de días con heladas	1 helada en 10 años	1 helada en 10 años
Número de días con granizo	1 helada en 3 años	1 helada en 3 años
Número de días con nublados	50 - >200 días	100 – 150 días
Promedio anual de temperatura	13° - >26° C	24° - >25° C
Promedio anual de temperatura máxima extrema	25° - >35° C	28° - >29° C
Promedio anual de temperatura mínima extrema	4° - >17° C	15° - >16° C

La diversidad de tipos de vegetación y/o usos del suelo, puede deberse a la modificación de la vegetación original debida a los cambios de uso del suelo. Estos cambios son propiciados fundamentalmente por el avance de la agricultura y ganadería, deforestación, y crecimiento de la mancha urbana, entre otras causas. En las zonas de cultivo y pastizales donde se encuentra esta especie, probablemente son árboles remanentes de la vegetación original, ya desaparecida.

El uso del suelo actual en los sitios donde se colectó el mayor número de ejemplares es agricultura de temporal. Sin embargo, es posible que la presencia de árboles de esta especie en éstas áreas se deba a que son remanentes de otra comunidad vegetal, que ha sido modificada para sembrar diferentes cultivos.

Por otra parte en las áreas donde se ha colectado esta especie los grados de modificación del suelo van de 'muy fuertemente modificado' a "poco modificado' y 'paisajes antropogénicos'. El valor más frecuente encontrado es 'muy fuertemente modificados'.

Distribución potencial. Para elaborar el mapa de distribución potencial de *P. mexicana* (Figura 29) se tomo como base los tipos de clima, el intervalo de altitud y los intervalos climáticos de precipitación apreciable, precipitación inapreciable, precipitación total anual, temperatura máxima extrema, temperatura mínima extrema, número de días nublados y número de días con heladas. Estos parámetros están relacionados directamente con la presencia y la cantidad de agua en los sitios donde *P. mexicana* fue colectada.

El área potencial de *P. mexicana* está sobrevalorada porque es una especie riparia y de zonas muy húmedas. En otras palabras, las zonas potenciales donde se puede establecer esta especie en el estado tienen un microclima que cambia drásticamente.

Para la reforestación con esta especie se debe asegurar que en las primeras etapas de crecimiento de las plantas se proporcione suficiente agua y preferentemente nutrientes. Esta especie se ha cultivado y establecido con éxito en las calles y avenidas de la ciudad de Xalapa.

Esta propuesta de área potencial contempla las partes altas, preferentemente entre los 1,000 y 1,500 msnm, también el área comprendida entre los 400 y 1,000 msnm de las cuencas de los ríos Tuxpam, Actopan, Paso de Ovejas, Jamapa y Atoyac.

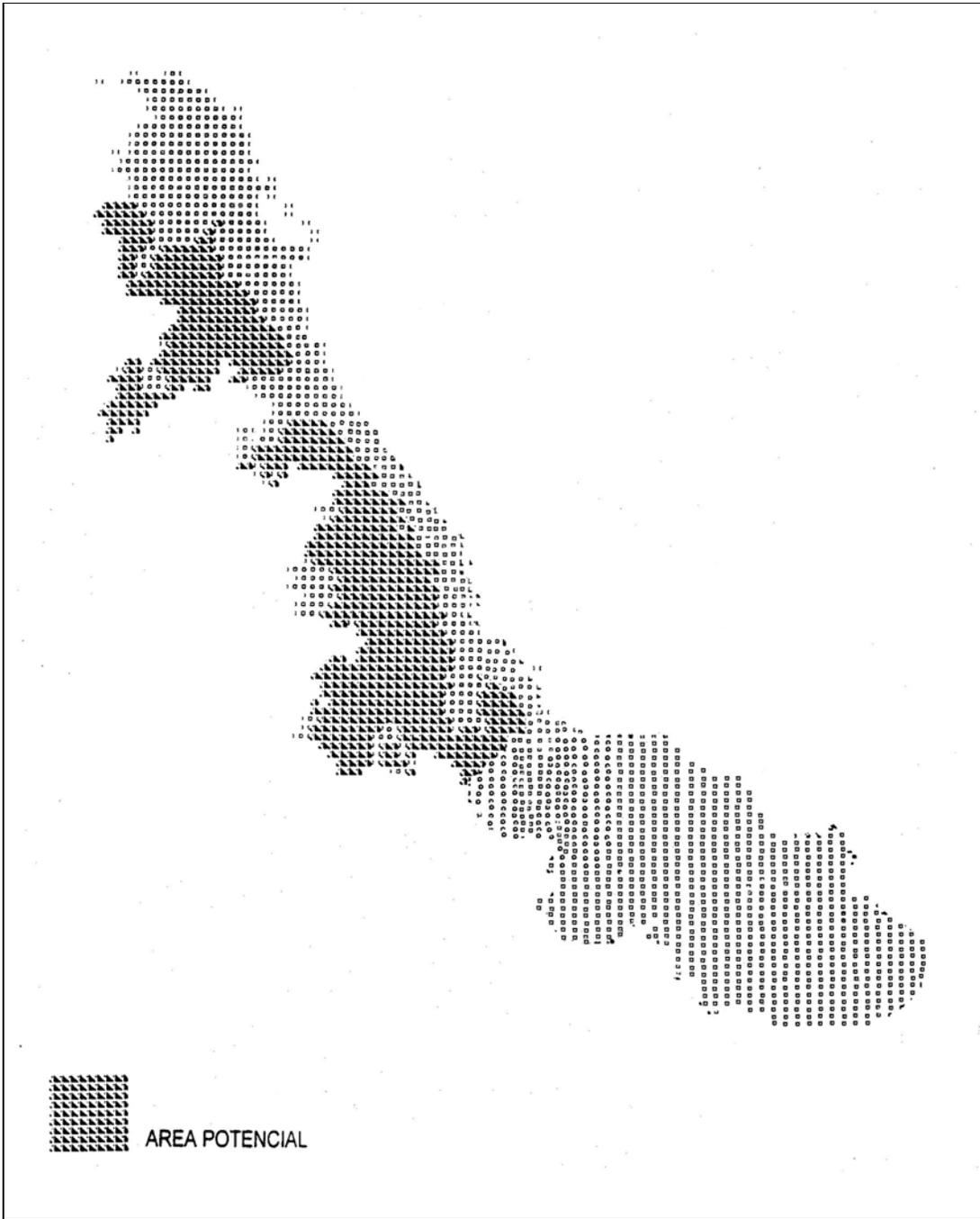


Figura 29. Distribución potencial de *Platanus mexicana*.

12.2.2 Área potencial de *Trichilia havanensis*

Sitios de colecta. Los municipios del estado de Veracruz en los que se ha colectado esta especie son Acajete, Actopan, Alto Lucero, Amatlán de los Reyes, Atoyac, Banderilla, Catemaco, Coatepec, Coatzacoalcos, Coetzala, Córdoba, Cosamaloapan, Cuichapa, Chicontepepec, Chiconquiaco, Gutiérrez Zamora, Huatusco, Huayacocotla, Ixtaczoquitlán, Tonayán, Jilotepec, Juchique de Ferrer, Las Minas, Miahuatlán, Misantla, Martínez de la Torre, Naranja, Pánuco, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla, Sontecomapan, Soteapan, Tecolutla, Tántima, Teocelo, Tepetzintla, Tlaltetela, Tlalnehuayocan, Tlapacoyan, Tonayan, Vega de Alatorre, Xalapa, Yecuatla y Zongolica (Figura 30).

Características climáticas. Esta especie se establece en sitios de 5 - 2,500 msnm, con mayor frecuencia entre 1,000 - 1,500 msnm, con climas de tipo C(fm), Cw₀, Cw₁, Cw₂, Cm(f), Cm(f)b', (A)cm, Af(m), Am(f), Acw₁, Acw₂, (A)Cm(f), Aw₁(x'). El tipo de clima más frecuente es C(fm).

En estos climas el promedio anual de temperatura comprende un intervalo de 12 a 26 °C, siendo el valor más frecuente el de 15 - 16° C. La temperatura máxima tiene un intervalo de 23 - >35° C, siendo el valor más frecuente el de 26 - >27° C. La temperatura mínima es de 0 - 17° C, el valor más frecuente es de 7 - >8° C. El intervalo del promedio de días con heladas es de 0.1 a 1 día, el valor más frecuente es de 0.1 día.

La precipitación anual en estos climas comprende un intervalo de 800 - 3,000 mm; el valor más frecuente es de 1,600 - 1,800 mm. El intervalo de precipitación en 24 horas es de 20 - 70 mm, el valor más frecuente es de 30 - 40 mm.

El promedio de días con precipitación inapreciable es de 10 - >80 días al año, siendo el valor más frecuente el de 20 - 40 días. El promedio de lluvia máxima en 24 horas tiene un intervalo de 100 - 400 mm, siendo el valor más frecuente de 200 - 300 mm. El intervalo de días con lluvia es de 80 - >150 días al año.

El número de días con tempestad es de <10 - 40 días al año, y el valor más frecuente es de 10 - 20 días al año. El promedio de días nublados fluctúa entre 50 - 200 días al año, y el valor más frecuente es de 100 - 150 días al año.

El promedio de granizadas es de 0 - 10 días al año, el valor más frecuente es de 1 día al año (Tabla 15).

Vegetación Los tipos de vegetación en los que se ha colectado *T. havanensis* en el estado de Veracruz son: bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, selva baja perennifolia, selva baja subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana caducifolia, selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia, vegetación ruderal, vegetación riparia, vegetación secundaria, dunas costeras y matorral.

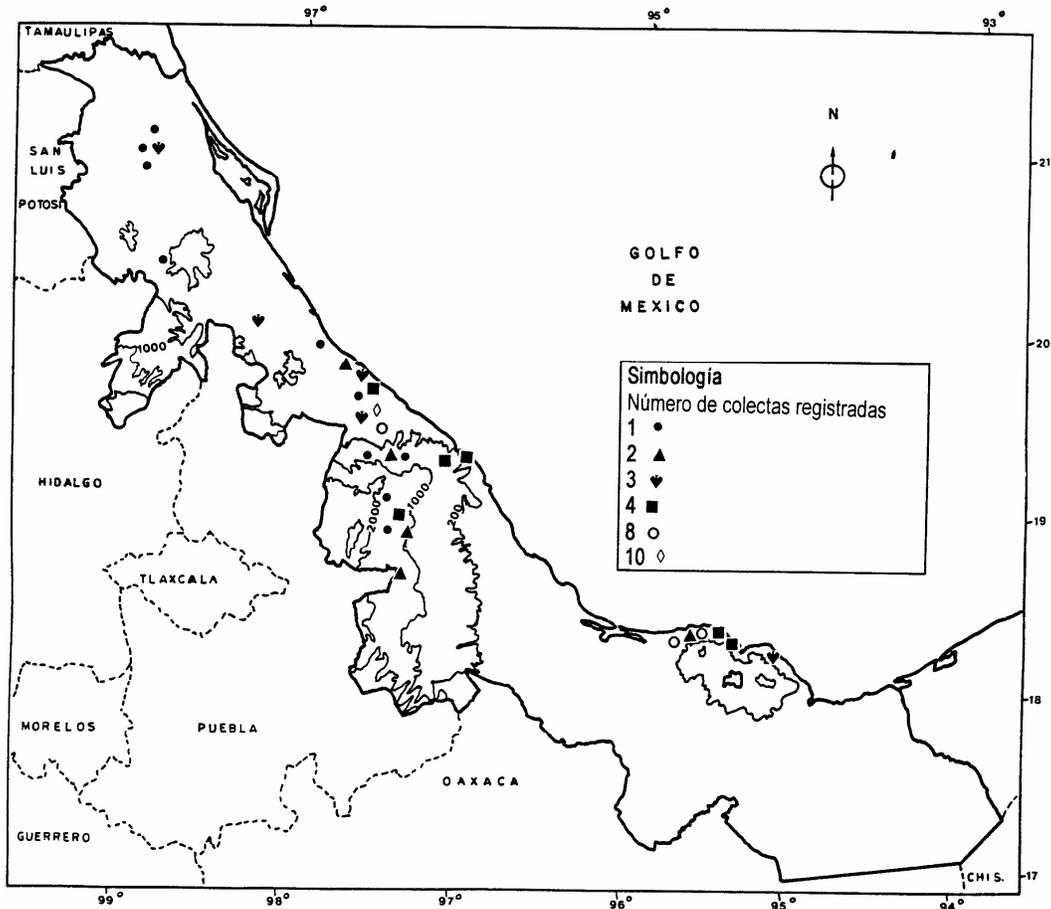


Figura 30. Localidades del estado de Veracruz donde se ha colectado *T. havanensis* Jacq. Cada símbolo representa el número de veces que se ha colectado.

Con base en la información capturada, *T. havanensis* es una especie que habita en zonas en las que los usos actuales del suelo son: agricultura de temporal y de riego, agricultura de temporal con pastizal cultivado, agricultura de temporal con selva media, pastizal inducido, pastizal cultivado, bosque de

pino, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, manglar, selva alta caducifolia, selva alta perennifolia secundaria con pastizal, selva baja caducifolia secundaria, selva alta perennifolia secundaria, selva mediana subperennifolia secundaria. En las áreas donde se ha colectado esta especie los grados de modificación del suelo van de 'muy fuertemente modificado' a 'débilmente modificado', siendo el valor más frecuente es 'muy fuertemente modificado'.

Tabla 2. Perfil climático obtenido en los sitios de colecta de *T. havanensis*, obtenido del sistema computarizado Bioclimas (Soto *et al.*, 1984)

PARÁMETRO	INTERVALO CLIMÁTICO	VALOR MAS FRECUENTE
Clima	C(fm), Cw ₀ Cw ₁ Cw ₂ , Cm(f), Cm(f)b', (A)cm, Af(m), Am(f), Acw ₁ , Acw ₂ , (A)Cm(f), Aw ₁ (x'),	C(fm)
Altitud	5 – 2,500 m	1,000 – 1,500 m
Precipitación anual total	800 – 3,000 mm	1,600 – 1,800
Lluvia máxima en 24 horas	20 – 70 mm	30 – 40 mm
Número de días con precipitación apreciable	<80 – >150 días	100 - 150 días
Número de días con precipitación inapreciable	>10 - >80 días	20 – 40 días
Número de días con tempestad	<10 – 40 días	>10 días
Número de días con heladas	1 helada en 10 años	1 helada en 10 años
Número de días con granizo	1 helada en 3 años	1 helada en 3 años
Número de días con nublados	50 - <200 días	100 – 150 días
Promedio anual de temperatura	12° - >26° C	15° - >16° C
Promedio anual de temperatura máxima extrema	23° - >35° C	26° - >27° C
Promedio anual de temperatura mínima extrema	2° - >17° C	7° - >8° C

Distribución potencial. El mapa de las zonas donde puede reintroducirse o reforestarse con esta especie se elaboró tomando en cuenta los tipos de clima, el intervalo de altitud y los intervalos climáticos de precipitación anual,

precipitación en 24 horas, temperatura media anual, temperatura mínima anual y temperatura anual (Figura 31).

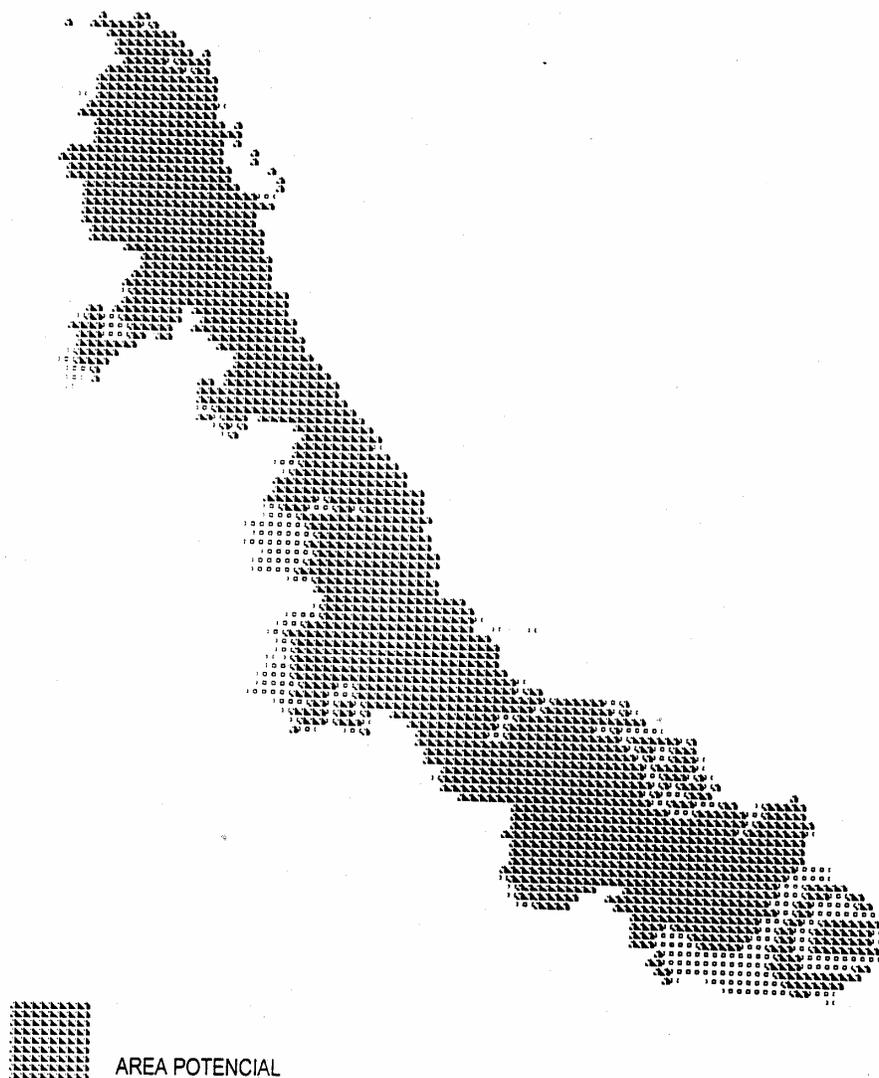


Figura 31. Mapa de distribución potencial de *T. havanensis* Jacq.

Esta propuesta de área potencial contempla las partes altas del estado, preferentemente zonas con altitudes entre los 1,000 - 1,500 msnm. Sin embargo, por la altitud de las zonas donde se encontró esta especie, también puede establecerse con éxito en zonas con altitudes muy cercanas al nivel del

mar, siempre y cuando las semillas hayan sido colectadas dentro de la misma región para propiciar el desarrollo de los diferentes ecotipos del estado.

12.3 Discusión

Platanus mexicana

De los parámetros elegidos para la elaboración del mapa de distribución potencial de esta especie, se tomaron los que aportan la información necesaria sobre la humedad atmosférica, que favorece su crecimiento, como son el promedio de precipitación anual, el número de días con precipitación inapreciable y la cantidad de lluvia en 24 horas.

Es necesario resaltar que, en el territorio veracruzano, el BMM se encuentra en regiones con fuertes pendientes donde existe la pérdida de suelo debido a la deforestación. En estas regiones los procesos erosivos del suelo son muy acelerados debido a que se ha retirado la cubierta vegetal forestal.

La importancia ecológica de *P. mexicana* radica en que también se encuentra en cañadas con vegetación secundaria en suelos perturbados, en bordes de bosque, caminos, ríos y cuerpos de agua, protegiendo taludes de la erosión, condiciones actualmente predominantes por la destrucción de la vegetación.

Los tipos de vegetación donde se establece *P. mexicana* tienen una gran variedad de condiciones climáticas, sin embargo es una especie con altos requerimientos de humedad. La variación en los tipos de vegetación que se reportan en las colectas puede deberse a la modificación y pérdida de la vegetación original. En éstas zonas quedan árboles aislados en sitios donde en otra época fueron más abundantes.

De acuerdo con los resultados de este estudio, esta especie requiere gran cantidad de nutrientes, o en todo caso agua para su establecimiento. En sus primeras etapas de desarrollo, habría que proporcionarle estas condiciones, hasta que alcance un buen tamaño y vigor. Se ha visto que se utiliza como ornamental en calles, parques y jardines, en algunas ciudades del Estado. En estos sitios se ha establecido con éxito después de proporcionarle ciertos cuidados en el vivero.

La reforestación de estas zonas con *P. mexicana* puede contribuir al enriquecimiento de los suelos por el aporte de materia orgánica que se produce al caer las hojas.

Esta especie formó parte de la vegetación en zonas con climas cálido-húmedos, semicálidos y templados. Sin embargo, se tuvo cuidado en no sobrevaluar el área potencial propuesta porque es un árbol que prospera con éxito en zonas riparias o muy húmedas.

Las zonas potenciales para el establecimiento de *P. mexicana* están en las partes altas de las cuencas de abastecimiento de los ríos Tuxpan, Actopan, Los Pescados, Paso de Ovejas, Jamapa y Atoyac, en zonas con altitudes preferentemente entre los 1,000 y 1,500 msnm, consideradas como las más altas del estado. También puede establecerse con éxito en zonas con altitudes entre los 330 y 1,000 msnm, en zonas contiguas a las cañadas, afluentes que pudieran proporcionar cierta clase de protección y/o humedad a la planta.

Trichilia havanensis

Esta especie forma parte de la vegetación de zonas con climas tipo cálido-húmedo y templado y con un amplio intervalo altitudinal. Esta característica favorece, que la zona potencial propuesta para su establecimiento sea muy amplia.

La importancia ecológica de esta especie es que se encuentra en zonas de agricultura de temporal y pastizal cultivado con suelos en proceso de erosión. Es muy abundante en bordes de bosques y selvas, por lo que puede considerarse como una especie con un intervalo de establecimiento muy amplio. El establecimiento de esta especie en estas zonas, haría una función de corredor ecológico y/o zona de refugio, para aves y otros organismos.

Por su distribución actual y por las condiciones climáticas en las que se ha encontrado, se puede afirmar que *T. havanensis* puede establecerse con éxito preferentemente en zonas con altitudes de 1,000 - 1,500 msnm. Aunque también puede crecer con éxito en zonas con altitudes de 200 - 1000 msnm, inclusive en zonas muy cercanas al nivel del mar. Este rango altitudinal nos permite proponer que la zona potencial para su establecimiento, comprende casi todo el estado, con excepciones de la zona sur, mucho más cálida.

Las zonas donde se ha encontrado *T. havanensis*, refleja que puede soportar condiciones muy variadas. Sin embargo, en la reforestación o reintroducción

de esta especie se deben usar los ecotipos de cada zona. Es decir que se deben coleccionar semillas de árboles cercanos a los sitios propuestos para el establecimiento. Se deben crear viveros cercanos a las zonas de colecta para obtener plántulas de individuos regionales, con características ecológicas propias de cada región, adaptadas a las condiciones de cada zona.

De acuerdo con las características climáticas de los sitios de colecta de *T. havanensis* y con los parámetros elegidos para la elaboración del mapa de distribución potencial, se puede afirmar que esta especie no tiene altos requerimientos de agua, es decir, tiene necesidades promedio. La distribución potencial de esta especie en el estado es amplia porque incluye los climas templado-húmedo y cálido-húmedo.

Finalmente, es necesario enfatizar la importancia que representa el potencial de estas especies como participantes en la regeneración del bosque. El establecimiento de plantaciones puede propiciar la reducción de fragmentos y favorecer la preservación de estas especies. También es importante resaltar el papel que juegan estas especies desde otros puntos de vista, como el económico en la producción de madera y la elaboración de insecticidas naturales, el ecológico en la participación para la distribución uniforme del agua de lluvia, como hábitat y alimento para otras especies de animales.

El área propuesta para *Platanus mexicana* solo comprende las partes altas del Estado de Veracruz. Sin pretender comparar una especie con otra, el área propuesta para *T. havanensis* es de casi todo el estado, porque es una especie que soporta un intervalo de condiciones más amplio. Con esto se acepta la hipótesis planteada para esta parte del trabajo.

12.4 Conclusiones área potencial

Platanus mexicana

- Las áreas potenciales para el establecimiento de esta especie pueden ser zonas con clima cálido-húmedo, semicálido y templado.
- Debido a que es una especie con altos requerimientos de humedad, se recomienda el establecimiento en zonas riparias o muy húmedas.
- Otra zona potencial con posibilidades de éxito son las partes altas de las cuencas de abastecimiento de los ríos Tuxpan, Actopan, Los Pescados, Paso de Ovejas, Jamapa y Atoyac.
- Puede establecerse con éxito en zonas con vegetación secundaria, bordes o claros de bosque o caminos.
- La alta producción de materia orgánica podría ayudar a la recuperación de suelos erosionados, sobretodo en zonas con pendientes.
- Las zonas para su establecimiento deben tener una altitud de entre 1,000 y 1,500 msnm, pero el establecimiento también se puede lograr en áreas con altitudes de 330 a 1,000 msnm.

Trichilia havanensis

- El intervalo de sitios potenciales para el establecimiento de esta especie es muy amplio:
 - Puede establecerse en zonas con clima cálido-húmedo y templado.
 - Otra zona potencial con posibilidades de éxito son zonas de agricultura de temporal y pastizal cultivado con suelos en proceso de erosión.
 - También puede establecerse con éxito en zonas de bordes de bosques y selvas.
- Es una especie con bajo requerimiento de agua.
- Las zonas para su establecimiento deben tener una altitud de entre 1,000 y 1,500 msnm, pero también puede lograrse en áreas con altitudes de 200 a 1,000 msnm.
- Otros aspectos a considerar para el establecimiento de esta especie son la producción de madera, la elaboración de insecticidas naturales a partir de sus hojas, hábitat y alimento para otras especies de animales, entre otros.

13. PROPUESTA DE PROPAGACIÓN Y SIEMBRA

Con base en la información obtenida en este trabajo se hacen las siguientes sugerencias para la propagación y siembra de las especies estudiadas.

Obtención de semillas de *Platanus mexicana*

1. Para la obtención de semillas deberán seleccionarse árboles maduros, sanos y de tronco recto. El criterio para la selección de semillas dependerá del objetivo planteado en la propagación de esta especie; sin embargo deberá darse preferencia a la conservación de todas las características genéticas de la especie.
2. Las semillas maduras listas para su germinación pueden colectarse entre los meses de agosto a enero.
3. La cosecha se puede hacer cortando directamente las cabezuelas con tijeras de mano o telescópicas.
4. Las semillas se deben colocar para su secado en charolas a la intemperie, donde no les pegue el sol ni la lluvia.
5. Una vez secas las cabezuelas, las semillas se desprenden fácilmente del eje central. Los tricomas se pueden separar frotando y tamizando las semillas.
6. Si las semillas se van a guardar o almacenar, deberán seguirse las mismas recomendaciones que hace Booner (1974) para *P. styraciflua*: que sea en bolsas de malla o extendidas en anaqueles a una temperatura de 10 °C.

Germinación de semillas

1. El sustrato para la siembra debe contener un porcentaje aproximado de una tercera parte de materia orgánica, otra de agrolita o vermiculita y otra de suelo de bosque.
2. El sustrato debe esterilizarse o pasteurizarse antes de la siembra para evitar que las semillas sean consumidas por organismos del sustrato. Un método práctico y barato consiste en preparar el sustrato, mojarlo abundantemente y cubrirlo con plástico de color negro, dejando que suba la temperatura con el sol. Después de 3 a 5 días de sol el sustrato estará listo para la siembra.

3. Se sugiere que las semillas se siembren lo más rápidamente después de la colecta para evitar la disminución del porcentaje de germinación.
4. Para obtener un buen porcentaje de germinación, las semillas preferentemente deberán ser nuevas o de dos meses de colectadas. Después de éste tiempo entran en latencia secundaria (Booner, 1974).
5. Para su germinación pueden colocarse en semilleros o contenedores de plástico.
6. Pueden usarse dos métodos de siembra: a) al voleo, esparciendo las semillas y cubriéndolas con una capa de 0.5cm de grosor de mezcla comercial, suelo esterilizado, aserrín u otro material orgánico; o b) siembra directa, enterrando ligeramente la semilla en el suelo (aproximadamente 0.5cm).
7. Para aumentar el porcentaje de germinación es muy importante que en el momento de la siembra la semilla esté cubierta con una capa de materia orgánica.
8. Se recomienda sembrar 200 semillas por charola de 16x20 cm.
9. Una vez germinadas, las plantas deberán trasplantarse a bolsas o tubos de polietileno de 10X20cm de color negro con mezcla comercial para germinación o suelo preferentemente esterilizado.
10. Las semillas comienzan a emerger en un período de una y tres semanas después de la siembra.
11. Para evitar el trasplante, las semillas se pueden sembrar directamente en bolsas o tubos de polietileno con suelo preferentemente esterilizado o mezcla comercial para germinación.
12. Si se siembra en bolsa, se recomienda colocar entre 3 y 5 semillas por bolsa y cubrirlas con una capa de 0.5 cm de grosor de mezcla comercial, suelo esterilizado, aserrín u otro material orgánico.
13. Si se siembran en semillero o contenedores de plástico, el transplante se puede hacer después de 10 a 14 semanas de sembradas.
14. Por los resultados obtenidos en este trabajo se recomienda que el riego se proporcione cada tercer día durante las primeras semanas de edad.
15. Con respecto a la cantidad de luz para la germinación, se recomienda hasta un 40% de sombra parcial, que deberá conservarse durante los primeros cuatro meses de edad de las plantas.
16. Para un mejor desarrollo de las plantas, éstas deberán colocarse en sitios con sombra parcial durante el día. Si se utiliza invernadero, éste deberá tener una malla para proporcionar sombra entre el 20 y el 40%.

Área potencial de siembra y establecimiento

1. Las áreas de establecimiento o reforestación deberán ser preferentemente zonas riparias, con abundante humedad. También pueden considerarse claros de diversos tamaños y corredores. No se recomiendan sitios abiertos.
2. Las características de los lugares definitivos para el establecimiento son con sombra parcial durante el día, para evitar la excesiva pérdida de agua de las plantas. Es decir, deben ser áreas cercanas a bordes de vegetación, o protegidas por alguna planta que les proporcione sombra.
3. Con altitudes preferentemente entre los 1,000 y 1,500 msnm.
4. Con un régimen de lluvias mayor a 1,400 mm.
5. También se recomiendan sitios con un intervalo de altitud entre 330 y 1,000 msnm y un régimen de lluvias entre 800 y 1,000 o más mm.
6. En caso de sembrar en sitios abiertos se deberán regar las plantas durante la época de sequía.
7. La época para la siembra preferentemente debe ser al inicio de la época de lluvias, ya que las plantas requieren de grandes cantidades de agua para su crecimiento.
8. No sembrar a la sombra en el bosque, se deberán buscar los claros en el dosel.
9. Después del trasplante, o una vez germinadas las semillas, se recomienda regar las plantas con una solución con macro y micro nutrientes para aumentar el crecimiento.
10. Es una especie que bajo sombra es fuertemente depredada (defoliada). Por tanto se sugiere revisar periódicamente para evitar que sea dañada y en caso necesario aplicar un insecticida.

Obtención de semillas de *Trichilia havanensis*

1. El sustrato deberá prepararse como se recomienda en el inicio de este manual.
2. Las semillas que se colecten para propagación deberán obtenerse de cuando menos 10 árboles sanos, maduros, de buen tamaño y sin ramificaciones en el eje central.
3. Pueden ser colectadas durante los meses de julio a septiembre o hasta marzo del siguiente año, cuando en la rama empiecen a abrirse las cápsulas.

4. Los frutos maduros son cápsulas trímeras dehiscentes, que se abren exponiendo las semillas que se tornan de color rojo. Esto dependerá de la cantidad de semilla y las condiciones ambientales.
5. Los frutos pueden colectarse a mano. Si se usan tijeras, deberá hacerse con mucho cuidado ya que las cápsulas presentan pedicelos pequeños y se pueden dañar las ramas.
6. Para su secado deberán dejarse a secar a la sombra hasta un mes para que abran las cápsulas y las semillas puedan extraerse fácilmente.
7. Los frutos secos y abiertos se pueden frotar para extraer las semillas. La separación de las semillas se logra por medio del tamizado.

Germinación de semillas

1. Para la germinación de *T. havanensis* se recomienda hacer un semillero. Las semillas también se pueden sembrar en charolas de plástico de 16x20X9 cm, con una densidad de siembra de 100 semillas por charola.
2. Se recomienda cubrirlas con una capa de hasta 1.0 cm de mezcla comercial para germinación o de suelo con materia orgánica (aserrín o cualquier tipo de materia orgánica).
3. También pueden sembrarse directamente en tubos de polietileno o contenedores de plástico, colocando una semilla por tubo, resembrando en los tubos donde no se ocurra la germinación.
4. El riego deberá hacerse cada tercer día.
5. Las semillas comienzan a emerger a la segunda semana después de la siembra.

Establecimiento de plantas y Área potencial

1. Las áreas de siembra definitiva deberán ser claros de diversos tamaños y zonas abiertas.
2. La siembra deberá hacerse en sitios con una altitud de 1,000 a 1,500 msnm y con un intervalo de precipitación de 1,600 a 1,800 mm.
3. También se recomienda la siembra en sitios con una altitud de entre 5 y 2,500 msnm y una precipitación anual mayor a los 800 mm.
4. Los sitios elegidos para el establecimiento deberán tener sombra parcial durante el día, ya que esto evitará la pérdida de agua de las plantas.
5. Las áreas para el establecimiento pueden ser claros de diversos tamaños, corredores y sitios abiertos.
6. Si se siembra en sitios abiertos, las plantas deberán regarse durante la época de sequía.

7. Se recomienda hacer el trasplante durante la época de lluvias para asegurar un mejor crecimiento de las plantas.
8. Si se sembraron en semillero, el trasplante podrá hacerse después de que las plantas tengan ocho semanas de edad.
9. Para facilitar el manejo de las plantas y reducir el daño a raíces y partes aéreas, se recomienda provocar un síndrome de sequía, es decir un período sin riego, para evitar que el sustrato húmedo esté “muy pegajoso” y en la manipulación se dañe a las raicillas.
10. Durante el trasplante la manipulación de las plantas debe hacerse sosteniéndolas por las hojas para evitar el daño en tallo o raíces.
11. El trasplante puede hacerse a bolsas o tubos de polietileno negro de plástico de 10X20 cm (ancho x largo) con mezcla comercial para germinación o suelo preferentemente esterilizado.
12. El sustrato o suelo deberá contener hasta un 30% de materia orgánica.
13. Después del trasplante deberán colocarse en el invernadero con malla para sombra del 20 al 40%, o en sitios que tengan condiciones similares al borde del bosque.
14. Una vez transplantadas, se recomienda regarlas con una solución con macro y micronutrientes para aumentar el crecimiento.
15. En caso de no contar con nutrientes, procurar riego sólo con agua.
16. Para proveer a las plantas el ambiente más adecuado para un mayor crecimiento, éstas deberán colocarse en sitios con sombra parcial durante el día.

15. ANEXOS

ANEXO 1. Fenología de cada individuo durante dos años de observaciones.

a) *Platanus mexicana*

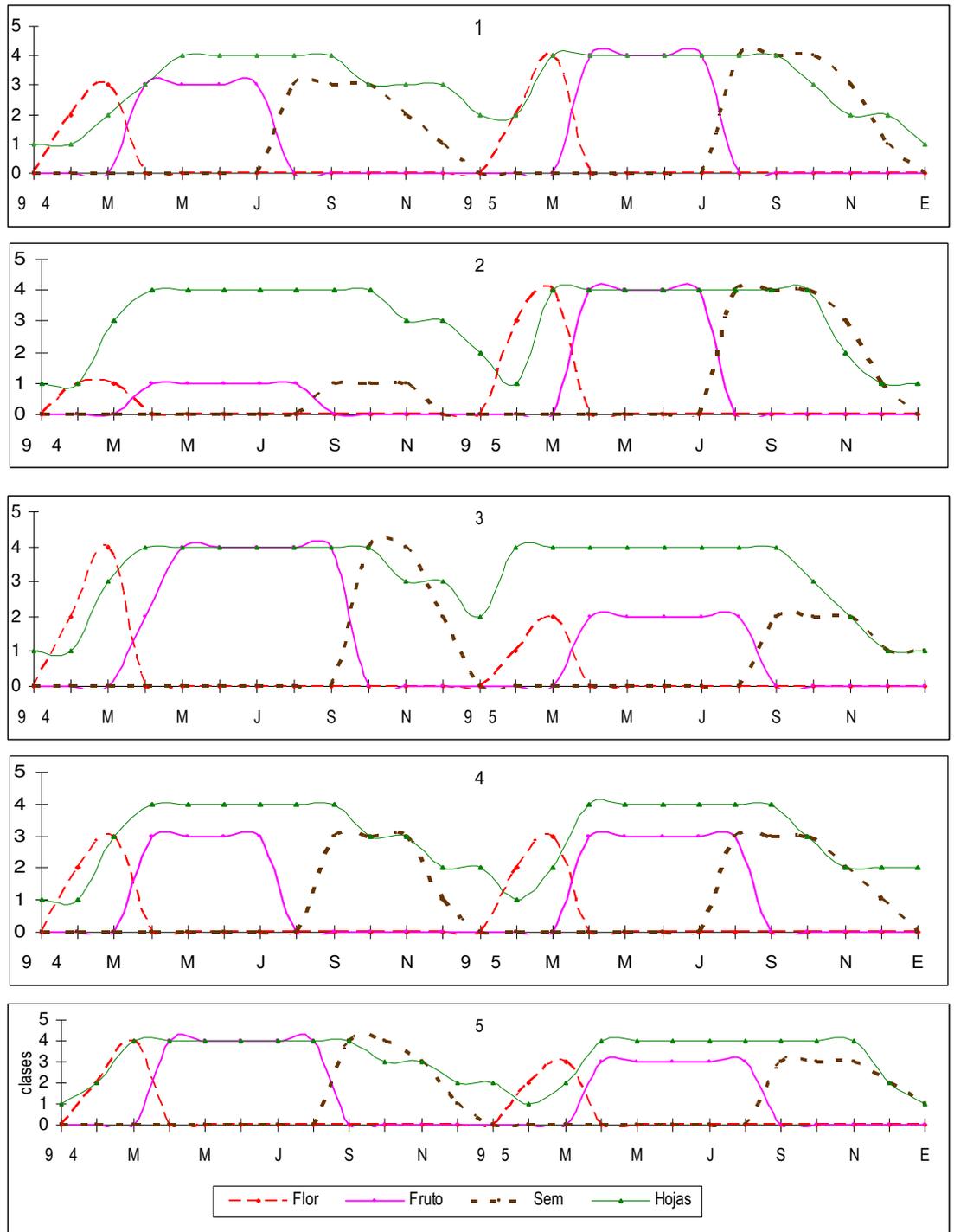


Gráfico de la fenología de los individuos 1-5 de *P. mexicana*.

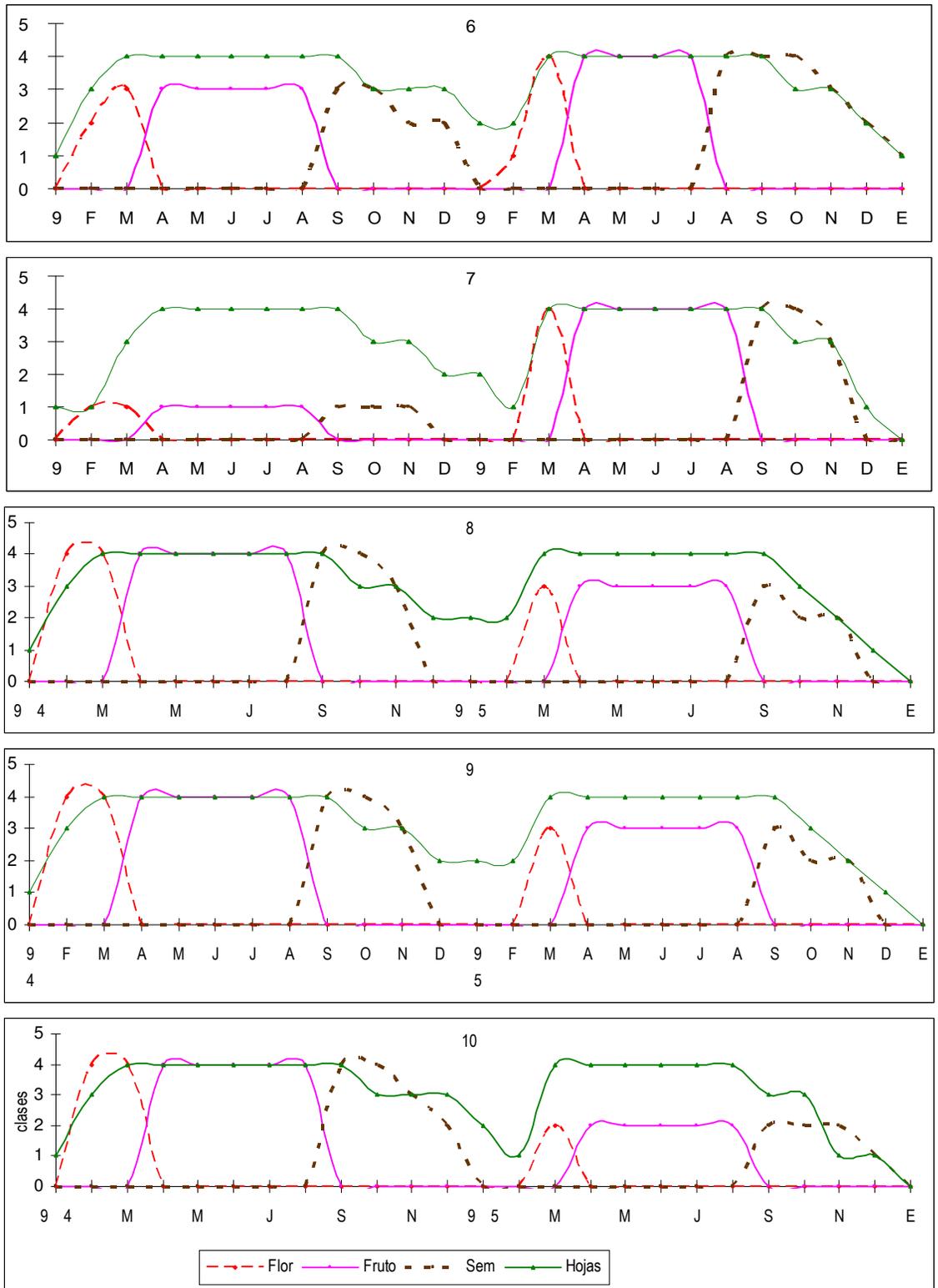


Gráfico de la fenología de los individuos 6-10 de *P. mexicana*.

b) *Trichilia havanensis*

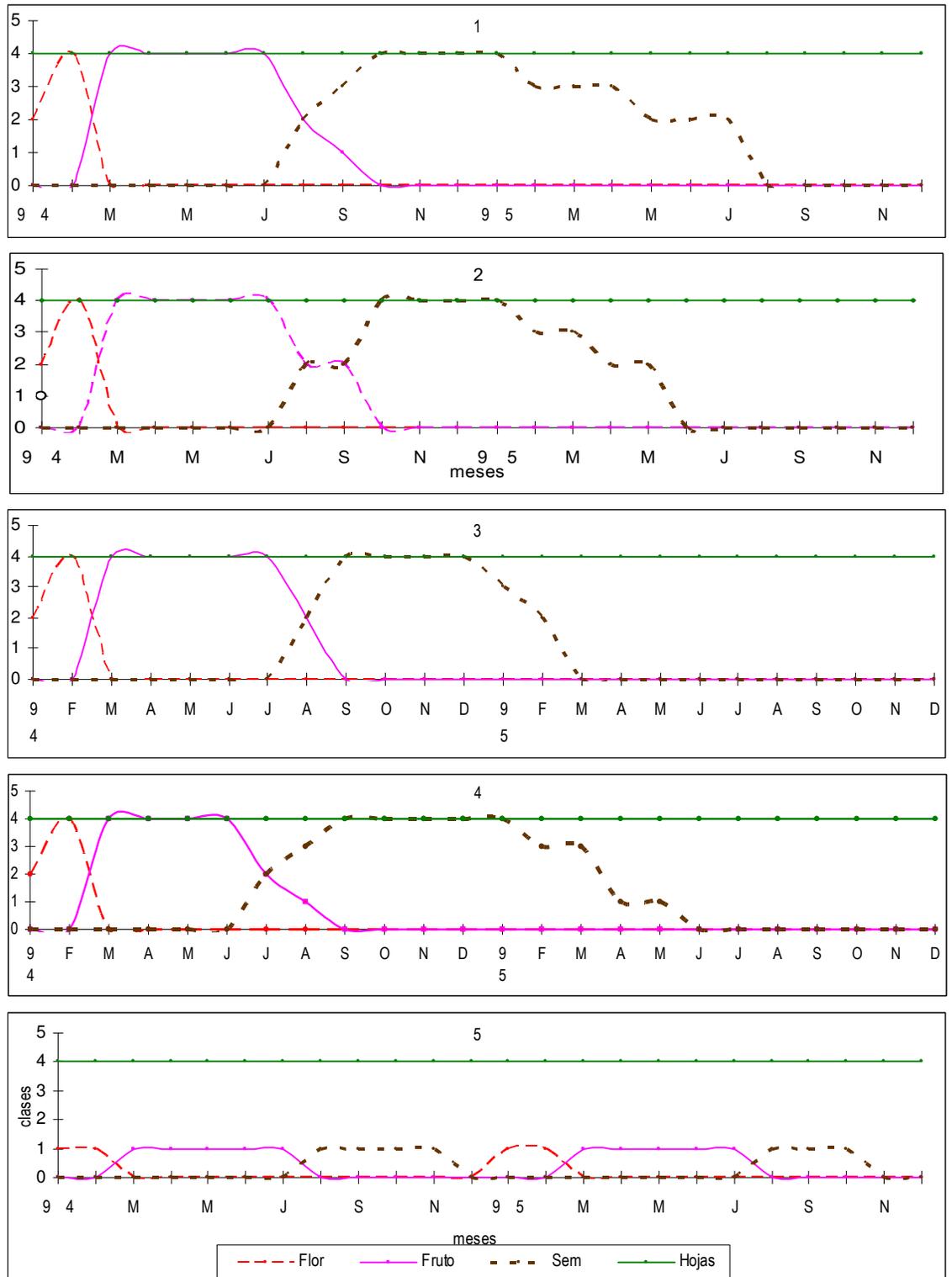


Gráfico de la fenología de los individuos 1-5 de *T. havanensis*.

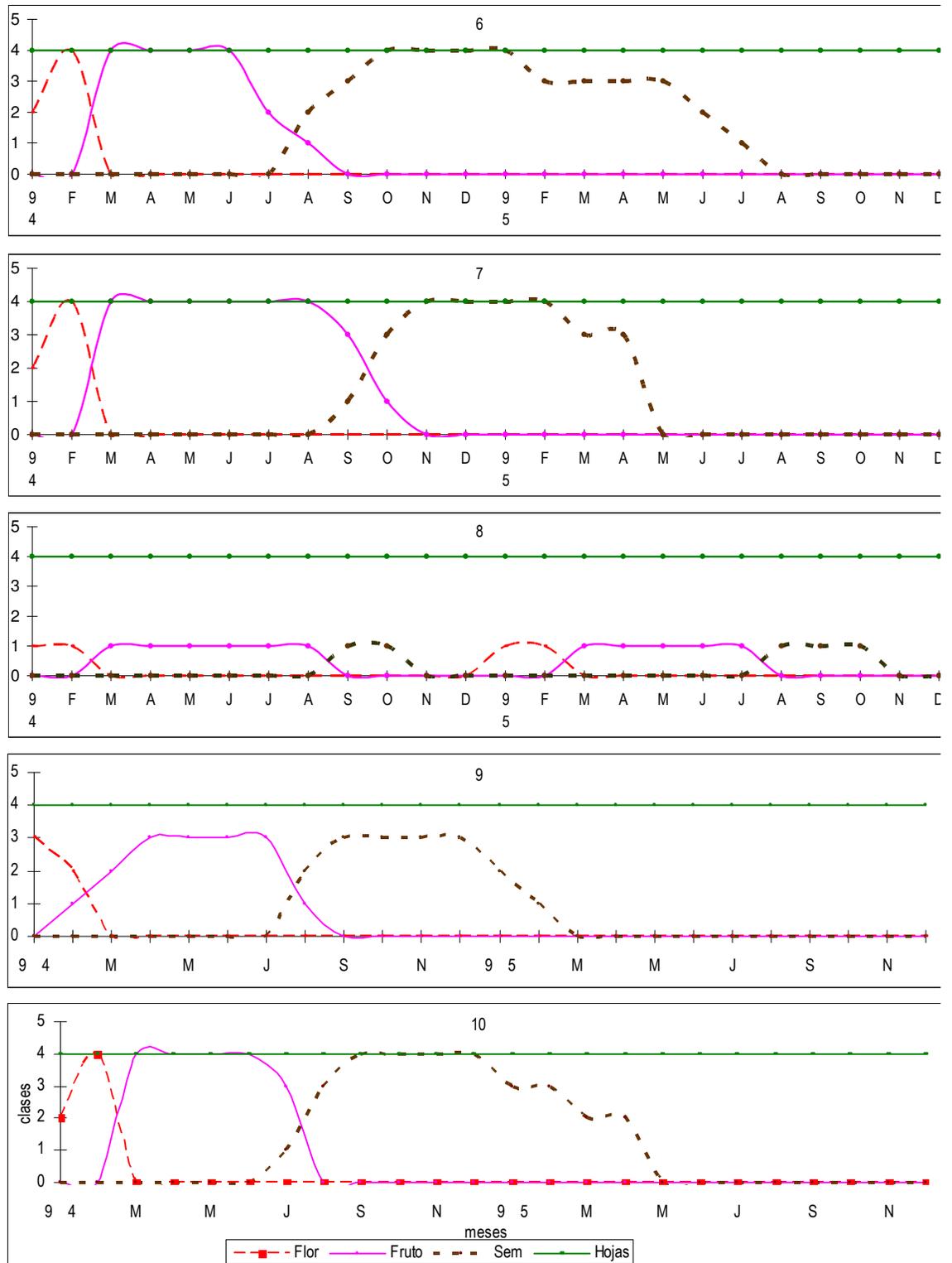
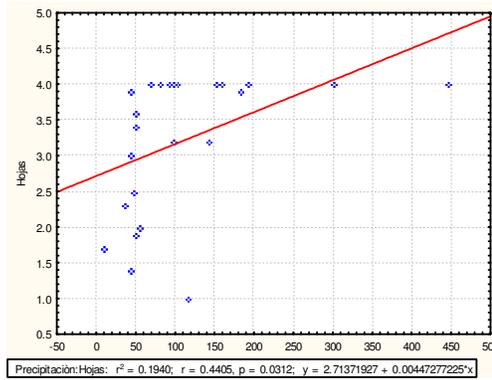


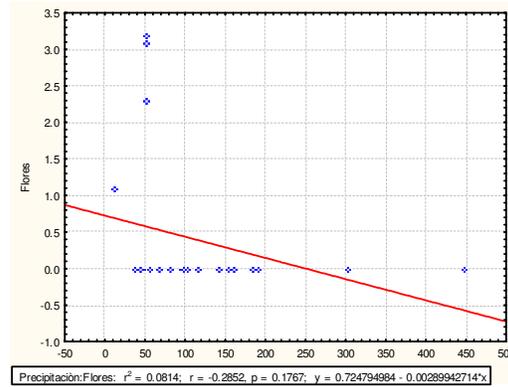
Gráfico de la fenología de los individuos 6-10 de *T. havanensis*.

ANEXO 2. Gráficos de correlación de las diferentes fenofases con los factores ambientales.

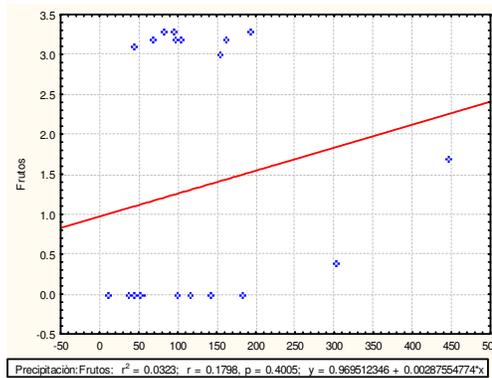
A. *Platanus mexicana*



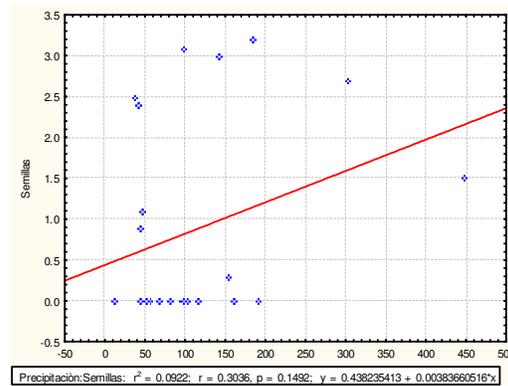
Correlación de la fenofase de foliación (hojas), de *P. mexicana*, con la precipitación.



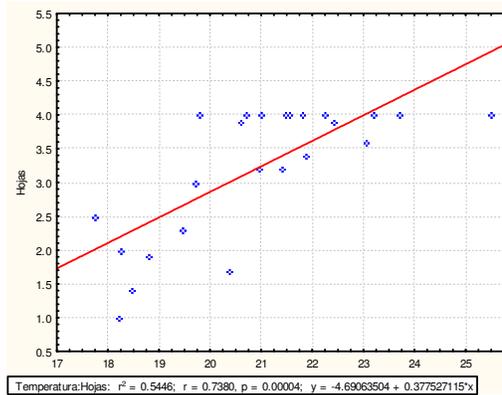
Correlación de la fenofase de floración (flores), de *P. mexicana*, con la precipitación.



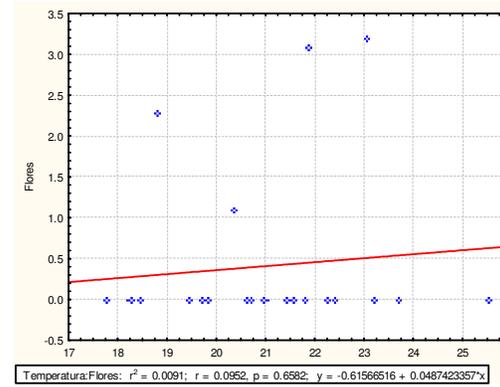
Correlación de la fenofase de fructificación (frutos) de *P. mexicana*, con la precipitación.



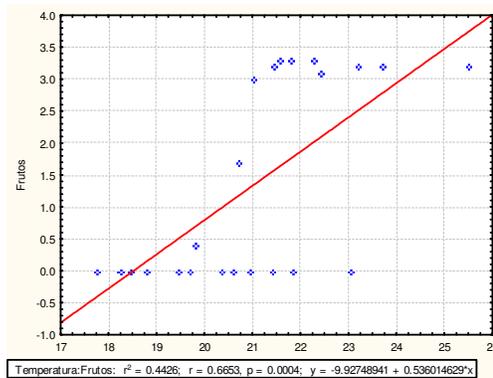
Correlación de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *P. mexicana*, con la precipitación.



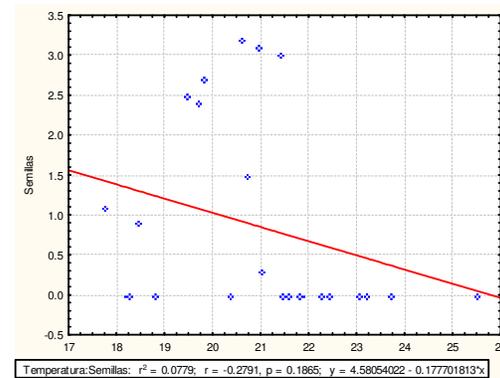
Correlación de la fenofase de foliación (hojas), de *P. mexicana* con el promedio de temperatura.



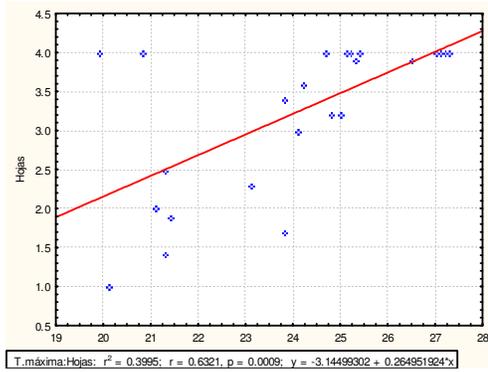
Correlación de la fenofase de floración (flores) de *P. mexicana* con el promedio de temperatura.



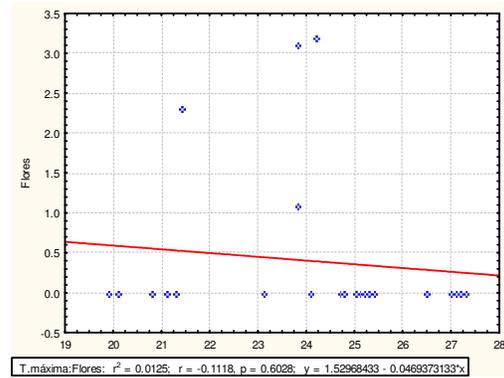
Correlación de la fenofase de fructificación (frutos) de *P. mexicana* con el promedio de temperatura.



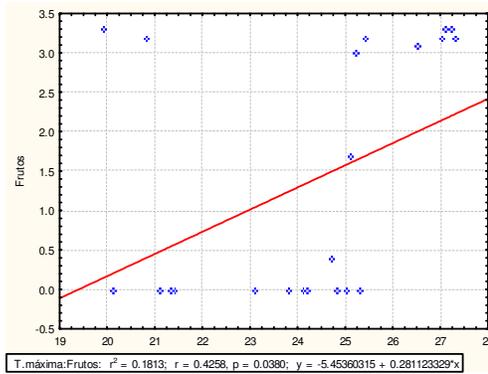
Correlación de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *P. mexicana* con el promedio de temperatura.



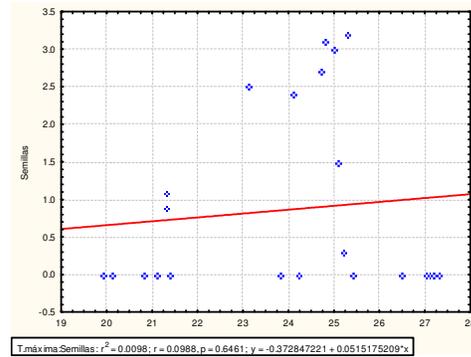
Correlación de la fenofase de foliación (hojas de *P. mexicana* con la temperatura máxima.



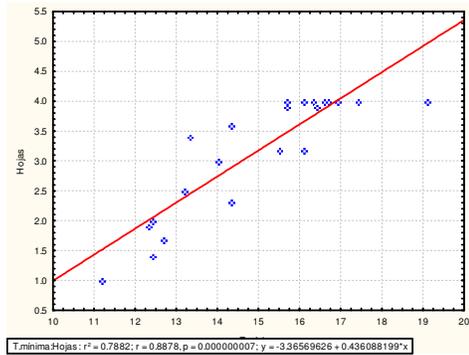
Correlación de la fenofase de floración (flores) de *P. mexicana* con la temperatura máxima.



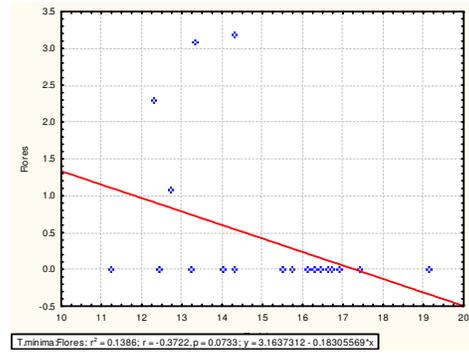
Correlación de la fenofase de fructificación (frutos) de *P. mexicana* con la temperatura máxima.



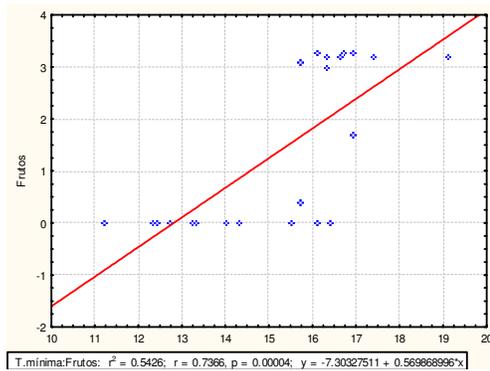
Correlación de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *P. mexicana* con la temperatura máxima.



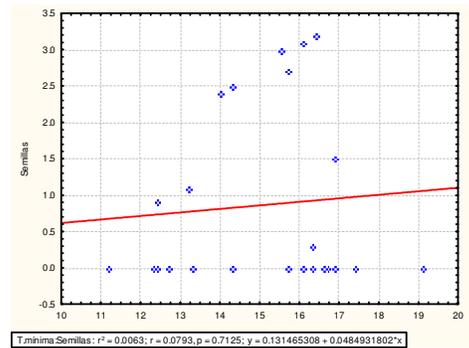
Correlación de las fenofase de foliación (hojas) de *P. mexicana* con la temperatura mínima.



Correlación de las fenofase de floración (flores), de *P. mexicana* con la temperatura mínima.

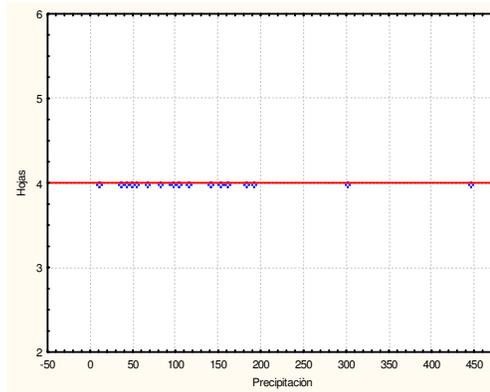


Correlación de las fenofase de fructificación (frutos) de *P. mexicana* con la temperatura mínima.

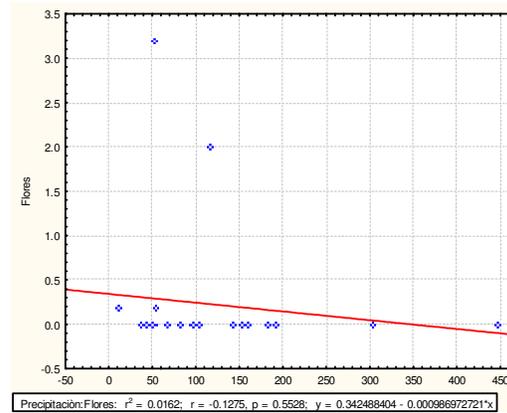


Correlación de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *P. mexicana* con la temperatura mínima.

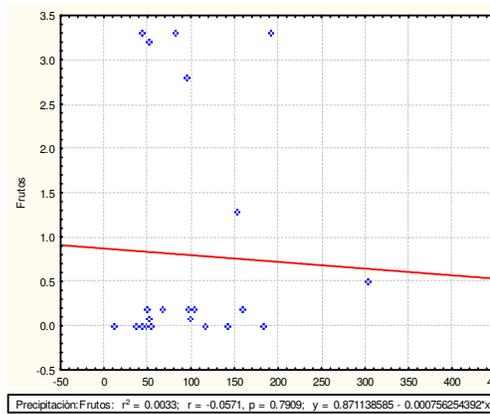
B. *Trichilia havanensis*



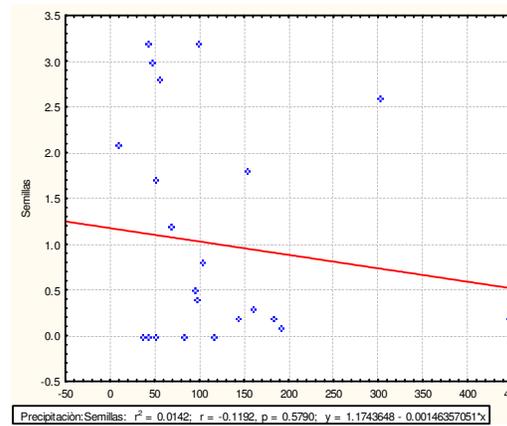
Correlación de la fenofase de foliación (hojas) de *T. havanensis* con la precipitación.



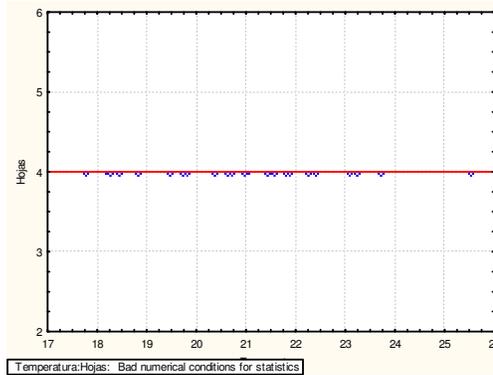
Correlación de la fenofase floración (flores), de *T. havanensis* con la precipitación.



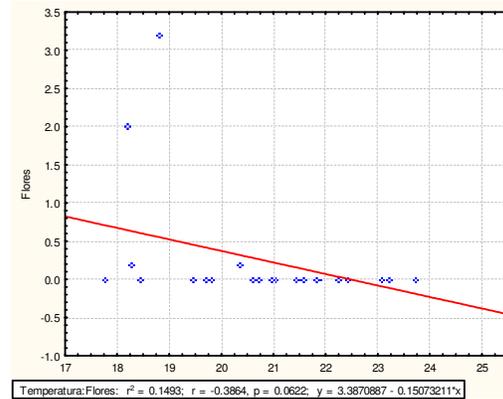
Correlación de la fenofase de fructificación (frutos) de *T. havanensis* con la precipitación.



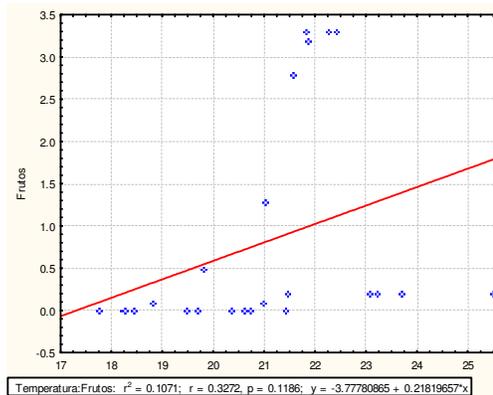
Correlación de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *T. havanensis* con la precipitación.



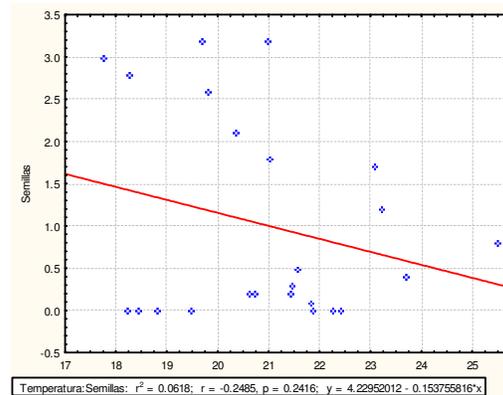
Correlación simple de la fenofase de foliación (hojas) de *T. havanensis* con el promedio de temperatura.



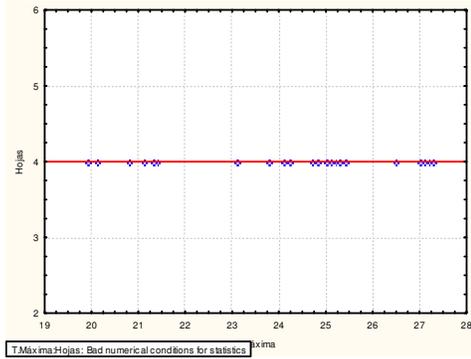
Correlación simple de la fenofase floración (flores) de *T. havanensis* con el promedio de temperatura.



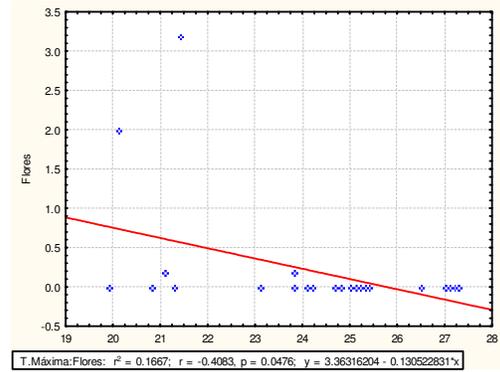
Correlación simple de la fenofase de fructificación (frutos) de *T. havanensis* con el promedio de temperatura.



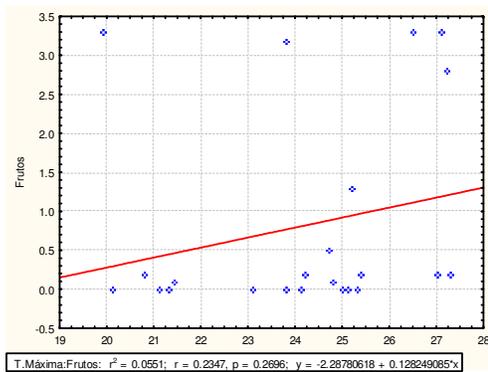
Correlación simple de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *T. havanensis* con el promedio de temperatura.



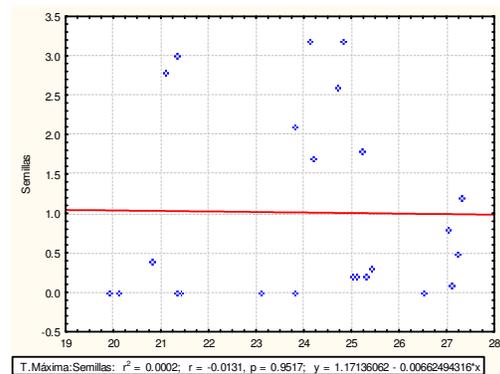
Correlación simple de la fenofase de foliación (hojas) de *T. havanensis* con la temperatura máxima.



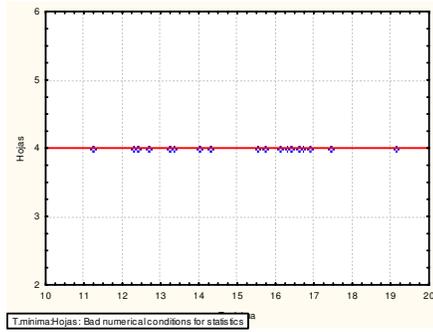
Correlación simple de las fenofases de floración (flores) de *T. havanensis* con la temperatura máxima.



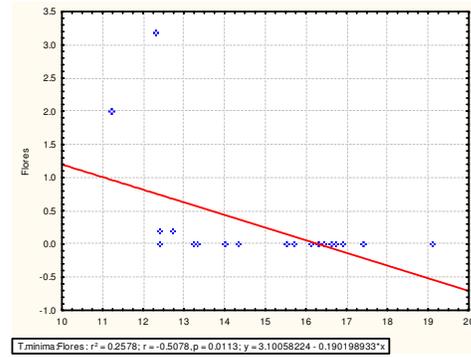
Correlación simple de la fenofase de fructificación (frutos) de *T. havanensis* con la temperatura máxima.



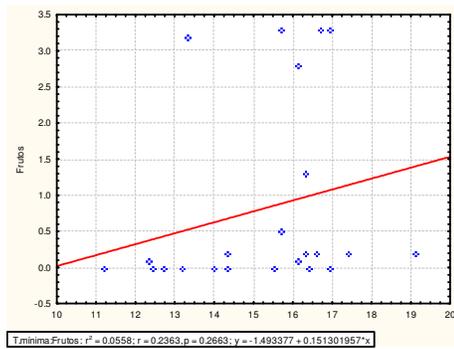
Correlación simple de la fenofase de producción de semillas (semillas) de *T. havanensis* con la temperatura máxima.



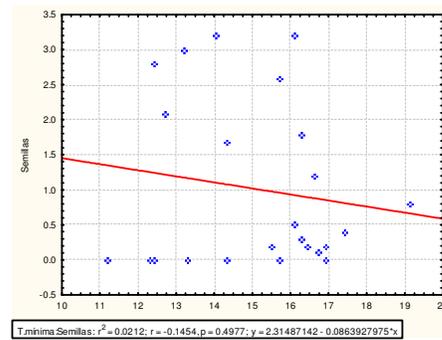
Correlación simple de la fenofase de foliación (hojas) de *T. havanensis* con la temperatura mínima.



Correlación simple de la fenofase de floración (flores) de *T. havanensis* con la temperatura mínima.



Correlación simple de las fenofases de fructificación (frutos) de *T. havanensis* con la temperatura mínima.



Correlación simple de las fenofases de producción de semillas (semillas) de *T. havanensis* con la temperatura mínima.

ANEXO 3. Datos de lotes de germinación y su transformación arcoseno.

a) *Platanus mexicana*

Germ / Semana	Prom	ArcoSeno	AGAR 1% /Semana	Prom	ArcoSeno	HBAJA /Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	1.25	0.0004	3	0	0	3	0.5	0.0001
4	6	0.0109	4	0.25	0	4	1.25	0.0004
5	9.75	0.0284	5	0.75	0.0001	5	2.25	0.0015
6	16.75	0.0826	6	1.25	0.0004	6	2.25	0.0015
7	16.75	0.0826	7	2	0.0012	7	2.25	0.0015
GERM 6 / Semana	Prom	ArcoSeno	PAPEL F /Semana	Prom	ArcoSeno	15°C /Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0.5	0.0001	3	0	0
4	0	0	4	0.5	0.0001	4	1	0.0003
5	0.75	0.0001	5	1.5	0.0007	5	1	0.0003
6	1	0.0003	6	2.25	0.0015	6	1.25	0.0004
7	1.25	0.0004	7	2.5	0.0019	7	1.5	0.0007
PROF TES / Semana	Prom	ArcoSeno	MEZCLA / Semana	Prom	ArcoSeno	20°C / Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0.5	0.0001
3	1.25	0.0004	3	0.75	0.0001	3	2	0.0012
4	6	0.0109	4	2.5	0.0019	4	4.25	0.0067
5	9.75	0.0284	5	4.5	0.0062	5	4.5	0.0092
6	16.75	0.0826	6	6.75	0.0136	6	5.5	0.0092
7	16.75	0.0826	7	7.25	0.0157	7	5.5	0.0092
PROF 1.0/ Semana	Prom	ArcoSeno	LUZ / Seamna	Prom	ArcoSeno	25°C / Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0.25	0
3	0	0	3	1.25	0.0004	3	5	0.0076
4	0	0	4	5.75	0.0109	4	5.25	0.0082
5	0	0	5	9.75	0.0284	5	6	0.0109
6	0	0	6	16.75	0.0826	6	6.25	0.0117
7	12	0.0432	7	16.75	0.0826	7	7.25	0.0157
PROF 4.0 / Semana	Prom	ArcoSeno	OSCUR /semana	Prom	ArcoSeno	15-20°C / Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	0	0	3	0	0
4	0	0	4	0	0	4	1	0.0003
5	0	0	5	0	0	5	2.5	0.0019
6	0	0	6	0	0	6	3.25	0.0031
7	1	0.0002	7	0	0	7	3.25	0.0031
ARENA /Semana	Prom	ArcoSeno	H ALTA /Semana	Prom	ArcoSeno	15-25°C / Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	1.25	0.0004	3	0.75	0.0001
4	0.25	0	4	6	0.0109	4	3.25	0.0031
5	1	0.0003	5	9.75	0.0284	5	6.75	0.0136
6	1.25	0.0004	6	16.75	0.0826	6	9	0.0245
7	1.75	0.0009	7	16.75	0.0826	7	11.5	0.0397

15-30°C / Semana	Prom	ArcoSeno
1	0	0
2	0	0
3	0.25	0
4	2.5	0.0019
5	4	0.0049
6	4.5	0.0062
7	4.75	0.0067

b) *Trichilia havanensis*

GERM / Semana	Prom	Arco Seno	ARENA / Semana	Prom	Arco Seno	OSCUR / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	3	0.0027	2	0.75	0.0001	2	0	0
3	6.75	0.0136	3	1.5	0.0007	3	0	0
4	14.25	0.0602	4	2	0.0012	4	0	0
5	19	0.106	5	4.75	0.0067	5	0	0
6	19	0.106	6	4.75	0.0067	6	7.25	0.0157
GERM 6 / Semana	Prom	Arco Seno	AGAR 1% / Semana	Prom	Arco Seno	H ALTA / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	3	0.0027
3	3.75	0.0042	3	1.25	0.0004	3	6.75	0.0136
4	7.5	0.017	4	1.75	0.0009	4	14.25	0.0602
5	10	0.0302	5	2.25	0.0015	5	19	0.106
6	10	0.0302	6	2.25	0.0015	6	19	0.106
PROF TES / Semana	Prom	Arco Seno	PAPEL F / Semana	Prom	Arco Seno	H BAJA / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	3	0.0027	2	0	0	2	0	0
3	6.75	0.0136	3	0.5	0.0001	3	1	0.0003
4	14.25	0.0602	4	0.5	0.0001	4	4.5	0.0062
5	18.75	0.106	5	2	0.0012	5	8.25	0.0203
6	18.75	0.106	6	2	0.0012	6	8.25	0.0203
PROF 1.0 / Semana	Prom	Arco Seno	MEZCLA / Semana	Prom	Arco Seno	15°C / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0	2	0	0
3	0	0	3	3.25	0.0031	3	1.25	0.0004
4	4.25	0.0054	4	7	0.0149	4	3.5	0.0037
5	11.25	0.0377	5	11.5	0.0397	5	4.5	0.0062
6	15.5	0.0714	6	11.5	0.0397	6	4.5	0.0062
PROF 4.0 / Semana	Prom	Arco Seno	LUZ / Semana	Prom	Arco Seno	20°C / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	3	0.0027	2	3.5	0.0037
3	0	0	3	6.75	0.0136	3	7.75	0.018
4	0	0	4	14.25	0.0602	4	10.5	0.0332
5	0	0	5	19	0.106	5	13.5	0.0545
6	12	0.0432	6	19	0.106	6	13.5	0.0545

25°C / Semana	Prom	Arco Seno	15-25°C / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0
2	6.75	0.0136	2	0.5	0.0001
3	13.5	0.0545	3	1.75	0.0009
4	18.25	0.0976	4	5.5	0.0092
5	20.5	0.1226	5	10	0.0302
6	20.5	0.1226	6	15	0.0679
15-20°C / Semana	Prom	Arco Seno	15-30°C / Semana	Prom	Arco Seno
1	0	0	1	0	0
2	0.25	0	2	1.25	0.0004
3	4	0.0049	3	4.25	0.0054
4	11	0.0364	4	9.5	0.0272
5	15.25	0.0687	5	15.75	0.0732
6	17	0.0855	6	18.75	0.1028

ANEXO 4. Promedios y DE de germinación

A. Platanus mexicana

Tratamiento	Variable:	Promedio	DS
Germinación	Semillas recién colectadas	16.75 ± 4.99	a
	Semillas de 6 meses	1.25 ± 1.89	b
Profundidad	Superficie	16.75 ± 4.99	a
	1 cm.	12.00 ± 5.47	a
	4 cm.	1.00 ± 0.82	b
Sustratos	Arena	1.75 ± 1.70	a
	Agar 5 %	2.00 ± 0.81	a
	Papel filtro	2.50 ± 1.29	a
	Mezcla comercial para germinación	7.25 ± 1.70	b
Luz	Testigo	16.75 ± 4.99	a
	Oscuridad	0.00 ± 0.00	b
Humedad	Alta	16.75 ± 4.99	a
	Baja	2.25 ± 1.50	b
Temperaturas constantes	15° C	1.50 ± 1.29	a
	20° C	5.00 ± 2.65	b
	25° C	7.25 ± 2.21	b
Termoperíodos	15 - 20° C	3.25 ± 1.25	a
	15 - 25° C	11.50 ± 2.38	b
	15 - 30° C	4.75 ± 2.36	a

B) Trichilia havanensis

Tratamiento	Variable:	Promedio	DS
Germinación	Semillas recién colectadas	19.00 ± 1.82	a
	Semillas de 6 meses	10.00 ± 6.73	a
Profundidad	Superficie	18.75 ± 1.70	a
	1.0 cm	15.50 ± 3.69	a
	4.0 cm	12.00 ± 3.91	b
Sustratos	Arena	4.75 ± 2.36	a
	Agar 1 %	2.25 ± 1.70	a
	Papel filtro	2.00 ± 0.81	a
	Mezcla comercial para germinación	11.50 ± 5.44	b
Luz	Testigo	19.00 ± 1.82	a
	Oscuridad	7.25 ± 3.40	b
Humedad	Alta	19.00 ± 1.40	a
	Baja	8.25 ± 2.62	b
Temperaturas constantes	15° C	4.50 ± 2.08	a
	20° C	13.50 ± 2.64	b
	25° C	20.50 ± 2.89	c
Termoperíodos	15 - 20° C	17.00 ± 4.39	a
	15 - 25° C	15.00 ± 2.94	a
	15 - 30° C	18.75 ± 1.50	a

ANEXO 5. Comparación de medias de Tukey de germinación

A) *Platanus mexicana*

Edad de las semillas	Semillas recién colectadas	Semillas de 6 meses de edad
	0.0878750	0.001300
Semillas recién colectadas		0.008941
Semillas de 6 meses de edad		

Humedad	Humedad alta	Humedad baja
Humedad alta	0.087875	0.002050
Humedad baja		0.009275

Presencia de luz	Luz	Oscuridad
	0.0878750	0.00000
Luz		0.008321
Oscuridad		

Profundidad	Superficie	1 cm	4 cm
	0.0878750	0.049475	0.000450
Superficie		0.303888	0.014665
1 cm			0.164755
4 cm			

Temperaturas constantes	15 °C	20 °C	25 °C
	0.0010500	0.010750	0.017250
15 °C		0.263492	0.051771
20 °C			0.544223
25 °C			

Termoperíodos	15 – 20 °C	15 – 25 °C	15 – 30 °C
	0.0035500	0.040950	0.008100
15 – 20 °C		0.001984	0.817739
15 – 25 °C			0.004436
15 – 30 °C			

B) *Trichilia havanensis*

Edad de las semillas	Semillas recién colectadas	Semillas de 6 meses de edad
	0.1066	0.0395
Semillas recién colectadas.		0.0519
Semillas de 6 meses de edad.		

Humedad	Humedad alta	Humedad baja
	0.1063	0.0221
Humedad alta		0.0004
Humedad baja		

Sustratos	0.0081	0.0022	0.0013	0.0459
0.0081		0.9741	0.9621	0.0802
0.0022			0.9999	0.0391
0.0013				0.0352
0.0459				

Presencia de luz	Luz	Oscuridad
	0.1066	0.0185
Luz		0.0005
Oscuridad		

Prueba de profundidad	Superficie	1 cm	4 cm
	0.1038	0.0741	0.0477
Superficie		0.3208	0.0427
1 cm			0.4009
4 cm			

Prueba de temperaturas constantes	15 °C	20 °C	25 °C
	0.0071	0.0559	0.1240
15 °C		0.0369	0.0003
20 °C			0.0061
25 °C			

Prueba de termoperíodos	15 – 20 °C	15 – 25 °C	15 – 30 °C
	0.0891	0.0686	0.1037
15 – 20 °C		0.6250	0.7824
15 – 25 °C			0.2855
15 – 30 °C			

ANEXO 6. Tendencias de crecimiento de las especies estudiadas.

A) Platanus mexicana

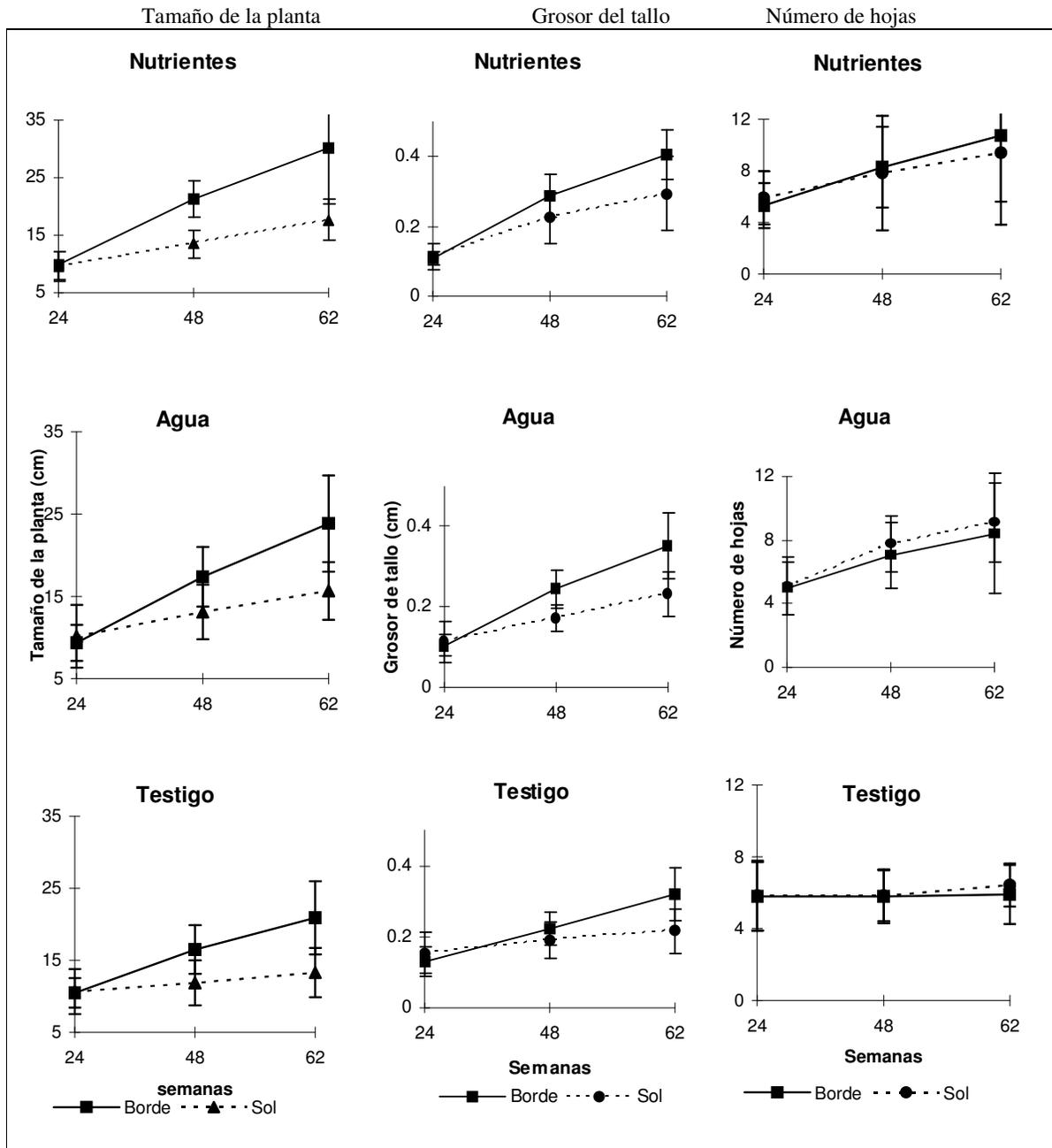


Figura 1. Tendencia del tamaño de las plantas, grosor de tallo y número de hojas de *P. mexicana*, a las 24, 48 y 62 semanas de edad ($X \pm DE$) para los tratamientos nutrientes, humedad y testigo, en los sitios borde y sol, el sitio bosque se eliminó por haber presentado el 94.66 % de mortalidad de plantas.

B) *Trichilia havanensis*.

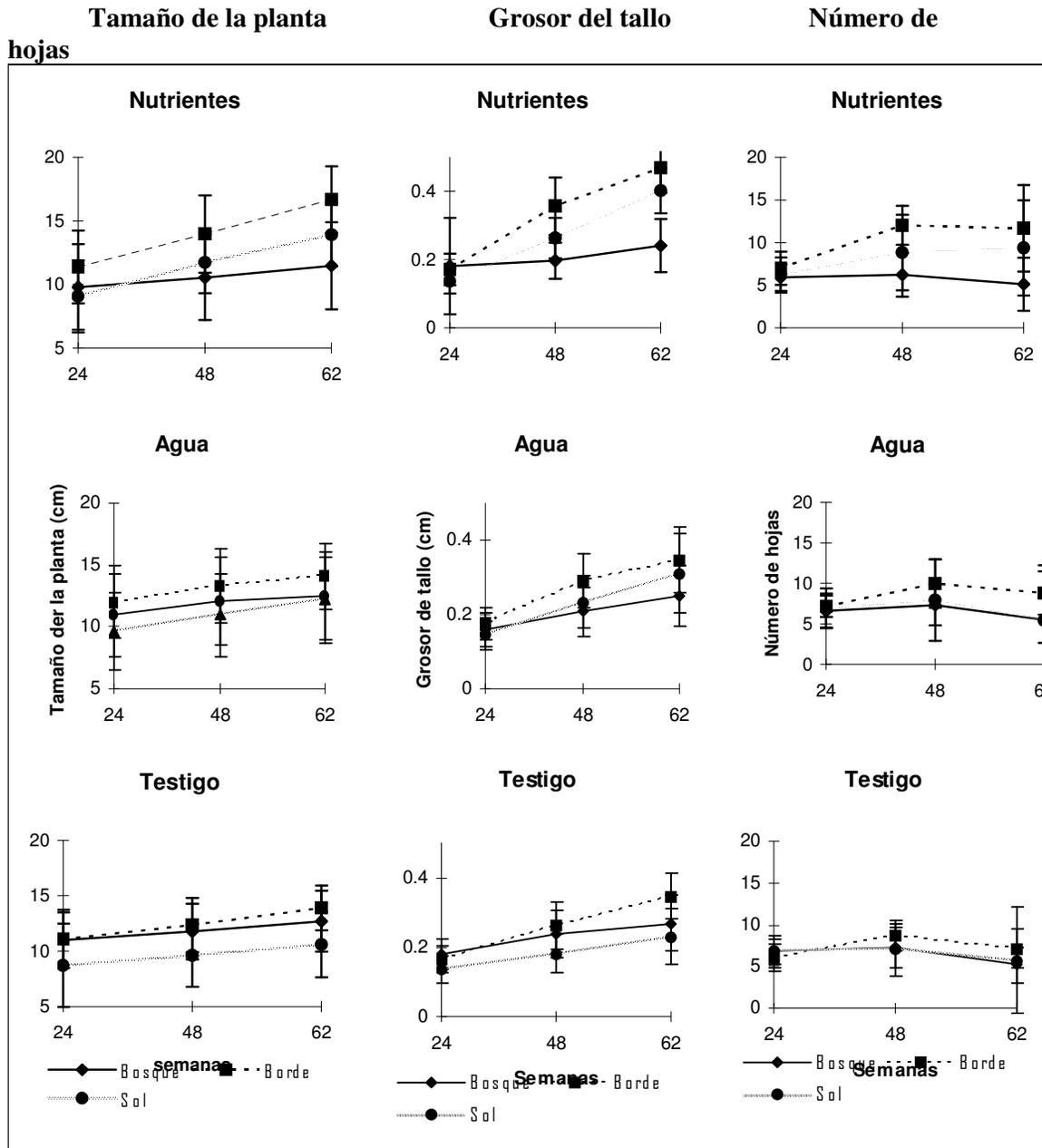


Figura 2. Tendencia de crecimiento del tamaño de la planta, grosor del tallo y número de hojas durante la etapa de establecimiento de *T. havanensis* ($X \pm DE$), para los tratamientos nutrientes humedad y testigo, en los sitios bosque, borde y sol.

ANEXO 7. Comparación de medias de Tukey de tendencias de crecimiento a la cosecha del establecimiento

a) *Platanus mexicana* Moric.

TAMAÑO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
PLANTA	30.23173	23.85227	20.90840	17.64316	15.65983	13.30127
30.231 {1}		.000192	.000020	.000020	.000020	.000020
23.852 {2}			.331744	.000312	.000020	.000020
20.908 {3}				.220032	.004349	.000023
17.643 {4}					.751168	.034605
15.659 {5}						.587209
13.301 {6}						

GROSOR	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
DE TALLO	.4060000	.3513300	.3194367	.2934600	.2329600	.2155633
.406000 {1}		.0634511	.000190	.000020	.000020	.000020
.351330 {2}			.590400	.040268	.000020	.000020
.319436 {3}				.777917	.000194	.000022
.293460 {4}					.027040	.001166
.232960 {5}						.951522
.215563 {6}						

NÚMERO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
DE HOJAS	10.73333	8.433333	5.900000	9.400000	9.100000	6.433333
10.7333 {1}		.090571	.000020	.649070	.423164	.000032
8.43333 {2}			.044016	.879736	.973818	.200003
5.90000 {3}				.000909	.003492	.990402
9.40000 {4}					.999379	.009155
9.10000 {5}						.028000
6.43333 {6}						

B) *Trichilia havanensis* Jacq.

Tamaño	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
planta	11.4703	12.49533	12.68603	16.66967	14.08967	13.90333	13.89867	12.15667	10.59100
11.47 {1}		.912736	.798135	.000010	.015040	.034006	.034673	.992461	.963413
12.49 {2}			1.00000	.000011	.462768	.636062	.640339	.999957	.219111
12.68 {3}				.000014	.640064	.796949	.800398	.998773	.121392
16.66 {4}					.017980	.007481	.007312	.000010	.000010
14.08 {5}						1.00000	1.00000	.201741	.000151
13.90 {6}							1.00000	.331483	.000403
13.89 {7}								.335215	.000414
12.15 {8}									.489122
10.59 {9}									

Grosor	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
tallo	.2414000	.2501000	.2694333	.4694333	.3474333	.3460000	.4023333	.3097000	.2216667
.2414 {1}		.999972	.910245	.000010	.000018	.000021	.000010	.024447	.989110
.2501 {2}			.990488	.000010	.000106	.000133	.000010	.087111	.903268
.2694 {3}				.000010	.004519	.005898	.000010	.569050	.324264
.4694 {4}					.000010	.000010	.029547	.000010	.000010
.3474 {5}						1.000000	.155906	.655249	.000010
.3460 {6}							.131609	.702111	.000010
.4023 {7}								.000244	.000010
.3097 {8}									.000617
.2216 {9}									

Número	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
de hojas	5.133333	5.466667	5.166667	11.66667	8.800000	7.166667	9.366667	5.433333	5.733333
5.133 {1}		.999999	1.000000	.000010	.038418	.703362	.007171	.999999	.999864
5.466 {2}			.999999	.000012	.088918	.865900	.019978	1.000000	1.000000
5.166 {3}				.000011	.041996	.722131	.007981	1.000000	.999912
11.66 {4}					.235202	.002944	.543221	.000012	.000018
8.800 {5}						.890360	.999912	.082190	.159753
7.166 {6}							.604541	.852567	.946099
9.366 {7}								.018119	.041996
5.433 {8}									.999999
5.733 {9}									

ANEXO 8. Comparación de medias de Tukey de área foliar y peso seco a la cosecha durante el establecimiento

a) *Platanus mexicana*

AREA	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
FOLIAR	225.7804	111.0688	90.23293	80.33360	58.38060	44.51987
225.780 {1}		.000020	.000020	.000020	.000020	.000020
111.068 {2}			.280491	.022557	.000021	.000020
90.2329 {3}				.916859	.015681	.000069
80.3336 {4}					.225641	.003831
58.3806 {5}						.723773
44.5198 {6}						
P. SECO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
TALLO	1.135060	.7377500	.5038334	.5998200	.2897233	.2006600
1.13506 {1}		.002581	.000020	.000027	.000020	.000020
.737750 {2}			.237836	.786902	.000375	.000026
.503833 {3}				.945979	.334595	.049868
.599820 {4}					.041399	.002414
.289723 {5}						.960564
.200660 {6}						
P. SECO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
HOJAS	.6842200	.3684533	.3210800	.3792200	.2701433	.1835267
.684220 {1}		.000020	.000020	.000020	.000020	.000020
.368453 {2}			.831591	.999788	.120032	.000051
.321080 {3}				.672971	.783913	.005845
.379220 {4}					.059220	.000028
.270143 {5}						.230837
.183526 {6}						
P. SECO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
RAÍZ	.8405300	.5703167	.5056900	.5956616	.2849867	.3096267
.501486 {1}		.063095	.0080380	.1221568	.000020	.0000214
.840530 {2}			.9860450	.9998429	.0408540	.0818001
.505690 {3}				.9413641	.219661	.3383245
.595661 {4}					.0184503	.0400052
.284986 {5}						.999868
.284986 {6}						

b) *Trichilia havanensis*

AREA	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
FOLIAR	25.95687	27.94620	18.43400	143.5900	60.9257	57.2946	54.5119	39.3464	15.9139
25.95 {1}		1.000000	.997893	.000010	.012838	.042610	.094821	.916739	.984972
27.94 {2}			.989452	.000010	.025296	.076329	.156907	.966828	.954305
18.43 {3}				.000010	.000657	.002957	.008598	.469537	1.00000
143.5 {4}					.000010	.000010	.000010	.000010	.000010
60.92 {5}						.999991	.999335	.423813	.000230
57.29 {6}							.999999	.677705	.001051
54.51 {7}								.843233	.003282
39.34 {8}									.306853
15.91 {9}									

P. SECO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
TALLO	.2158333	.1852333	.1763000	.8197666	.378633	.330633	.351250	.286950	.253406
.2158 {1}		.999842	.998946	.000010	.106128	.545487	.308866	.948388	.999273
.1852 {2}			1.000000	.000010	.021887	.217796	.091563	.702635	.959666
.1763 {3}				.000010	.012878	.153173	.059379	.596422	.918950
.8197 {4}					.000010	.000010	.000010	.000010	.000010
.3786 {5}						.995825	.999932	.808055	.419913
.3306 {6}							.999992	.997843	.918267
.3512 {7}								.971640	.745600
.2869 {8}									.999686
.2534 {9}									

P. SECO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
HOJAS	.1302000	.1351567	.1201333	.8348333	.306066	.277100	.454733	.091033	.092233
.130 {1}		1.000000	1.000000	.000010	.015466	.089615	.000010	.997585	.998063
.135 {2}			.999998	.000010	.021527	.115759	.000010	.994471	.995423
.1201 {3}				.000010	.007611	.051121	.000010	.999723	.999798
.8348 {4}					.000010	.000010	.000010	.000010	.000010
.3060 {5}						.999732	.081532	.000774	.000855
.2771 {6}							.013708	.007538	.008223
.4547 {7}								.000010	.000010
.0910 {8}									1.00000
.0922 {9}									

P. SECO	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
RAÍZ	.2651667	.2563500	.2118667	1.671067	.766066	.721533	1.34666	.642333	.349950
.2651 {1}		1.000000	.999984	.000010	.006539	.020994	.000010	.117973	.999462
.2563 {2}			.999996	.000010	.005112	.016847	.000010	.099661	.998891
.2118 {3}				.000010	.001379	.005119	.000010	.038844	.983927
1.671 {4}					.000010	.000010	.283575	.000010	.000010
.7660 {5}						.999996	.000610	.992179	.053512
.7215 {6}							.000160	.999675	.130855
1.346 {7}								.000016	.000010
.6423 {8}									.429922
.3499 {9}									

ANEXO 9. Tabla de ANOVA de asignación de biomasa a las partes aéreas y subterráneas..

a) Platanus mexicana

Nutrientes-Borde

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	25.166	58	0.3725	67.549	0.0000*

Nutrientes-Sol

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1.1333	58	0.027	41.62	0.0000*

Humedad-Borde

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	2.204	58	0.3398	6.487	0.1354

Humedad-Sol

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	2.204	58	0.3398	6.487	0.0135*

Testigo-Borde

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1.528	58	0.090	16.97	.00012

5

0

6

*

Testigo-Sol

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-
	Effect	Effect	Error	Error		level
						el
1	1	0.0760	58	0.044	1.695	0.198
		99		8	2	0

b) Trichilia havanensis

Nutrientes-Bosque

Effect	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	1	.10053	58	.03971	2.531	0.117
		2		7	2	0

Nutrientes-Borde

Effect	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	1	.03720	58	.58866	0.6319	0.802
		1		8	4	4

Nutrientes-Sol

Effect	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	1	4.38480	58	.56770	7.723	0.0073
		7		6	7	*

Humedad-Bosque

Effect	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	1	0.06153	58	.0357	1.718	0.194
		6		9	9	9

Humedad-Borde

Effect	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	1	.09930	58	.15890	.62496	.432
		8		1	8	4

Humedad-Sol

Effect	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	1	1.0480	58	.1744	6.0096	0.017
		82		00	47	2*

Sin Humedad Sin Nutrientes-Bosque

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
t	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.10727	58	.03325	3.22557	0.077
		3		7	6	7

Sin Humedad- Sin nutrientes-Borde

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
t	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.19425	58	.20752	.93608	0.337
		7		0	5	3

Sin humedad- Sin nutrientes-Sol

Effect	df	MS	Df	MS	F	p-level
t	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.1265	58	.0979	.13036	.71936
		9		9	8	3

ANEXO 10. Tabla de comparación de medias de Tuckey en la asignación de biomasa a las partea aereas y suterráneas.

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: **Nutrientes-Borde**

Var1	{1}	1.8192	{2}	0.5239
	{1}			0.000111 *
	{2}	0.000111 *		

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: **Nutrientes-Sol**

Var1	{1}	0.5598	{2}	0.2849
	{1}			0.0001 *
	{2}	0.0001 *		

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: **Humedad-Borde**

Var1	{1}	0.9790	{2}	0.5956
	{1}			0.013649 *
	{2}	0.013649 *		

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: **Humedad-Sol**

Var1	{1}	0.9790	{2}	0.5956
	{1}			0.13649 *
	{2}	0.13649 *		

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: **Testigo-Borde** VAR1

Var1	{1}	0.8249	{2}	0.5056
	{1}			0.000231 *
	{2}	0.000231 *		

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: **Testigo-Sol**

Var1	{1}	0.3808	{2}	0.3096
	{1}			0.198156
	{2}	0.198156		

b) Trichilia havanensis

Probabilities for Post Hoc Tests **Nutrientes-**

Bosque

Var1	{1}	0.3460	{2}	0.2646
	{1}			0.117166
	{2}	0.117166		

Probabilities for Post Hoc Tests **Nutrientes-**

Borde

Var1	{1}	1.6212	{2}	1.6710
	{1}			0.802518
	{2}	0.802518		

Probabilities for Post Hoc Tests **Nutrientes-Sol**

Var1	{1}	0.8060	{2}	1.3466
	{1}			0.007459 *
	{2}	0.007459 *		

Probabilities for Post Hoc Tests **umedad-Bosque**

Var1	{1}	0.3204	{2}	0.2563
	{1}			0.195094
	{2}	0.195094		

Probabilities for Post Hoc Tests **Humedad-Borde**

Var1	{1}	0.6847	{2}	0.7661
	{1}			0.432571
	{2}	0.432571		

Probabilities for Post Hoc Tests **Humedad-Sol**

Var1	{1}	0.3780	{2}	0.6423
	{1}			0.017365 *
	{2}	0.017365 *		

Probabilities for Post Hoc Tests **Testigo Bosque**

Var1	{1}	0.2964	{2}	0.2119
	{1}			0.0778
	{2}	0.0778		

Probabilities for Post Hoc Tests **Testigo-Borde**

Var1	{1}	0.6077	{2}	.7215
	{1}			0.337436
	{2}	0.337436		

Probabilities for Post Hoc Tests **Testigo-Sol**

Var1	{1}	0.3790	{2}	0.3499
	{1}			0.719491
	{2}	0.719491		

ANEXO 11. Coordenadas de los sitios de colecta de las especies en estudio.

a) *Platanus mexicana*.

Municipio y Localidad:	Latitud N	Longitud O
Actopan, El Descabezadero	19° 30'	96° 37'
Actopan, San Nicolás	19° 04'	97° 04'
Altotonga Tlaltetela	19° 13'	96° 59'
Atzalan	19° 47'	97° 14'
Atzalan, Orizaba	19° 43'	97° 09'
Atzalan, Puente del Tablazo	19° 40'	97° 10'
Calchualco, Barranca de Jamapa	19° 08'	96° 10'
Coatepec, entrada carretera	19° 27'	96° 57'
Coatepec, entrada carretera	19° 27'	96° 57'
Coatepec, Consolapan	19° 29'	96° 57'
Coatepec, Consolapan	19° 29'	96° 57'
Coatepec, Consolapan	19° 29'	96° 57'
Coatepec, Consolapan	19° 29'	96° 57'
Coatepec, entrada carretera	19° 27'	96° 57'
Coatepec, Orduña-Tuzamapam	19° 27'	96° 56'
Coatepec, Consolapan	19° 29'	96° 57'
Coatepec, Trianon	19° 29'	96° 55'
Colipa, río San Miguel	20° 01'	96° 37'
Colipa, río San Miguel	20° 01'	96° 37'
Colipa, río San Miguel	19° 59'	96° 40'
Colipa, río Colipa	19° 55'	96° 47'
Colipa, río Colipa	19° 55'	96° 47'
Colipa, río Colipa	19° 55'	96° 47'
Colipa, río Colipa	19° 55'	96° 47'
Colipa, río San Miguel	19° 59'	96° 40'
Cosautlán, río Pescados	19° 20'	96° 59'
Chocamán, carret Fortín-Huatusco	19° 01'	97° 01'
Chocamán, Coscomatepec	19° 04'	97° 02'
Chocamán, Huatusco	19° 09'	96° 57'
Espinal, orilla de río	20° 16'	97° 24'
Espinal, orilla de río	19° 07'	96° 25'
Fortín, Barranca de San Miguel	18° 54'	97° 07'
Fortín, Barranca de San Miguel	18° 54'	97° 07'
Fortín, Barranca de Metlac	18° 54'	97° 05'
Huatusco, Totutla	19° 10'	96° 59'
Huatusco, Coscomatepec	19° 06'	97° 01'
Huatusco, río Jamapa	19° 08'	97° 06'
Huatusco, La Alameda	19° 07'	97° 10'
Huayacocotla	20° 32'	98° 29'

Huayacocotla, Zontecomatlán	20° 46'	98° 21'
Huayacocotla, Zontecomatlán	20° 41'	98° 25'
Huayacocotla, Rancho Nuevo	20° 32'	98° 20'
Huayacocotla, Rancho Nuevo	20° 37'	98° 28'
Ixhuacán de los Reyes, Tlaltetela	19° 22'	97° 08'
Jalcomulco	19° 20'	96° 45'
Juchique de Ferrer, Colipa	19° 20'	96° 40'
Las minas, Puente Caballos	19° 42'	97° 08'
Misantla, río Quilate	19° 55'	96° 51'
Misantla, Tenocitlán-Colorado	19° 56'	96° 51'
Naolinco, El Espinal	19° 31'	96° 38'
Naolinco, carret. Misantla	19° 45'	96° 39'
Naolinco, San Pablo	19° 39'	96° 52'
Naolinco, San Pablo	19° 38'	96° 51'
Veracruz, Benito Juárez	20° 53'	98° 12'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 48'	96° 51'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 48'	96° 51'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 48'	96° 51'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 48'	96° 51'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 43'	96° 57'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 47'	96° 57'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 47'	96° 56'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 46'	96° 56'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 45'	96° 54'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 44'	96° 54'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 43'	96° 54'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 42'	96° 55'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 41'	96° 55'
Xalapa, carretera Xalapa-Coatepec	19° 40'	96° 55'
Xalapa, Estadio Xalapeño	19° 45'	96° 50'
Xalapa, vivero del Ayuntamiento	19° 47'	96° 55'
Xalapa, Zona Universitaria	19° 43'	96° 52'
Xico, camino a Texolo	19° 43'	97° 02'
Xico, Texolo	19° 43'	97° 00'
Xico, Cascada de Texolo	19° 43'	97° 02'
Yecuatla	19° 52'	96° 46'

b) *Trichilia havanensis*.

Municipio y Localidad:	Latitud N	Longitud O
Acajete, Plan de Sedeño	19° 35'	97° 00'
Actopan, La Mancha	19° 30'	96° 37'
Actopan, La Mancha	19° 30'	96° 37'
Actopan, Paso del Cedro	19° 30'	96° 37'
Actopan, Raya Manuel Díaz	19° 30'	96° 37'
Alto Lucero, Cardel-Nautla	19° 37'	96° 43'

Amatlán de los Reyes	18° 51'	96° 55'
Amatlán de los Reyes Col el Cocuyo	18° 51'	96° 55'
Atoyac, Atoyac	18° 54'	96° 46'
Atoyac, Cerro el Cabezón	18° 54'	96° 46'
Banderilla, Banderilla	19° 36'	96° 57'
Banderilla, Banderilla	19° 36'	96° 57'
Banderilla, La Martinica	19° 36'	96° 57'
Banderilla, La Martinica	19° 36'	96° 57'
Banderilla, Rancho La Mesa	19° 35'	96° 58'
Catemaco, Estación Biol.	18° 35'	95° 05'
Catemaco, Isla de A	18° 25'	95° 07'
Coatepec, La Orduña	19° 27'	96° 56'
Coatepec, La Orduña	19° 27'	96° 56'
Coatzacoalcos-Cárdenas	18° 08'	94° 26'
Cuetzala	19° 18'	96° 42'
Córdoba, Córdoba	18° 54'	96° 56'
Cosamaloapan	18° 22'	95° 47'
Cuichapa, La Laja	17° 56'	94° 16'
Cuichapa, La Laja	17° 56'	94° 16'
Chiconquiaco, Landero y Coss	19° 44'	96° 50'
Chicontepec, Coauitzil	20° 59'	98° 10'
Gutiérrez Zamora	20° 27'	97° 05'
Huatusco-Coscomatepec	19° 04'	97° 02'
Huatusco Barranca Copulapa	19° 09'	96° 57'
Huatusco, Rancho 2 de abril	19° 04'	97° 02'
Huayacocotla, Rancho la Palma	20° 32'	98° 28'
Huayacocotla, Rancho Nuevo	20° 32'	98° 28'
Huayacocotla, Rio Tenatitlán	20° 30'	98° 26'
Ixtaczoquitlán, Micoondas	18° 51'	97° 03'
Jilotepec	19° 37'	96 57'
Jilotepec	19° 37'	96 57'
Jilotepec, El Esquilón	19° 37'	96 57'
Jilotepec, El Esquilón	19° 37'	96 57'
Jilotepec, El Esquilón	19° 37'	96 57'
Jilotepec, El Esquilón	19° 37'	96 57'
Juchique de Ferrer, El Chaparral	19° 51'	96 42'
Las Minas	19° 42'	97 08'
Miahuatlán	19° 43'	96 52'
Misantla-Naolinco	19° 56'	96 52'
Misantla, Cerro Quebrado	19° 56'	96 52'
Martínez de la Torre, Coapa	20° 04'	97 04'
Martínez de la Torre, Muluapan	20° 04'	97 10'
Martínez de la Torre, Muluapan	20° 04'	97 10'
Naranjal	19° 49'	96 58'
Naranjal	18° 49'	97 01'
Pánuco, Cerro de Topila	22° 03'	98 11'
Peñuela, El Cocuyo	18° 52'	96 54'
San Andrés Tuxtla	18° 27'	95 13'

San Andrés Tuxtla, Cerro Vigía	18° 27'	95 14'
San Andrés Tuxtla, Cerro Vigía	18° 27'	95 14'
San Andrés Tuxtla, Laguna Encantada	18° 27'	95 11'
San Andrés Tuxtla, Laguna Zacatal	18° 27'	95 12'
San Andrés Tuxtla, Laguna Zacatal	18° 27'	95 12'
San Andrés Tuxtla, Volcán San Martín	18° 27'	95 13'
San Andrés Tuxtla, Volcán San Martín	18° 27'	95 13'
San Miguel, San Miguel el Soldado	19° 33'	96 59'
Santiago Tuxtla, LagunaCráter Pollinapa	18° 28'	95 21'
Sontecomapan	18° 30'	95 04'
Soteapan, Piedra Labrada	18° 24'	94 48'
Soteapan , Piedra Labrada	18° 24'	94 48'
Soteapan, San Fernando	18° 22'	94 52'
Tántima, Sierra Tántima	21° 17'	97 50'
Tecolutla	20° 29'	97 07'
Tecolutla, Estero de Casitas	20° 15'	96 54'
Teocelo, Barranca de Teocelo	19° 23'	96 58'
Tepetzintla, Sierra de Otontepec	21° 10'	97 51'
Tlaltetela, El Limón	19° 19'	96 54'
Tlaltetela, El mirador	19° 19'	96 52'
Tlanehuayocan, Rancho Viejo	19° 27'	96 23'
Tlapacoyan, El Embarcadero	18° 26'	95 26'
Tonayan, Iztapan	19° 41'	96° 55'
Vega de Alatorre, Santa Gertrudis	20° 01'	96 39'
Xalapa	19° 32'	96 55'
Xalapa	19° 32'	96 55'
Xalapa	19° 32'	96 55'
Xalapa, El Sumidero	19° 32'	96 55'
Xalapa, IMSS	19° 32'	96 55'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 30'	96 56'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 30'	96 56'
Xalapa, Jardín Botánico Clavijero	19° 30'	96 56'
Xalapa, Mercado La Rotonda	19° 32'	96 55'
Xico, Ingenio El Rosario	19° 25'	97 02'
Yecuatla, Rancho El Fortino	19° 52'	96 46'
Yecuatla, San Cristóbal	19° 52'	96 46'
Zongolica, Nacaxtla-Zomajapan	18° 40'	96 59'

14. BIBLIOGRAFÍA

- Albert P. D. Hernández A. J. y López, A. A. 1993. Fenología y estructura floral de *Trichilia havanensis* Jacq. (MELIACEAE). Ann. Missouri Bot. Gard. 80: 862-869.
- Allen, H. L. 1987. Forest fertilizers: nutrient amendment, stand productivity, and environmental impact. Journal Forest 85: 37-46.
- Alvarez, J. y Guevara-Sada, S. 1985. Caída de hojarasca en la selva. En: Gómez - Pompa, A. y Del Amo, S. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México II*. INIREB. México: 171-190.
- Angevine, M. W. y Chabot, M. F. 1979. Seed germination syndromes in higher plants. En: Solbrig V. T., Jain S., Johnson G. B. y Raven P. H. (Editores) *Topics in plant population Biology*. Columbia University Press. New York, USA: 188-205.
- Anónimo. 1999. Insecticidas de origen vegetal. Agroentorno. Gobierno de Veracruz. 2(14): 24-27.
- Arias, P. 1983. Los árboles de la zona urbana y suburbana de Xalapa, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México: 115 pp.
- Augspurger, C. K. 1979. Irregular rain cues and the germination survival of a Panamanian shrub (*Hybanthus prunifolius*). Oecologia 44: 53-59.
- Augspurger, C. 1983. Seed dispersal of the tropical tree (*Platypodium elegans*) and the escape of seedlings from fungal pathogens. Journal of Ecology 71: 759-771.
- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. 1990. *Ecology: individuals, populations and communities*. 2^{da} Edition. Blackwell Scientific Oxford. United Kingdom. 943 pp.
- Benítez, G., Pulido-Salas Ma. T. P. y Equihua, M. 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*.

- Instituto de Ecología, A. C. SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, Veracruz, México. 228 pp.
- Benensia, F., Courreges, M. C. y Coulombie, F. C. 1997. Antiviral crude polysaccharides from *Trichilia glabra* leaves. *Fitoterapia* 68(2): 173-176.
- Berkowitz, A. R. Canham, C. D. y Kelly V. R. 1995. Competition vs. facilitation of tree seedling growth and survival in early successional communities. *Ecology* 76: 1156-1168.
- Belcher, E. W. 1967. *Eastern Tree Seed Laboratory Annual Report*. USDA Forest Serv. Macon Ga. 11 pp.
- Besnier, R. F. 1989. *Semillas. Biología y tecnología*. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España: 637 pp.
- Bewley, J. D. y Black, M. 1982. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination II: Viability, dormancy and environmental control*. Springer-Verlang. Berlin. 370 pp.
- Billings, W. D. 1968. *Las plantas y el ecosistema*. Herrero Hnos. Suc. México. 110 pp.
- Blain, D. y Kellman, M. 1991. The effect of water supply on tree seed germination and seedling survival in a tropical seasonal forest in Veracruz, México. *Journal of Tropical Ecology* 7: 69 - 83.
- Booner, F. T. 1974. *Platanus* L. Sycamore. En: Schopmeyer, (Editor). *Seeds of woody plants in the United States*. Agriculture Handbook no 450. USA. 641-644.
- Boothroyd, E. L. 1930. The morphology and anatomy of the inflorescence and flower of the Platanaceae. *American Journal of Botany* 17(7): 678-693.
- Borchet, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. *Ecology* 61(5): 1065-1074.
- Bosch, R y Vázquez-Yanez, C. 1985. Estudio preliminar de la viabilidad natural de las semillas de *Cecropia obtusifolia* y de los factores ambientales que la modifican. En: Gómez-Pompa, A. y Del Amo, S. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México II*. INIREB. México. 191-240.

- Bracho, R. y Puig, H. 1987. Producción de hojarasca y fenología de ocho especies importantes del estrato arbóreo. En: Puig, H. y Bracho, R. (Editores). *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, A. C. México. 81-106.
- Briscoe, C. B. 1969. Establishment and early care of sycamore plantations. USDA Forest Serv. Res. Pap. SO-50 18 pp.
- Brown, N. D. y Jennings, S. 1998. Gap-size niche differentiation by tropical rainforest trees: a testable hypothesis or a broken-down bandwagon? En: Newbery, D. M. Prins H. H. T. y Brown, N. D. (Eds.). *Dynamics of tropical communities*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 79-97.
- Brown, N. Press, M. y Bebbler, D. 1999. Growth and survivorship of dipterocarp seedling: differences in shade persistence create a special case of dispersal limitation. *Phil. Trans. R. Soc. London B*. 354: 1847-1855.
- Burdet, A. N. Herring, L. J. y Thompson, C. 1984. Early growth of planted spruce. *Canadian Journal Forest Research* 14: 644-651.
- Burton, J. P. y Bazzaz F. A. 1991. Tree seedling emergence on interactive temperature and moisture gradients and in patches of old – vegetation. *American Journal of Botany* 78(1): 131–149.
- Calles, L. A. 1997. *Las cuencas hidrológicas en el Estado de Veracruz*. Gobierno del Estado de Veracruz. Dirección General de Asuntos Ecológicos. Xalapa, Veracruz: 33 pp.
- Camacho-Cruz, A., González-Espinosa, M., Wolf, J. H. D., y De Jong, B. H. J. 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, México. *Canadian Journal of Botany* 78: 1309 – 1318.
- Campbell, M. W. 1980. Plant propagation for reforestation in Nepal. Technological note 1/80. Department of Forestry. Australian National University. 79 pp.
- Carabias-Lillo J. y Guevara-Sada S. 1985. Fenología de una selva tropical húmeda y en una comunidad derivada; Los Tuxtlas, Veracruz. México. En: Gómez-Pompa, A. y del Amo, S. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas II*. INIREB. México. 27-66.

- Castillo-Campos G. 1991. *Vegetación y flora del Municipio de Xalapa, Veracruz*. Instituto de Ecología A. C. y H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. México. 148 pp.
- Castillo S. y Carabias-Lillo J. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: fenología. *Biótica* (7) 4: 551-569.
- Castro, A. R y Guevara-Sada, S. 1976. Viabilidad de semillas en muestras de suelo almacenado en Los Tuxtlas Veracruz. En: Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C. Del Amo, S. y Butanda, C. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas II*. INIREB. México. 233-249.
- Chacón, S., Guzmán, G., Montoya, L. y Bandala, V. 1995. *Guía ilustrada de los hongos del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y áreas circunvecinas*. Instituto de Ecología, A. C. México. 142 pp.
- Callaway, R. M. y D'Antonio, C. M. 1991. Shrub facilitation of coast live oak establishment in central California. *Madroño* 38: 158 – 169.
- Callaway, R. M. 1992. Effects of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118 – 2128.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO. UNAM. SIERRA MADRE. México, D. F.: 847 pp.
- Challenger, A. 2004. El medio ambiente en el Estado de Veracruz. Segunda Semana Nacional de Biodiversidad. Universidad Veracruzana. Instituto de Ecología A. C. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa.
- Chang, S. X. 2003. Seedling sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) half-sib family response to N and P fertilization: growth, leaf area, net photosynthesis and nutrient uptake. *Forest Ecology and Management* 173: 281-291.
- Chauret, D. C., Durst, T. Arnason, J. T. SánchezVindas, P. Roman, L. S. Poveda, L. y Keifer, P. A. 1996. Novel steroids from *Trichilia hirta* as identified by nanoprobe INADEQUATE 2D-NMR spectroscopy. *Tetrahedron- Letters* 37(44): 7875-7878.

- Choinski, J. S. 1990. Aspects of viability and post-germinative growth in seeds of tropical tree *Trichilia dregeana* Sonder. *Annals of Botany* 66: 437 – 442.
- Cohn, E. J., van Auken, O. W. y Bus, J. K. 1989. Competitive interactions between *Cynodon dactylon* y *Acacia smallii* seedling at different nutrient levels. *American Midland Naturalist* 121: 265-272.
- Conde, B. N. 2000. Germinación de *Diospyros riojae* Gómez – Pompa (Ebenaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México. 32 pp.
- Correa P. C. 1981. Cuantificación de la producción de hojarasca en un bosque caducifolio de Xalapa, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México. 86 pp.
- Croda, O. G. 1992. Efecto de borde sobre las densidades absoluta y relativa (categorías diamétricas y alturas) y el área basal de árboles en fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña de Coacoatzintla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. México. 77 pp.
- Crow, T. R. 1988. Reproductive mode and mechanisms for self-replacement of northern red oak (*Quercus rubra*) –a review. *Forest Science* 34: 19 – 40.
- Daily, G. C. 1997. Introducción: What are the ecosystem services? En: G. C. Daily (Ed.) *Nature's services*. Island, PressWashington, D. C. 1-10
- Daubenmire, R. F. 1979. *Ecología vegetal. Tratado de autoecología de las plantas*. Limusa-Willey. México. 496 pp.
- Davis, F. W., Borchet, M., Harvey, L. E. y Michaelsen, J. C. 1991. Factors affecting seedling survivorship of blue oak (*Quercus douglasii* H. & A.) in Central California. En: Standinford, R. B. (Ed.). *Proceedings of the Symposium on Oak woodlands and hardwood rangeland management*. 31 october- 2 november 1990. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Forest Service. Department of Agriculture Berkeley, CA. USA 81-86.
- Davis, S. D. y Mooney, H. A. 1985. Comparative water relations of adjacent California shrub and grassland communities. *Oecologia* 66: 522-529.

- del Amo, S. y Gómez-Pompa, A. 1976. Crecimiento de estados juveniles en plantas de selva tropical alta perennifolia. En: Gómez-Pompa A., Vázquez-Yanes, C. del Amo, S. y Butanda, C. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas Altas I*. INIREB. México. 549-565.
- De Steven, D. 1991a. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling emergence. *Ecology* 72: 1066-1075.
- De Steven, D. 1991b. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology* 72: 176-1088.
- Devlin, P. C. 1975. *Plant Physiology*. Reinhold Publishing Corporation. New York. 426 - 446.
- Dirzo, R. 1984. Herbivory: a phytocentric overview. In: R. Dirzo y J. Sarukhan (Editores). *Perspectives on plant population ecology*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts USA: 141–165.
- Dumet, D. y Brjak, P. 1995. Desiccation tolerance and cryopreservation of embryotic axes ok recalcitrant species. Fifth International Workshop of seeds 11 – 15. Abstracts of poster presentations. University of Reading. Gran Bretaña.
- Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants*. John Wiley and Sons, Inc. USA 550 pp.
- Ewart, A. J. 1908. *Proc. R. Soc. Victoria* 21: 1-210.
- Flores, O. y Gerez, P. 1988. *Conservación en México*. INIREB. México. 302 pp.
- Fleming, H. T. y Williams, F. C. 1990. Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical forest *Journal of Trop. Ecology* 6: 163-178.
- Foster, A. S. 1986. On adaptative value of large seeds for tropical moist forest trees: A review and synthesis. *The Botanical Review*. 52(3): 261-293.
- Fournier, L. A. y Salas, S. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. *Rev. de Biol. Trop.* 14(1): 75-85.

- Fournier, L. A. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el roble de sabana *Tauberia pentaphylla* (L.) Hemsl. Rev. de Biol. Trop. 15(2): 259-267.
- Fournier, L. A. y Charpantier, C. 1974. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba. 25(1): 45-49.
- Frankie, W. G., Baker, H. G. y Opler, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology 62: 881-919.
- Fuchs, M. A., Krannitz, A. S., Harestad, A. S. 2000. Factors affecting emergence and first year survival of seedlings of Garry oaks (*Quercus garryana*) in British Columbia, Canada. Forest Ecology and Management 137: 209-219.
- Galindo, J. L., Camacho, C. A., González, E. M., Rey, b. J. M. y Zavala, G. M. 2004. Supervivencia y crecimiento de especies arbóreas de bosque templados de Chiapas en relación a la luz y a la disponibilidad de agua. Resúmenes de XVI Congreso Mexicano de Botánica. Cartel ER-009.
- Garcés, F. F. Gras, W. S. Rodríguez, E. D. Pott, Y. S. Roque, N. F. 1996. Secoprotoloimonoids from *Trichilia elegans*. Phytochemistry 42(5): 1399 – 1403.
- Garcéz F. R., Garcés W. S., Tsutsumi M. T. y Roque N. F. 1997a. Limonoids from *Trichilia elegans ssp elegans*. Phytochemistry 45 (1): 141 – 148.
- Garcéz F. R., Garcés W. S., Ramos, L., Camargo, R. J., Damasceno G. A. Jr. 1997b. Sesquiterpenes from *Trichilia catigua*. Fitoterapia 68(1): 87-88.
- Gómez-Pompa, A. 1965. La *vegetación* de México. Bol. de la Soc. Bot. de México (29): 76-120.
- Gómez-Pompa, A. 1966. *Estudios botánicos de la región de Misantla, Veracruz*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 173 pp.
- Gómez, C. M. y Soto, M. 1990. *Atlas Climático del Municipio de Coatepec*. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz 52 pp.

- González – Espinosa, M. Ramírez-Marcial, N. Quintana- Ascencio, P. F. y Martínez-Icó, M. 1995. *La utilización de encinos y la conservación de la biodiversidad en los altos de Chiapas*. Rep. Cient. Univ. Autón. Nvo. León No. Esp. 15: 183 – 197.
- Gordon, D. R. y Rice, K. J. 2000. Competitive suppression of *Quercus douglasii* (FAGACEAE) seedling emergence and growth. *American Journal of Botany* 87 (7): 986 - 994.
- Gray, A. N. y Spies T. A. 1997. Microsite controls on the seedlings establishment in conifer forest canopy gaps. *Ecology* 78 (8): 2458 – 2473.
- Griffin, J. R. 1971. Oak regeneration in the upper Carmel Valley, California. *Ecology* 54: 152-159.
- Gunatilaka A. A. L., Bolzani V. D., Dagne E., Hofmann G. A., Jonson R. K., McCabe F. L., Mattern M. R. y Kyngston D. G. I. 1998. Limonoids showing selective toxicity to DNA repair deficient yeast and others constituents of *Trichilia emetica*. *Journal of Natural Products* 61 (2) 179–184.
- Hall, J.S. Medjibe, V. Berlyn, G. P. Mark, P. y Ashton, S. 2002. Seedling growth of tree co-occurring *Entandrophragma* species (Meliaceae) under simulated light environments: implications for forest management in central Africa. *Forest Ecology and Management* 179: 135-144.
- Harper, J. L. 1957. *The ecological significance of dormancy and its importance in weed control*. Pceedings of the 4th International Congress of Group Protection. Vol. 1 Hamburgo.
- Harper, J. L. 1964. The behavior of seeds in soil. *Journal of Ecology* 53: 273-286.
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. England. 892 pp.
- Harris, L. D. y Silva-López, J. 1993. Habitat fragmentation and the conservation of biological diversity. En: *Conservation Biology*. Sinauer. Sunderland, Massachussets
- Hartman, H. T. y Kester, D. E. 1995. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Editorial Continental S. A. de C. V. Cuarta reimpresión. México, D. F.: 360 pp.

- Han, B. Berjak, P. Pammenter, N. Farrant, J. y Kermodé, A. R. 1997. The recalcitrant plant species, *Castanospermum australe* and *Trichilia dregeana* differ in their ability to produce dehydrin-related polypeptides during seed maturation and response to ABA or water deficit related stress. *Journal of Experimental Botany* 48(314): 1717 – 1726.
- Heaslip, M. B. 1959. Effect of seed irradiation on germination and seedling growth of certain deciduous trees. *Ecology* 40(3): 383-388.
- Heinrich, B. y P. H. Raven, 1972. Energetics and pollination ecology. *Science* 176: 597-602.
- Heit, C. E. 1967. Propagation from seed. Part II. Storage of deciduous tree and shrub seeds. *Am. Nurseryman* 126(10): 12 – 13.
- Hemsley, W. B. 1879-1888. Botany. In: Godwin, F. D. & O. Salvin. *Biología Centrali-Americana*. R. H. Potter. London 5 Vols.
- Hernández, H. M. y A. Y. Carreón, 1987. Notas sobre la ecología reproductiva de árboles en bosque mesófilo de montaña en Michoacán, México. *Bol. Soc. Bot. México* 47: 5–35.
- Hilty, S. L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica* 12(4): 292-306.
- Howe, R. W. 1972. Insects attacking seeds during storage. In: Kozłowski, T. T. (Ed.). *Seed Biology*. Academic Press. London Vol III: 247 – 300.
- Ibáñez, I. y Schupp, E. W. 2001. Positive and negative interactions between environmental conditions affecting *Cercocarpus ledifolius* seedling survival. *Oecología* 129: 543-550.
- Inada, A. Konishi, M. Murata, H. y Nakenishi, T. 1994. Structure of a new limonoid and a new triterpenoid derivate from of *Trichilia connaroides*. *Journal of Natural Products (Lloydia)*. 57(10): 1446-1449.
- INEGI. 1982. *Anuario Estadístico del Estado de Veracruz*. Gobierno del Estado de Veracruz. 2325 pp.
- INEGI. 1988. *Síntesis Geográfica*. Nomenclatura y anexo cartográfico del estado de Veracruz. INEGI –SPP. México. 1541 pp.

- INEGI. 1990. *XI Censo General de población y vivienda*. INEGI. México. 486 pp.
- INEGI. 1996. *Cuaderno Estadístico Municipal. Coatepec, Veracruz*. INEGI. Gobierno del Estado de Veracruz. México. 129 pp.
- INEGI. 1997. *Cuaderno Estadístico Municipal Xalapa, Veracruz*. INEGI - Gobierno del Estado de Veracruz. Edición 1996. México. 164pp.
- Iglesias, C. y Vovides, A. 1995. Propagación de *Magnolia dealbata* Zucc., una especie en peligro de extinción del bosque mesófilo de montaña en Veracruz. Resúmenes del XIII Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México. México D. F. 33 pp.
- Isidro, M. 1984, Fenología reproductiva de *Quercus germana* Schl. & Cham. INIREB. Resúmenes del IX Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México. 158 pp.
- Janzen, D. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees with the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620 – 637.
- Janzen, D. 1971. Euglossine bees a long distance- pollinators of tropical plants. *Science* 171: 203-205.
- Jones, R. H. y Sharitz, R. R. 1998. Survival and growth of woody plant seedlings in the understorey of floodplain forests in South Carolina. *Journal of Ecology* 86: 574-587.
- Kaul, M. L. H. 1979. The life – span of some Indian forest seeds. *Beintraege Zur Tropischen Landwirtschafts Und Veterinarmedizin* 17: 283 – 286.
- Khan, M., Rai, J. y Tripathi, R. S. 1986. Regeneration and survival of tree seedlings and sprouts in tropical deciduous and sub-tropical forest of Maghalaya, India. *Forest Ecology and Management*. 14: 293-304.
- Köeppen, W. 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 478 pp.
- Kozlowsky T. 1971. *Growth and development of trees I. Seed Germination, Ontogeny, and Shoot Growth*. Academic Press, Inc. New York. 443 pp.

- Kribs, A. 1930. Comparative anatomy of the wood of the Meliaceae. *American Journal of Botany* 17 (9): 724-738.
- Lieberman, D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology* 70: 791 – 806.
- Lieth, H. 1970. Phenology in productivity studies. En: Reichle, D. (Editor) *Analysis of the Temperature Forest Ecosystems*. Springer-Verlang. USA. 1-29.
- López-Quiles, M. y Vázquez-Yanes, C. 1976. Estudio sobre la germinación de semillas en condiciones naturales controladas. En: Gómez-Pompa, A. Vázquez-Yanes, C. Del Amo, S. y Butanda, A. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México II*. INIREB. México. 250- 262.
- Ludlow-Wiechers, B y Vázquez-Yanes, C. 1976. Germinación de semillas de *Piper hispidum* SW bajo diferentes condiciones de iluminación. En: Gómez-Pompa, A. Vázquez-Yanes, C. Del Amo, S. y Butanda, A. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. INIREB. Xalapa, Veracruz. México. 263-278.
- Luna, I., Almeida, L., Villiers, L., y Llorente, L. 1983. Reconocimiento florístico y consideraciones fitogeográficas del bosque mesófilo de montaña de Teocelo Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 48: 35-63.
- Luna, V. I., Ocegüera, C. S. y Alcántara, A. O. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlalchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 65(1):31-62.
- Luna, V. 1997. Estudio de la vegetación y flora del municipio de Coatepec, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. México. 163 pp.
- Manion, P. D. 1981. *Tree Disease Concepts*. Prentice-Hall, New-York. USA.
- Marshall, P. y Kozlowsky, T. 1977. Changes in structure and function of epigeous cotyledons of woody angiosperms during early seedling growth. *Canadian Journal of Botany* 55: 208-215.

- Marquis, J. 1988. Phenological variation in the neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes y consequences. *Ecology* 69(5): 1552-1565.
- Martínez, M., Valverde, M. T. y P. Moreno-Casasola. 1992. Germination response to temperature, salinity, light and depth of sowing of ten tropical dune species. *Oecologia* 92(3): 343-353.
- Mata, J. 1991. Morfología polínica de 150 especies vegetales de bosque caducifolio en Xalapa, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. México. 83 pp.
- Maun, M. y Raich, S. 1981. Morphology of caryopses, seedling and seedling emergence of the grass *Calamovilia longifolia* from various depths in sand. *Oecologia*. 49:137-142.
- Maun, M. y Lapierre, J. 1986. Effects of burial by sand on seed germination and seedling emergence of four dune species. *American Journal of Botany* 73(3): 450-455.
- Meiners S. J. y Handel S. N. 2000. Additive and nonadditive effects of herbivory and competition on tree seedling mortality, growth, and allocation. *American Journal of Botany* 87 (12): 1821–1826.
- Mensa, E. G. y Acosta H. D. G. 1990. Index seminum Jardín Botánico Nacional de Cuba. 40 pp.
- Milton, K. 1991. Leaf change and fruit production in six neotropical Moraceae species. *Journal of Ecology* 79: 1-26.
- Miranda, F. y Sharp, A. J. 1950. Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of the eastern of México. *Ecology* 31: 313-333.
- Miranda, F. 1952. *La vegetación de Chiapas*. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez. 2 Vol. 596 pp.
- Miranda, F. y Hernández, X. 1963. *Fisiografía y vegetación. Las zonas áridas del centro y noreste de México*. Instituto Mexicano de Recursos Renovables. México. 1-27.
- Monroe, B. L. 1968. *A distributional survey of the birds of Honduras*. Ornithological Monographs, No. 7. The American Ornithologists Union. Lawrence, Kansas. 458 pp.

- Moreno-Casasola, P. 1976a. Viabilidad de árboles tropicales y templados: una revisión bibliográfica En: Gómez-Pompa, A. C. Vázquez-Yanes, S. Del Amo y A. Butanda-Cervera, A. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. INIREB. México: 471-526.
- Moreno-Casasola, P. 1976b. Latencia y viabilidad de semillas de vegetación primaria En: Gómez - Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., Del Amo, S., y Butanda-Cervera, A. (Editores) *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. INIREB. México. 527-548.
- Musza, L. L., Killar, L. M., Speight, L., McElhiney, S.P., Barrow, C. J., Gillium, A. M., y Cooper, R. 1994. Potent new cell adhesion inhibitory compounds from the root of *Trichilia rubra*. *Tetrahedron* 50(39): 11369-11378.
- Musza, L. L.; Killar, L. M.; Speight, P.; Barrow, C. J.; Gillium, A. M.; Cooper, R. 1995. Minor limonoids from *Trichilia rubra*. *Pythochemistry* 39(3): 621-624.
- Nanbiar, E. K. S. y Zed, P. G. 1980. Influence of weeds on the water potencial, nutrient content and growth of young radiata pine. *Australian Forest Research* 10: 279-288.
- Nee, M. 1981. Platanaceae. Flora de Veracruz. INIREB. México. Fascículo 19: 9.
- Niembro, R. A. 1983. *Caracterización morfológica y anatómica de semillas forestales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo México. 110 pp.
- Nikolaeva, M. G. 1969. *Physiology of deep dormancy in seeds*. Israel Program for Scientific Traslations. Jerusalem 220 pp.
- Nores N. M., Courreges M. C., Benencia F. y Coulombie F. C. 1997. Immunomodulatory activities of *Cedrela elegans* and *Trichilia elegans* aqueous leaf extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 55 (2): 99-106.
- Ortega, O. R. 1987. *Los árboles silvestres más comunes en el Jardín Botánico Francisco J. Clavijero Xalapa, Veracruz*. INIREB. México. 25 pp.
- Ortega, F. y Castillo, G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43: 32-39.

- Osunkoya, O. y Ash, J. E. 1993. Growth of the seedlings in tropical rain forest of north Queensland, Australia. *Journal of Tropical Ecology* 9: 1-18.
- Pedraza, P. R. A. 1997. Germinación de semillas de especies arbóreas colectadas en áreas boscosas de la región de Xalapa, Veracruz. En: *Foresta Veracruzana*. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz 1(1): 1 - 3
- Pedraza, P. R. A. 1999. Estudio de la variación de semillas y germinación de *Liquidambar styraciflua* L. var. *mexicana* (Oerst.) Ndz. de tres sitios diferentes de la Región de Xalapa, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 1 (3): 23 – 27.
- Pedraza, P. R. A. 2003. Germinación en condiciones de vivero y campo del nogal (*Junglans pyriformis* Liebm.) *Amaranto* 3: 2 – 11.
- Pedraza, R. A. y Williams-Linera, G. 2005. Microhabitats conditions for germination and establishment of two tree species in Mexican montane cloud forest. (En prensa).
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. 1968. *Manual de campo para la identificación de los principales árboles tropicales de México*. Inst. Nac. de Inv. Forestales. México. 413 pp.
- Pérez G. I. 1991. Comparación florística y de la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña a diferentes altitudes en el centro del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. México. 55 pp.
- Phares, R. E. 1971. Growth of red oak (*Quercus rubra* L.) seedling in relation to light and nutriments. *Ecology* 52(4): 669-672.
- Ponce de León, L. 1987. Germinación de *Offmannia strigilosa* En: Puig, H. y Bracho, R. (Editores). *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, A. C. México. 153-174.
- Puig, H., Bracho, R. y Sosa, V. 1987. Composición florística y estructura del bosque mesófilo de montaña en Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biotica* 8(4): 339-360.

- Pupo, M. T., Vieira, P. C., Fernández, J. B. y Silva, M. F. y Fo, E. R. 1997. Androstane and pregnane 2-beta, 19-hemiketal steroids from *Trichilia clausenii*. *Phytochemistry* 45(7): 1495-1500.
- Pupo, M. T., Vieira, P. C., Fernández, J. B. y DaSilva, M. F. F. 1998. Gamma-lactones from *Trichilia clausenii*. *Phytochemistry* 48(2): 307–310.
- Quintana-Ascencio, P. F. González-Espinosa, M. y Ramírez-Marcial, N. 1992. Acorn removal seedling survival, and seedling growth of *Quercus crispilis* in successional forests of the highlands of Chiapas, México. *Bulletin Torrey Botanical Club* 119:6-18.
- Raich, J. 1990. Effect of canopy openings on tree seed germination in Malaysian dipterocarp forest. *Journal of Tropical Ecology* 6: 203-217.
- Ramírez, A. N. C. 2001. Estudio exploratorio de viabilidad y germinación de *Alnus jorullensis* H. B & K. (Betulaceae), bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México. 41 pp.
- Ratchcke, B y Lacey, E. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- RodríguezHahn, L., Cárdenas, J. y Arenas, C. 1996 Trichavensin, a pterin derivative from *Trichilia havanensis*. *Phytochemistry* 43(2): 53–63.
- Rojas, G. M. 1972. *Fisiología vegetal aplicada*. Mc Graw Hill. México. 252 pp.
- Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. y Equihua, M. 1987. *Colección Atlas Cultural: Flora*. SEP. INAH. Grupo Cultural Planeta. México, D. F.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21.
- Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the fanerogamic flora of México. En: Rammamorthy, Lot, y By, (Editores). *Biological Diversity of México: Origins and distribution*. Oxford University Press. New York: 129-146.

- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana*. 35: 25-44.
- SARH. 1994. *Inventario Nacional Forestal de Gran Visión*. México. 53 pp.
- Seiwa, K. 2000. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia* 123: 208-215.
- Schirone, B., Leone, A., Mazzoleni, S. y Spada, F. 1990. A new method of survey and data analysis in phenology. *Journal Vegetation Science* 2: 27-34.
- Schultz, A. M. Launchbaugh, J. L. y Biswell, H. H. 1955. Relationship between grass density and brush seedling survival. *Ecology* 36:226-238.
- Sheldom, J. C. 1974. The behaviour of seeds in the soil, III. The influence of seed morphology and and behaviour of seedlings en the establishment of plants from surface lying seeds. *J. Ecology* 62: 47-66.
- Smith-Portilla. M. A. 1995. La riqueza y diversidad de la flora arbórea de un bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz, bajo condiciones distintas de exposición. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. México. 420 pp.
- Standley. P y Steyermark, J. 1946. Flora de Guatemala. Chicago Natural History Museum. *Fieldiana Botany* 24(5): 463-464.
- Stein, W. I. 1990. *Quercus garryana* Dougl. ex Hook. En: Burns, R. M. Honkala. B. H. (Eds.) *Silvics of North America, Vol. 2. Hardwoods Agricultural Handbook* 654. Forest Service. Departamnet of agriculture. Washington, DC. USA. 650-660.
- Stiles, G. F. 1975. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican Heliconia species. *Ecology* 56: 285-301.
- Spujt, R. W. 1994. *A systematic treatment of fruits types*. The New York Botanical Garden. USA. 35 pp.
- Spurr, S. y Barnes, B. 1982. *Ecología forestal*. John Wiley and Sons. México. 679 pp.

- Sosa J. y Puig, H. 1987. Regeneración del estrato arbóreo en el bosque mesófilo de montaña. En: El Bosque Mesófilo de Montaña de Tamaulipas. Puig, H. y Bracho, R. (Editores). Instituto de Ecología A. C. México, D. F. 107-131.
- Soto E. M.; Angulo, J.; Garduño, O. L. y Hernández, M. 1984. Bioclimatología y computación interactiva. Ciencia y Desarrollo. 59: 153-161.
- Soto E. M. 1985. Relación clima-planta en el estado de Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. 113 pp.
- Soto E. M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. INIREB. México. 137 pp.
- Soto E. M y García, E. 1989. *Atlas climático del estado de Veracruz*. Instituto de Ecología A. C. México 125 pp.
- Soto E. M. y Gómez, M. 1990. *Atlas climático del municipio de Xalapa*. Instituto de Ecología A. C. México. 52 pp.
- Standley, P. C. 1920-1926. *Trees and shrubs of México*. Contr. U. S. Nat. Herb. 23: 1-1721.
- Stearn, F. y Lieth, H. 1974. Introduction to the phenology and the modeling of seasonality. En: (Editores). *Purposes of a phenology book*. Univ. of North Carolina. U. S. A. Contribution no. 86: 23-25.
- Streng, D. R. Glitzenstein, J. S. y Harcombe, P. A. 1989. Woody seedling dynamics in an East Texas floodplain forest. Ecological Monographs 59: 177-204.
- Suárez, G. A. 1998. Germinación y crecimiento de encinos en ambientes inducidos por la fragmentación del bosque mesófilo de Veracruz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 89 pp.
- Tolome, R. J. 1993. Caída de hojarasca y comportamiento fenológico de las especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña del parque ecológico "FRANCISCO JAVIER CLAVIJERO" (XALAPA, VER.). Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. México. 74 pp.

- Tompsett, P. B. 1994. Capture of genetic resources by collection and storage of seed: a physiological approach to tropical trees: the potential for domestication and rebuilding of forest resources. ITE Symposium No. 29. ECTF Symposium No. 1. Eds. R. R. B. Lezkey y A. C. Newton. London. England. 61–71.
- Umaña, D. G. 1988. Fenología de *Conostegia oerstediana* Berg. ex Triana y *C. xalapensis* (Bonpl.) D. Don (Melastomataceae) en el Bosque del Niño, Reserva Forestal de Grecia, Costa Rica. *Brenesia* 30: 27-37.
- Van den Driessche, R., Rude, W. y Martens, L. 2003. Effect of fertilization and irrigation on growth of aspen (*Populus tremuloides* Michx.) seedlings over three seasons. *Forest Ecology and Management*. 186: 381- 389.
- Vázquez-Yanes, C. 1974. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido húmeda de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 140 pp.
- Vázquez-Yanes, C. 1976. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido húmeda de México. En: Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., Del Amo, S. y Butanda, C. A. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. INIREB. México: 279-373.
- Vázquez-Yanes, C. 1983. Estrategias para la reforestación con árboles nativos de México. *Ciencia y Desarrollo* 19(113): 52-58.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. 1985. Posibles efectos del microclima de los claros de la selva, sobre la germinación de tres especies de árboles pioneros: *Cecropia obtusifolia*, *Heliocarpus donnell-smithii* y *Piper auritum*. En: Gómez-Pompa, A. y Del Amo, S. (Editores). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol II*. INIREB. México. 191-240.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. 1986. Dispersal of seeds by animals: effect on light controlled dormancy in *Cecropia obtusifolia*. En: Estrada, A. y Fleming, T. H. (Editores) *Frugivores and seed dispersal*. Klumer Academia Publishers Hingham, MA, USA 71-80.
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1987. Light gap detection by the photoblastic seeds of *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum*, two tropical rain forest trees. *Biol. Plant.* 29: 234-236.

- Vázquez-Yanes, C. 1990. Ecología y conservación de semillas. Ciencias. México. Número especial 4: 30-33.
- Vázquez – Yanes, C. y Cervantes, V. 1993. Estrategias para la reforestación con árboles nativos de México. En: Ciencia y Desarrollo. CONACYT. México, D. F. 19 (113): 52 – 58.
- Vázquez-Yanes, C. y Batis, A. I. 1996. La restauración de la vegetación. Ciencias. México 43: 16-23.
- Vázquez-Yanes, C. Orozco-Segovia, A. Rojas, M. Sánchez, M. E. Cervantes, V. 1997. *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos*. La ciencia para todos/157. SEP. FCE. CONACYT. 167.
- Vergara, M. J. A. 1999. Fenología y dispersión de *Tilia mexicana* Schltld. en la Sierra de Chiconquiaco, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Biología. Xalapa, Veracruz. 65 pp.
- Vogelman, H. W. 1973. Fog precipitation in the cloud forest of Eastern Mexico. BioScience 23(2): 96-100.
- Whitmore, T. C. 1996. A review if some aspects of tropical rain forest seedling ecology whit suggestion for further enquiry. En: Swaine, M. D. (Editor). *The ecology of tropical forest seedlings*. UNESCO, Paris. 3 - 39.
- Whitmore, T. C. y Brown, N. D. 1996. Dipterocarp seedling growth in rain forest canopy gaps during six and half years. Phil. Trans. R. Soc. London B 351: 1195-1204.
- Williams, K. y Hobbs, R. J. 1989. Control of shrub establishment by springtime soil water availability in annual grassland. Oecologia 81: 62-66.
- Williams – Linera, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. Journal of Ecology 78: 356 - 373.
- Williams – Linera, G. 1991. Notas sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo", Chiapas. Acta Botánica Mexicana 13: 1-7.

- Williams – Linera, G. 1992. Distribution of the hemiepiphyte *Oreopanax capitatus* at the edge and interior of a Mexican lower montane forest. *Silbyana* 13: 35 – 38.
- Williams – Linera, G. 1993. Vegetación de bordes de un bosque nublado en el parque ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 41(3): 107-117.
- Williams – Linera, G. y Tolome, J. 1995. Producción de hojarasca y afinidad fitogeográfica en el Bosque de Niebla del parque Ecológico Clavijero. Xalapa, Veracruz, México. Anuario 1994. Instituto de ecología, A. C. México. 57.
- Williams – Linera, G. 1997. Los bordes de selvas y bosques. *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XVII (97): 65–71.
- Williams – Linera, G. 1997. Phenology of deciduous and broadleaved-evergreen tree species in a Mexican tropical lower montane forest. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6: 115 – 127.
- Young, T. P. 1995. Landscape mosaics created by canopy gaps, forest edges and bushland glades. *Selbyana* 16(2): 127– 34.
- Zamora, P. 1992. Flora vascular del municipio de Tlalnehuayocan, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 130 pp.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3th ed. Prentice Hall. USA. 662 pp.
- Zolá, M. G. 1987. *La Vegetación de Xalapa, Veracruz*. INIREB. México. 155 pp.