

El Colegio de la Frontera Sur

Germinación y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales nativas tropicales de la sierra de Tenosique, Tabasco, México.

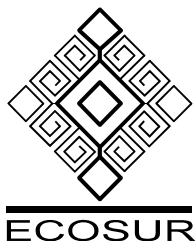
TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Isidro Pérez Hernández

2009



El Colegio de la Frontera Sur

Villahermosa, Tabasco, 08 de junio de 2009.

Los abajo firmantes, miembros del jurado examinador del alumno Isidro Pérez Hernández, hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada “Germinación y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales nativas tropicales de la sierra de Tenosique, Tabasco, México.” para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

	Nombre	Firma
Tutor	Susana Ochoa Gaona	_____
Asesor	Manuel Mendoza Carranza	_____
Asesor	Georgina Vargas Simón	_____
Sinodal adicional	Johannes Cornelis Van der Wal	_____
Sinodal suplente	Marivel Domínguez Domínguez	_____

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con toda mi admiración y respeto a la persona que sabiamente ha superado todas las adversidades que el destino ha puesto en su camino; a la mujer que ha guiado y formado con buenos principios a mi familia, con todo mi cariño y amor para Lilia, mi madre.

A mi esposa Magnolia Santos García, por su comprensión y apoyo en esta apremiante tarea que implica hacer una maestría y por cuidar de nuestra bebe en los momentos que estuve ausente.

A mis hermanos por su apoyo moral y en muchas ocasiones económica.

Mención especial al Dr. Germán Pérez Hernández (uno de mis hermanos) por financiar la impresión de este trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT, por proporcionar la beca de maestría número: 216600/207824.

Al Fondo Mixto Conacyt – Estado de Tabasco, que financió el trabajo de campo, mediante el proyecto “Manejo de semillas y plántulas de especies arbóreas de las montañas de Tenosique, Tabasco: bases para su manejo y conservación” TAB-2003-C03-11261.

A mi directora de tesis Dra. Susana Ochoa Gaona, por su constante dedicación, motivación, acertadas sugerencias y comentarios para que esta tesis se concluyera en buena forma.

Al comité tutorial: Dr. Manuel Mendoza Carranza y M. en C. Georgina Vargas Simón, por sus valiosos comentarios con los cuales se mejoro este trabajo. En especial a Manuel Mendoza, por su asesoría en el diseño experimental y análisis de los datos de campo.

Al M. en C. Noel Antonio González Valdivia, por sus comentarios a esta tesis y por su apoyo en la toma de datos en campo.

A Eduardo Cambranis González y Orlando Lara López de la Universidad de Chiná, Campeche por su apoyo en campo

Muy en especial agradezco a mi amigo Vicente López Moreno, por su apoyo como guía de campo, por el entusiasmo demostrado e incondicional ayuda en todo momento en las tareas emprendidas. A Bertha Méndez por su amabilidad y buen trato durante nuestra estancia en la comunidad.

A los habitantes del ejido Niños Héroes de Chapultepec, Tenosique, por su buen trato y por permitirnos entrar a sus parcelas para realizar el experimento.

A El Colegio de la Frontera Sur, que apoyó con infraestructura y me dio la oportunidad de cursar el posgrado.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Índice de cuadros	iii
Índice de figuras	v
Índice de anexos	viii
Resumen	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	6
2.1 Dispersión de semillas	6
2.2 Germinación	7
3. OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos particulares	11
4. HIPÓTESIS	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1 Descripción del área de estudio	13
5.1.1 El municipio de Tenosique	13
5.1.2 Localización geográfica y características del ejido Niños Héroe	
de Chapultepec	14
5.2 Selección de especies y colecta de semillas	15
5.3 Establecimiento del experimento en campo y vivero	17
5.4 Registro de datos	20
5.5 Procesamiento de datos	22
5.6 Análisis estadístico	23
6. USOS LOCALES Y COLECTA DE SEMILLAS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS	24
7. ECOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESPECIES USADAS	25
7.1 <i>Aspidosperma megalocarpon</i>	25
7.2 <i>Eugenia</i> sp.	26
7.3 <i>Lonchocarpus castilloi</i>	27

7.4	<i>Manilkara zapota</i>	28
7.5	<i>Ormosia macrocalyx</i>	32
7.6	<i>Rollinia mucosa</i>	33
8.	RESULTADOS	34
8.1	Diferencias microclimáticas en los tipos de cobertura vegetal	34
8.1.1	Humedad del suelo	34
8.1.2	Temperatura y humedad ambiental	34
8.1.3	Radiación solar	35
8.2	Germinación de semillas	36
8.2.1	Tipo de germinación	36
8.2.2	Tiempo de latencia de semillas	36
8.2.3	Tasa media de germinación	38
8.2.4	Capacidad de germinación	40
8.2.5	Comparación de las curvas de acumulación y tiempos en los procesos de germinación	43
8.3	Depredación de semillas	46
8.3.1	Depredación total de semillas	46
8.3.2	Tasa media de depredación de semillas	48
8.3.3	Comparación de las curvas de acumulación y tiempos en los procesos de depredación de semillas	50
8.4	Sobrevivencia de plántulas	52
8.4.1	Sobrevivencia en campo	52
8.4.2	Sobrevivencia en vivero	54
8.5	Tasa media de crecimiento de plántulas	56
8.5.1	Crecimiento en campo	56
8.5.2	Crecimiento en vivero	57
9.	DISCUSIÓN	60
10.	CONCLUSIONES	74
11.	RECOMENDACIONES	76
12.	LITERATURA CITADA	77
13.	ANEXOS	88

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Características de las especies usadas en el experimento de germinación, depredación de semillas y sobrevivencia de plántulas	16
Cuadro 2. Periodo de colecta y fecha de siembra de semillas en el experimento en campo en Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva, y en vivero en S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%	17
Cuadro 3. Características físicas, composición florística y estructura de las coberturas de vegetación en los sitios experimentales.	19
Cuadro 4. Valores de radiación solar total bajo el dosel (luz directa más luz difusa) y radiación directa en las clases de cobertura vegetal en campo	36
Cuadro 5. Ji-cuadrada que compara el tiempo de latencia de semillas en el experimento en campo para las seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva)	37
Cuadro 6. Ji-cuadrada que compara el tiempo de latencia de semillas en el experimento en vivero para las seis especies en las tres clases de sombra (S-40: sombra 40%, S-60: sombra de 60% y S-80: sombra de 80%)	37
Cuadro 7. Ji-cuadrada que compara la tasa de germinación de semillas en el experimento en campo para las seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva)	39
Cuadro 8. ANDEVA de un factor de la tasa de germinación de las seis especies en campo y vivero	40
Cuadro 9. Ji-cuadrada que compara la capacidad de germinación en el experimento en campo para las seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) ..	41

Cuadro 10. ANDEVA de un factor que compara la capacidad de germinación del experimento en campo y vivero para las seis especies .	42
Cuadro 11. Ji-cuadrada que compara la depredación total de semillas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) ..	47
Cuadro 12. Ji-cuadrada que compara la tasa de depredación de semillas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) ..	48
Cuadro 13. Prueba de homogeneidad de curvas y ANCOVA en el proceso depredación de semillas de las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) ..	51
Cuadro 14. Ji-cuadrada que compara la sobrevivencia de plántulas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) ..	53
Cuadro 15. Ji-cuadrada que compara la sobrevivencia de plántulas en el experimento en vivero para seis especies en las tres clases de sombra (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%) ...	55
Cuadro 16. ANDEVA de un factor que compara la sobrevivencia de plántulas en el experimento en campo y vivero para las seis especies ...	56
Cuadro 17. Ji-cuadrada que compara el crecimiento de plántulas en el experimento en el campo para las especies seleccionadas (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) ..	56
Cuadro 18. Ji-cuadrada que compara la tasa de crecimiento de plántulas en el experimento en vivero para las seis especies en S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80% ..	58
Cuadro 19. ANDEVA de un factor que compara la tasa de crecimiento de plántulas en el experimento en campo y vivero para las seis especies ..	59

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. A. México, B. Estado de Tabasco y C. Niños Héroes de Chapultepec	14
Figura 2. Humedad del suelo en los tres tipos de cobertura vegetal en el experimento en campo, Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: Selva. Valores entre 0-10 exceso de agua para el crecimiento de las plantas; entre 10 a 40 suficiente humedad para un crecimiento saludable de las plantas en suelos no arenosos	34
Figura 3. Temperatura ambiental (a) y humedad relativa (b) en las tres clases de cobertura vegetal en el experimento en campo, Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva; la línea horizontal indica el promedio mensual y los puntos extremos indican los valores máximos y mínimos respectivamente registrados durante el mes	35
Figura 4. Comparación del tiempo de latencia de semillas de las seis especies usadas en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%)	38
Figura 5. Comparación de la tasa de germinación ($sg\ s^{-1}$: semillas germinadas por semana) de semillas de las seis especies usadas en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%)	39
Figura 6. Capacidad de germinación (% total de semillas germinadas) en campo de las seis especies (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva)	41
Figura 7. Capacidad de germinación (% total de semillas germinadas) en el vivero para las seis especies (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).	42

Figura 8. Porcentaje acumulado de semillas germinadas para las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%)	45
Figura 9. Porcentaje total de semillas depredadas para las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva)	48
Figura 10. Tasa de depredación de semillas ($sd\ s^{-1}$: semillas depredadas por semana) en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva)	49
Figura 11. Procesos y tiempos en la acumulación de semillas depredadas para cada especie en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%)	52
Figura 12. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva)	54
Figura 13. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas en vivero (S-40: sombra 40%, S-60= sombra 60% y S-80: sombra 80%)	55
Figura 14. Tasa de crecimiento de plántulas de las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%)	57
Figura 15. Frutos (a) y semillas de <i>Aspidosperma megalocarpon</i>	92
Figura 16. Semillas (a) de <i>Eugenia</i> sp.	92
Figura 17. Frutos (a) y semillas (b) de <i>Lonchocarpus castilloi</i>	92
Figura 18. Frutos (a) y semillas (b) de <i>Manilkara zapota</i>	93
Figura 19. Frutos y hojas (a) y semillas (b) de <i>Ormosia macrocalyx</i>	93
Figura 20. Fruto (a) y semillas de <i>Rollinia mucosa</i>	93

Figura 21. Plántula de <i>Aspidosperma megalocarpon</i> (a) que muestra germinación tipo epígea fanerocotilar con cotiledones foliáceos (eff). Plántula de <i>Eugenia</i> sp.(b) que muestra germinación tipo hipógea criptocotilar con cotiledones de reserva (hcr)	94
Figura 22. Plántula de <i>Lonchocarpus castilloi</i> (a) que muestra germinación epígea fanerocotilar con cotiledones de reserva (efr) y <i>Ormosia macrocalyx</i> (b) que muestra germinación tipo epígea fanerocotilar con cotiledones foliáceos (eff)	94
Figura 23. Plántula de <i>Manilkara zapota</i> (a) y <i>Rollinia mucosa</i> (b) que muestran germinación tipo epígea fanerocotilar con cotiledones foliáceos (eff)	94

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato para la toma de datos en el experimento en campo	88
Anexo 2. Semillas de las especies seleccionadas	92
Anexo 3. Plántulas de las especies usadas en el experimento	94
Anexo 4. Artículo sometido a la revista "Madera y Bosques"	95

Resumen

Se evaluó la germinación y sobrevivencia en campo y vivero de plántulas de *Aspidosperma megalocarpon*, *Eugenia* sp., *Lonchocarpus castilloi*, *Manilkara zapota*, *Ormosia macrocalyx* y *Rollinia mucosa*. En campo se sembraron 2,160 semillas en nueve bloques de 5m x 20m distribuidos en selva, acahual maduro y acahual joven. En vivero se experimentó con el mismo número de semillas; se sembró en sustrato comercial y charolas para vivero; distribuidas bajo sombras de 40%, 60% y 80%. Las coberturas de vegetación y los tipos de sombra no influyeron en el tiempo de latencia, tasa de germinación y crecimiento de plántulas de las especies estudiadas. Los procesos y tiempos en la acumulación de semillas depredadas estuvo determinada por las coberturas de vegetación. La acumulación de semillas germinadas fue similar en proceso y tiempo únicamente en el vivero para *A. megalocarpon*, *M. zapota*, y *L. castilloi*. En campo la cobertura de vegetación influyo en la capacidad de germinación de *M. zapota* y *O. macrocalyx*, en las tasas de depredación de semillas de *M. zapota* y *L. castilloi* y en la proporción de sobrevivencia de plántulas de todas las especies. El Aj mostró la menor capacidad de germinación (38%), la mayor depredación de semillas (32%) y la mayor sobrevivencia de plántulas (53%). En vivero no se encontró diferencia en la capacidad de germinación y sobrevivencia de plántulas; los valores promedio obtenidos son altos (76% y 74%, respectivamente). En campo los valores son menores (47% y 40%), sin embargo es alta comparada con lo reportado por otros autores. Las condiciones ambientales de las clases de cobertura vegetal analizadas mantienen condiciones ambientales adecuadas para iniciar el proceso de germinación, crecimiento y establecimiento de plántula de las especies estudiadas, lo cual permite sugerir su utilización en la rehabilitación de áreas degradadas del bosque original sembrando

semillas de manera directa, siempre y cuando se realice inmediatamente después de la recolecta. Es necesario continuar con estos estudios para promover el uso de especies nativas en la rehabilitación y restauración de bosques tropicales.

Palabras claves: capacidad de germinación, depredación, latencia de semillas, restauración, tasa de crecimiento.

1. INTRODUCCIÓN

La germinación es un proceso natural que ocurre en una semilla viable, a través del humedecimiento por la absorción de agua, respiración, síntesis de proteínas y otras actividades metabólicas (Bewley y Black 1982). El éxito de la germinación en el medio natural está determinado por factores bióticos y abióticos. Los factores bióticos más importantes son la densidad y especificidad de los enemigos naturales, tales como depredadores de semillas, patógenos (especialmente hongos) y herbívoros. Los factores abióticos más relevantes son la disponibilidad de luz, agua y nutrientes del suelo (Camacho-Cruz *et al.* 2000, Harms y Paine 2003, Patiño *et al.* 1983, Pulido 2002, Willan 1991). En el medio natural, el mecanismo de estos controles es preservar las semillas y regular la germinación de manera que coincida con períodos del año en que las condiciones ambientales son favorables para la supervivencia de las plántulas (Figuroa 2000, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1992). En consecuencia, los mecanismos de control de la germinación son una adaptación para la supervivencia natural de las especies (Hartmann y Kester 1988, Willan 1991).

La influencia del complejo de factores bióticos y abióticos sobre la germinación y establecimiento puede cambiar sobre gradientes de perturbación, algunos de estos son el aumento o disminución de dispersores y depredadores de semillas, intensidad lumínica y disponibilidad de nutrientes minerales (Tanner *et al.* 1998). Estos factores son específicos para algunas especies o géneros (Coley y Barone 1996, Novotny *et al.* 2002).

Las semillas de las diferentes especies de plantas son liberadas en un amplio rango de niveles de humedad, tasas metabólicas y variedad de mecanismos de latencia que tienen influencia en su longevidad en el suelo y en almacenamiento artificial

(Priestley 1986). Estos atributos de las semillas están cercanamente relacionados con las características del ambiente donde las plantas se desarrollan de manera natural.

La germinación y establecimiento de las semillas es el inicio de regeneración de las plantas, que en el medio natural es un proceso dinámico en el que nuevos individuos se incorporan a la población reproductiva a medida que otras desaparecen como resultado de la mortalidad natural (Harper 1977). Sin embargo, la presión del hombre sobre los bosques nativos para obtener productos tangibles o para su transformación en áreas de ganadería, agricultura y urbanización han causado la simplificación, desaparición y degradación de bosques y del ecosistema en su conjunto (Lanly 2003, Roper y Roberts 1999).

A pesar de que los procesos de germinación y establecimiento de las plántulas son de primera importancia para la regeneración de la vegetación natural, los estudios en los bosques tropicales sobre los requerimientos eco-fisiológicos de las semillas para su germinación, tanto en sus aspectos teóricos como experimentales, están en su etapa inicial de desarrollo (Figuroa 2000). Por otro lado, los planes de reforestación implementados en los trópicos americanos aun son limitados para especies nativas. Con mayor frecuencia se usan especies exóticas como eucaliptos, teca o melina, creando bosques monoespecíficos de rápido crecimiento para la producción de madera y celulosa. Estos bosques manejados desplazan totalmente a las plantas y animales nativos y a menudo son notablemente pobres en otros seres vivos aparte de los árboles plantados (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1992).

Con el presente trabajo se pretende conocer y evaluar la respuesta de germinación de semillas de seis especies forestales nativas, su depredación, sobrevivencia y crecimiento en un gradiente de perturbación de la vegetación natural,

tomando como variables, la edad de la vegetación (etapa sucesional), cobertura vegetal (cantidad de luz), humedad relativa y temperatura ambiental.

La comprensión del proceso natural de regeneración del bosque va a proveer de la información básica requerida para el manejo apropiado de este tipo de bosque que hasta ahora ha sido explotado en una forma destructiva en todo el trópico americano (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1992).

2. ANTECEDENTES

2.1 Dispersión de semillas

Guariguata y colaboradores (2002) estudiaron un bosque continuo y un paisaje de bosque fragmentado con manejo para producción maderera en el noreste de Costa Rica, en el que se evaluaron tasas de remoción, dispersión y germinación de las semillas de *Dipterix panamensis* y *Carapa guianensis*, los cuales son árboles comerciales con semillas grandes que son dispersadas por mamíferos pequeños. Se reporta que la capacidad de germinación de las semillas de ambas especies no varía entre el bosque continuo y el bosque fragmentado. La mayor remoción de las semillas de *D. panamensis* es mucho más alta en fragmentos que en selva. En la selva se encontró una mayor dispersión de estas semillas. La remoción de semillas de *C. guianensis* es uniformemente alta en los sitios estudiados y hubo una tendencia a ser dispersadas con más frecuencia en los fragmentos que en el bosque continuo.

En una investigación de especies arbóreas pioneras en Panamá, Dalling y colaboradores (2002) encontraron que la dispersión de semillas de la mayoría de las especies fue muy limitada durante los cuatro años del estudio, a excepción de aquellas especies con semillas pequeñas que presentaron alta capacidad de dispersión. Un caso extremo de la restricción de dispersión por distancia ocurrió en el castaño *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae), en la cual el fruto indehiscente cae por gravedad y es abierto por los agoutis (*Dasyprocta leporina*) que recogen las semillas, pero solo las dispersan a menos de 5 m.

Andresen (2003) probó los efectos de la fragmentación de bosques húmedos tropicales en una comunidad de escarabajos peloteros y en la dispersión de semillas arbóreas nativas del Amazonas. Encontró que éstos insectos son dispersores

secundarios importantes de semillas, las que al ser enterradas se establecieron mejor que las semillas no enterradas. La diversidad de escarabajos peloteros disminuyó notablemente en un 50% en los fragmentos de bosque, afectando potencialmente la regeneración.

Martínez-Sánchez (2004) observó durante 83 días la remoción, depredación, presencia de patógenos y germinación de semillas de 11 especies forestales incluyendo árboles, palmas y lianas, en un bosque continuo y en fragmentos de vegetación en la Reserva natural de los Tuxtlas en el sureste de México. No se encontraron diferencias en la remoción de semillas en el bosque y en el fragmento. Asimismo, se registró mayor remoción en semillas pequeñas que semillas grandes, y las tasas de remoción fueron mayores para frutos carnosos que para los frutos secos. El 5 % del total de las semillas germinó y se estableció como plántula tanto en fragmentos como en bosque continuo. El efecto natural de mortalidad de semillas por patógenos no fue de importancia.

2.2 Germinación

En la Reserva Forestal Sipapo, Venezuela, Sánchez y colaboradores (2005) consideraron dentro su estudio las características de la semilla y establecimiento en cada una de las etapas de germinación y morfología de plántulas de cocura (*Pourouma cecropiifolia*). Para tal fin realizaron pruebas *in situ* en bosque maduro y réplica del mismo en invernadero. Reportan nula germinación en invernadero y un 94% de germinación a los 26 días en las pruebas *in situ*. La semilla es considerada como recalcitrante, con germinación criptocotilar hipógea.

Sánchez y colaboradores (2003) analizaron las características de las etapas de germinación *in situ* y *ex situ* y desarrollo *in situ* de plántulas de seis especies frutales

arbóreas: temare (*Pouteria caimito*), guada (*Dacryodes microcarpa*), guamo (*Inga edulis*), pendare (*Couma macrocarpa*), copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y cocura (*Pourouma cecropiifolia*), las cuales son usadas como complemento alimenticio en algunas comunidades de Piaroa, en el Sector Norte de la Reserva Forestal Sipapo. Reportan alta germinación *in situ* (99% a 83%) con tiempo de germinación que varía entre 3 y 33 días, en invernadero la germinación varió de 96% a 0% iniciando entre los 3 y 90 días. En cuanto a la viabilidad de las semillas (método bioquímico), ésta varía de 18% a 96%. Las plántulas examinadas se clasifican en epigeas, hipógeas, criptocotilares y fanerocotilares. De acuerdo a la longevidad de las semillas, todas resultaron ser recalcitrantes. Estos autores proponen introducir estas especies en huertos tradicionales, combinándolos con yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea maiz*), pijigüao (*Bactris gasipaes*) y otros, con el fin de enriquecerlos.

Camacho-Cruz y colaboradores (2000) evaluaron la germinación de semillas y la supervivencia de plántulas de seis especies arbóreas nativas de bosques maduros en los Altos de Chiapas. Ellos encontraron que el tipo de bosque y los patrones de uso del suelo pueden afectar la regeneración del bosque y la germinación de las semillas de manera diferente. Asimismo que la depredación de semillas puede ser más intensa cuando éstas quedan expuestas en sitios abiertos, donde los roedores pueden percibir el alimento y ocupar como refugios áreas protegidas circundantes. Mencionan también que condiciones favorables para las semillas, pueden no serlo para las plántulas y juveniles.

Pereyra y Fredericksen (2002), sembraron 589 semillas de seis especies de árboles propias del bosque húmedo en Bolivia, determinaron tasas de germinación, de depredación de semillas, de sobrevivencia y de crecimiento de plántulas. Después de

15 meses de monitoreo, reportan un porcentaje mayor de germinación de mara (*Swietenia macrophylla*) en áreas no perturbadas con 70% de germinación natural a los 86 días después de su siembra. Del mismo modo, se observó una tasa de 90% de germinación en invernadero en 28 días desde su siembra. Las otras especies, incluyendo coquino (*Pouteria nemorosa*), verdolago (*Terminalia oblonga*), paquió (*Hymenaea courbaril*), yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) y azúcaró (*Spondias mombin*), no germinaron más del 10% en el campo y mostraron germinación variable en el invernadero. La germinación, en general, de las especies estudiadas fue mayor en micrositios con hojarasca (17%) con relación a áreas de suelos abiertos (4%), *Swietenia macrophylla* fue la especie que presentó la mayor germinación. Con relación a los micrositios creados por el aprovechamiento forestal, la germinación fue mayor en laderas de pistas y en áreas no-perturbadas en comparación con claros donde hubo más depredación de semillas. Por otra parte, se observó que un 22% (del promedio) de las semillas que no germinaron durante la fase del experimento, como azúcaró, coquino, y paquió, quedaron latentes y quizás aún viables. Se observó un mayor crecimiento de plántulas en bordes de claros y pistas de extracción.

En un estudio realizado a 48 especies del ambiente forestal, se concluye que la estrategia germinativa de las semillas de las especies del bosque templado- húmedo de Chile es similar a la que se encuentra en las semillas de las especies de los bosques de las zonas tropicales: germinación inmediata y escasa latencia innata. Esta es la situación contraria a la estrategia de las semillas de las especies de los bosques de las zonas templadas del hemisferio norte, donde la germinación retrasada y la latencia innata son las más frecuentes (Figueroa 2000).

Macario y colaboradores (1995) evaluaron la regeneración natural de ocho especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por la explotación forestal comercial, en Quintana Roo. La densidad y altura de las especies estudiadas en la regeneración natural se registraron en sitios seleccionados al azar, mediante el método de cuadrantes centrados en un punto. Los resultados indican que con la extracción forestal se abren claros que favorecen la incorporación y el crecimiento de cada una de las especies estudiadas. En general, la densidad no muestra diferencias significativas respecto al tipo de perturbación. Sólo *Swietenia macrophylla* y *Metopium brownei* presentaron un crecimiento significativo en el “camino” y en el “derribo-fuste”, respectivamente, con relación al testigo. Después de seis años estos claros representan una fuente importante de plántulas de especies con interés forestal, con la posibilidad de que a largo plazo, constituyan rodales dominados por dichas especies.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la germinación y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales tropicales nativas en un gradiente de perturbación en la sierra de Tenosique, Tabasco, México.

3.2 Objetivos particulares:

- Evaluar la germinación *in situ* de seis especies forestales tropicales nativas en selva, acahual maduro y acahual joven en la sierra de Tenosique, Tabasco.
- Evaluar la depredación de semillas en vegetación natural de selva, acahual maduro y acahual joven, en la sierra de Tenosique, Tabasco.
- Evaluar la sobrevivencia y crecimiento de plántulas en vegetación natural de selva, acahual joven y acahual maduro en la sierra de Tenosique, Tabasco.
- Evaluar la germinación en condiciones controladas de vivero en un gradiente de sombra de 80%, 60% y 40 % de seis especies nativas de la selva de la sierra de Tenosique, Tabasco.
- Evaluar la posible relación de las condiciones ambientales (intensidad lumínica, temperatura ambiental y del suelo, y humedad ambiental y del suelo) sobre la germinación y establecimiento de plántulas en ambientes de selva, acahual maduro y acahual joven.

4. HIPÓTESIS

- La germinación y depredación de semillas es similar en los sistemas de vegetación natural (selva, acahual maduro y acahual joven).
- La sobrevivencia y crecimiento de plántulas es semejante en sistemas naturales de vegetación (selva, acahual maduro y acahual joven).
- En condiciones controladas (vivero), la germinación, sobrevivencia y crecimiento de plántulas es semejante al proceso natural.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

5.1.1 El municipio de Tenosique

El municipio de Tenosique colinda al norte con el municipio de Balancán; al este con el municipio de Balancán y la república de Guatemala; al sur con la república de Guatemala y el estado de Chiapas; al oeste con el estado de Chiapas y el municipio de Emiliano Zapata (INEGI 2005). La extensión territorial del municipio es de 2,098.10 km², que corresponde al 7.6% del estado, que lo ubica en el 6° lugar en la escala de extensión municipal (INEGI 2000). Se encuentra en la región de Los Ríos, tiene como cabecera municipal a la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, que se ubica al sur del estado, a 17° 28.5' de latitud norte y 91° 25.6' de longitud oeste (INEGI 2005).

En el territorio municipal se encuentran los ríos Usumacinta y San Pedro Mártir. El primero tiene raudales en la parte alta como el San José, Agua Azul, Anaité y El Colorado. El San Pedro Mártir proveniente del Petén, Guatemala, se interna a territorio mexicano en éste municipio, desplazándose hacia el norte en busca del vecino municipio de Balancán donde se une al río Usumacinta (INEGI 2006).

La geomorfología de Tenosique es de bajo relieve y aislados lomeríos de escasa pendiente. En su superficie no hay elevaciones que sean representativas por su altura, excepto en la parte sur en su límite con Guatemala, donde se localiza un pequeño macizo montañoso con altitud máxima de 650 metros, lugar donde se encuentra el área de estudio en cuestión, el ejido Niños Héroe de Chapultepec (Fig. 1).

5.1.2 Localización geográfica y características del ejido Niños Héroes de Chapultepec

El ejido Niños Héroes de Chapultepec se localiza en las coordenadas $17^{\circ}16'27''\text{N}$ $91^{\circ}24'2''\text{O}$. Limita al norte con el ejido Francisco I. Madero Ríos, al Sur con Guatemala, al Este el ejido Corregidora Ortiz y al Oeste con el Río Usumacinta que sirve de límite estatal con el estado de Chiapas (Enciclopedia de los Municipios de México 2005).

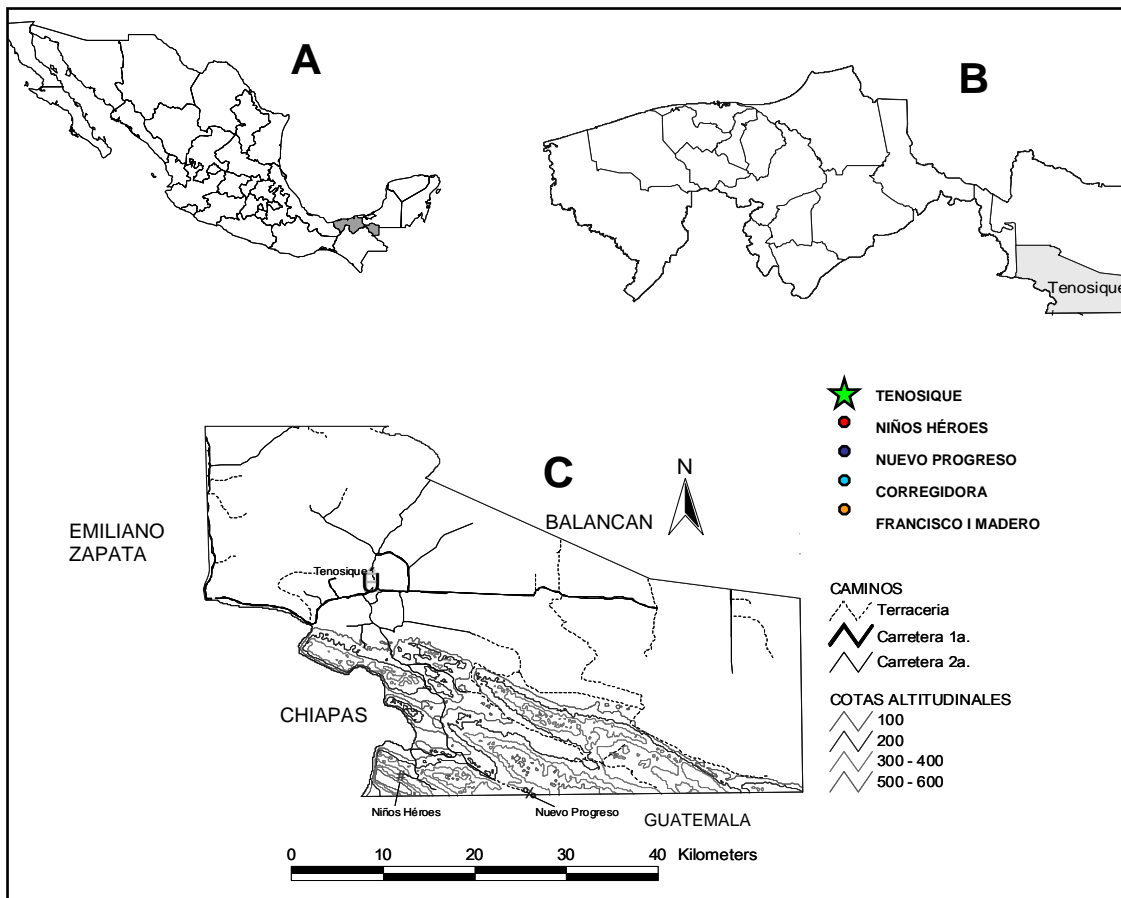


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (A. México, B. Estado de Tabasco y C. Niños Héroes de Chapultepec). Fuente: De Jong y Ochoa-Gaona 2003.

Los suelos son litosoles, con poca profundidad, limitados por estratos duros y coherentes (rocas) dentro de los primeros diez centímetros. El clima es cálido-húmedo con lluvias todo el año (Af), estas lluvias decrecen ligeramente en invierno, período en

el cual se registra el 14.4 % del total anual. La temperatura media anual oscila entre 25.4°C y 26.9°C. El régimen de precipitación alcanza 3,286 mm anuales, con un promedio máximo mensual de 400 mm en septiembre y un mínimo mensual de 50 mm en abril. Las mayores velocidades del viento se registran en el noviembre cuando alcanzan los 30 km/h (Enciclopedia de los Municipios de México 2005).

En esta zona se encuentran remanentes de selva media perennifolia (Ochoa-Gaona *et al.* 2008a), con árboles de más de 30 m de altura; esta vegetación ha sufrido una tala intensiva en favor de la ganadería. Tenosique es famoso en la región por sus maderas tintóreas y preciosas, como cedro, caoba y macuilí, entre otras especies. Constituye uno de los últimos refugios de la fauna tropical del país, ya que todavía sobreviven el venado, el tucán, el armadillo, el mono, el tepezcuintle, el puerco de monte, entre otras especies (Enciclopedia de los Municipios de México 2005).

5.2 Selección de especies y colecta de semillas

Se experimentó con seis especies forestales nativas que se seleccionaron de acuerdo a su importancia local (Apartado 6), estado sucesional y disponibilidad de semillas al momento de iniciar el experimento (Cuadro 1). Para conocer lo anterior se realizaron entrevistas informales a los pobladores de la comunidad (Arriaga *et al.* 1994) y se apoyo con revisión de bibliografía especializada (Ochoa-Gaona *et al.* 2008a, 2008b, 2008c, OFI-CATIE 2003, Pennington y Sarukhán 2005).

Para obtener las semillas se colectaron frutos maduros directamente del árbol y en menor medida frutos y semillas frescas del suelo (Apartado 6). Se siguieron las

recomendaciones de FAO-DANINA (Willan 1991) para la colecta y conservación de semillas.

Cuadro 1. Características de las especies usadas en el experimento de germinación, depredación de semillas y sobrevivencia de plántulas.

Nombre común y científico*	Familia	Estado sucesional**	Tipo de fruto***
Bayo (<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Müll. Arg.)	Apocynaceae	Selva	Seco
Escobillo (<i>Eugenia</i> sp.)	Myrtaceae	Pionero tardío	Carnoso
Machiche (<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.)	Fabaceae	Pionero tardío	Seco
Chicozapote (<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen)	Sapotaceae	Selva	Carnoso
Caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke)	Fabaceae	Pionero tardío	Seco
Anona de montaña (<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.)	Annonaceae	Selva	Carnoso

* <http://www.tropicos.org/>

** Ibarra-Manríquez *et al.* 2001, Pennington y Sarukhán 2005.

** OFI-CATIE 2003, Pennington y Sarukhán 2005.

Los periodos de colecta se ajustaron a la disponibilidad de frutos maduros para obtener las semillas, por lo que las fechas y periodos de colecta y siembra de semillas fueron variables en cada especie. Las semillas se sembraron inmediatamente en cuanto se obtuvo el número suficiente para el experimento en campo y vivero (Cuadro 2). Se aplicó una prueba de flotación para tener la certeza de trabajar con semillas viables al momento de iniciar el experimento.

Cuadro 2. Periodo de colecta y fecha de siembra de semillas en el experimento en campo en Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva y en vivero en S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%.

Especie	Periodo de colecta	Fecha de siembra en campo	Fecha de siembra en vivero
<i>A. megalocarpon</i> , <i>L. castilloi</i> y <i>M. zapota</i>	25-28 feb-08*	01-mar-08 en Sv*, 02-mar-08 en Aj y Am*	29 feb-08 en S-40, S-60 y S-80*
<i>Eugenia</i> sp.	26-feb-08 al 04-mar-08	05-mar-08 en Aj, Am y Sv	07 mar-08 en S-40, S-60 y S-80
<i>O. macrocalyx</i>	04- 07-mar-08	08-mar-08 en Aj, Am y Sv	09-mar-08 en S-40, S-60 y S-80
<i>R. mucosa</i>	08 - 11-mar-08	12-mar-08 en Aj, Am y Sv	13-mar-08 en S-40, S-60 y S-80

*La fecha corresponde para las semillas de las tres especies.

5.3 Establecimiento del experimento en campo y vivero

Con base en la metodología utilizada por Pereyra y Fredericksen (2002) y adaptada a nuestro caso, se establecieron en vegetación natural nueve bloques experimentales de 20 m x 5 m cada uno, distribuidos en acahual joven (Aj) de 8 años, acahual maduro (Am) de 25 años y selva (Sv) mas de 100 años (Hernández 1992). Los bloques del mismo tipo de vegetación se establecieron a una distancia mínima de 20 m entre cada uno. En cada bloque se sembraron al azar 40 semillas de cada especie en 20 puntos de siembra (dos semillas por punto) con separación de un metro entre puntos. Las semillas se cubrieron completamente con ± 1 cm de suelo. En total en la vegetación natural se sembraron 2,160 semillas de las seis especies en los tres tipos de cobertura vegetal, que equivalen a 720 semillas por tipo de cobertura vegetal y 240

semillas por bloque. En el cuadro 3 se presentan las características generales de cada cobertura vegetal.

Para evitar el efecto de borde en el experimento (Harper *et al.* 2005), los bloques del Aj y Am se establecieron a más de 184 m del límite de la vegetación adyacente (Didham y Lawton 1999) y a 94 m para la Sv (Newmark 2001).

Al centro de cada bloque de muestreo se midieron las siguientes variables ambientales:

a) Humedad del suelo, se midió con un tensiómetro marca “QUICK DRAW Soilmoisture probe”, modelo 2900 FI. El registro de datos se hizo cada semana.

b) Temperatura y humedad ambiental, se midieron con HOBO (Onset, Computer Corporation), los cuales se programaron (software BOXCAR 3.6) para que registrara datos cada hora después de iniciado el experimento.

c) Radiación total bajo el dosel y radiación directa bajo el dosel en cada tipo de vegetación (Roxburgh y Kelly 1995), esta se obtuvo por medio de tres fotografías hemisféricas de cada tipo de vegetación, tomadas a 1 m de altura sobre el nivel del suelo al centro de cada bloque de muestreo, para lo cual se usó una cámara digital marca Nikon COOL PIX 8400 con 8.0 Mega pixel, con convertidor de ojo de pescado (Fisheye) FCE9 0.2X. El instrumental fue montado sobre un auto-nivelador que permitió mantener el equipo en forma horizontal. Las fotografías fueron tomadas bajo condiciones de cielo completamente cubierto con el objetivo de optimizar el contraste entre el follaje y el cielo (Cabrelli *et al.* 2006). Las fotografías obtenidas se procesaron y analizaron con el software Hemiview Canopy Versión 2.1 SR1 (HemiView 1999).

Cuadro 3. Características físicas, composición florística y estructura de las coberturas de vegetación en los sitios experimentales.

	Selva (Sv)	Acahual maduro (Am)	Acahual joven (Aj)
Altitud (msnm)	460	480	534
Pendiente (°)	14	26	7
Profundidad del suelo (m)	0.30	0.60	>1.0
Rocas emergidas (%)	25	27	10
Hojarasca en el suelo (%)	100	85	70
Grosor hojarasca (cm)	6	4	2.5
Altura de vegetación (m)	35	25	7
Estratos presentes	4	4	2
Especies dominantes			
Selva	<i>Manilkara zapota, Pouteria campechiana, Brosimum alicastrum, Pouteria reticulata, Alseis yucatanencis, Simira salvadorensis.</i>		
Acahual maduro	<i>Aspidosperma megalocarpon, Quararibea funebris, Brosimum alicastrum, Alseys yucatanensis, Pouteria campechiana, Sebastiania tuerckheimiana.</i>		
Acahual joven	<i>Heliocarpus donnell-smithii Trichospermum mexicanum, Cecropia obtusifolia, Trema micrantha, Lonchocarpus castilloi, Terminalia amazonia.</i>		

El experimento en vivero se realizó cerca del poblado en un área comunal destinada para el cultivo de plantas; en este sitio se armaron tres estructuras de metal de 3 m de largo, 3 m de ancho y 2.5 de alto las cuales estuvieron cubiertas totalmente con malla de 40% sombra (S-40), de 60% de sombra (S-60) y de 80% de sombra (S-80) respectivamente. Se sembró la misma cantidad de semillas que en el experimento en campo, las semillas se distribuyeron equitativamente en las tres clases de malla sombra.

Se usaron charolas de germinación COPPER BLOCK 60/220 ml (60 hoyos de 220 ml cada uno) y se usó sustrato comercial CRECI ROOT. Una vez sembradas las semillas se regaron cada día con el fin de determinar la germinación máxima en condiciones controladas de luz y humedad constante.

5.4 Registro de datos

El experimento se efectuó a lo largo de seis meses (01 de marzo al 30 de agosto de 2008). Se registraron datos 20 días seguidos después de la siembra de cada especie, posteriormente cada ocho días y los últimos cuatro registros se realizaron cada 15 días.

En el experimento en campo y vivero se monitoreó la geminación de semillas, la sobrevivencia y crecimiento de plántulas. Sólo en el experimento en campo se registró la depredación de semillas, dado que las semillas sembradas en vivero no estuvieron expuestas a este fenómeno natural.

A cada semilla sembrada se le asignó una clave que se anotó en el formato de campo (Anexo 1) y se anotó la clave en un popote plástico que se colocó junto al hoyo de siembra correspondiente para identificar la especie de la semilla, fecha de siembra, tipo de vegetación o tipo de malla sombra y número de bloque experimental.

Para considerar una semilla como germinada se utilizó la descripción del proceso de germinación realizada por Vázquez-Yanes y colaboradores (1997), en la que se consideran tres etapas sucesivas en el proceso de germinación de semillas que se superponen parcialmente: 1) la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa; 2) el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las

regiones en crecimiento del embrión, y 3) el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En este trabajo se consideró como germinación exitosa a las semillas que se encontraron en el inicio de la tercera etapa de la germinación.

Se consideró una semilla depredada aquella que aún no había germinado cuando se observó daño total o parcial en su estructura, ya sea en la testa, endospermo o en los cotiledones causado por hongos y fauna (Guariguata y Ostertag 2002).

Se consideró plántula cuando se evidenció la emergencia de la plúmula en las semillas germinadas (Vázquez-Yanes *et al.* 1997); una plántula se consideró depredada cuando se registraron daños en más del 60% de su estructura (hojas cotiledonarias, plúmula, o tallo y yema apical, Foster 2008, Pereyra y Fredericksen 2002). El registro del crecimiento de plántulas se hizo con los individuos sobrevivientes. La altura se midió desde el suelo hasta la yema apical de cada plántula (Sánchez *et al.* 2003).

El tipo de germinación de las plántulas se basó en la posición, exposición y función de los cotiledones, siguiendo la clasificación propuesta por Garwood (1996). Este autor, hace referencia de los términos epigeos e hipogeos como la posición de cotiledones arriba y abajo nivel del suelo, respectivamente. Los términos fanerocotilar y criptocotilar se refieren a los cotiledones expuestos y ocultos, respectivamente. Funcionalmente, los cotiledones pueden estar como hoja verde (cotiledones foliáceos o fotosintéticos) o como órgano de reserva de energía que la plántula absorbe durante el proceso de germinación. Aunque se pueden tener ocho posibles tipos de plántulas combinando estos criterios, solamente cinco tipos de plántulas son biológicamente posibles (Ibarra-Manríquez *et al.* 2001).

1- Epigea fanerocotilar con los cotiledones foliáceos.

2- Epigea fanerocotilar con reserva en cotiledones.

3- Hipógea fanerocotilar con reserva en cotiledones.

4- Hipógea criptocotilar con reserva en cotiledones.

5- Epigea criptocotilar con reserva en cotiledones.

Apoyados en bibliografía especializada se realizó la descripción de las especies, donde se considera la distribución geográfica, ecología, porte del árbol, corteza, hojas, flores, frutos y usos (Aguilar y Aguilar 1992, Foster 2008, Foster y Delay 1998, Geilfus 1994, Ochoa-Gaona *et al.* 2008a, Ochoa Gaona *et al.* 2008b, Ochoa Gaona *et al.* 2008c, OFI-CATIE 2003, Pennington y Sarukhán 2005).

5.5 Procesamiento de datos

Para cada especie en cada tipo de cobertura vegetal y tipo de sombra se obtuvieron las siguientes variables:

a) Tiempo de latencia de semillas (número de días transcurridos a partir de la siembra hasta el registro de la primera semilla germinada, Arriaga *et al.* 1994).

b) Capacidad de germinación (porcentaje total de semillas germinadas, Arriaga *et al.* 1994), y tasa media de germinación (sg s^{-1} semillas germinadas por semana, Martínez-Sánchez 2004).

c) Porcentaje de semillas depredadas y la tasa media depredación (sd s^{-1} , semillas depredadas por semana, Martínez-Sánchez 2004)

d) Porcentaje de sobrevivencia de plántulas (Arriaga *et al.* 1994).

e) Tasa media de crecimiento de plántulas (cm s^{-1} , crecimiento de plántulas por semana, Martínez-Sánchez 2004).

5.6 Análisis estadístico

Para comparar el comportamiento de cada especie en los tipos de cobertura vegetal y las clases de sombra se aplicó Ji-cuadrada (X^2) a cada variable antes mencionada. Una vez probada la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas, se aplicó un análisis de varianza unifactorial (ANDEVA de una vía) para comparar entre especies la misma variable en el mismo experimento. Se aplicó la misma prueba para comparar el comportamiento de cada especie por variable en ambos experimentos (Zar 1999).

Para comparar los procesos de germinación y depredación de semillas de cada especie en las clases de sombra y cobertura vegetal se aplicó una prueba de Homogeneidad de curvas. Cuando se detectaron procesos similares se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA) para saber si los procesos diferían en los tiempos (Zar 1999).

Se aplicó ANDEVA unifactorial a las variables ambientales medidas (humedad en el suelo, intensidad de luz, temperatura y humedad ambiental) en cada una de las clases de cobertura vegetal. Se usó el software STATISTICA versión 7 para correr los análisis estadísticos. A los datos en porcentaje que no fueron normales se calculó el arcoseno para normalizarlos y a los datos expresados en tasas se les aplicó logaritmo natural (Zar 1999).

6. USOS LOCALES Y COLECTA DE SEMILLAS EN LAS ESPECIES

SELECCIONADAS

Bayo (*Aspidosperma megalocarpon*): Se usan árboles maduros con d.a.p. (diámetro a la altura del pecho) mayor a 40 cm para obtener tablas, vigas y tijeras para la construcción de casas. Las semillas se obtuvieron de frutas colectadas directamente del árbol.

Escobillo (*Eugenia* sp.): Se usa el árbol en rollizo para vigas y tijeras de casas. La obtención de semillas se realizó mediante la colecta de semillas y frutos directamente del suelo.

Machiche (*Lonchocarpus castilloi*): El árbol en rollizo se usa para postes en cercos de alambre, en potreros se usa el árbol como sombra para el ganado. Además se usa para leña. Se colectaron frutos directamente del árbol para obtener las semillas.

Chicozapote (*Manilkara zapota*): Árbol con múltiples usos, la madera aserrada se usa para postes en cercos de alambre, como postes y alfardas en corrales para ganado. En la construcción de casas se usa como horcones, también se usa la madera para leña, los frutos son bastante apreciados como alimento. Las semillas se obtuvieron de frutos frescos que se colectaron del suelo.

Caracolillo (*Ormosia macrocalyx*): Se usa como sombra para ganado en los potreros, en menor medida se usa para postes en rollizo. La madera aserrada se usa para vigas en construcciones de casas. Se colectaron semillas directamente del árbol.

Anona de montaña (*Rollinia mucosa*): Es un árbol que se usa como ornamento en patios y jardines, los frutos son comestibles. Se colectaron frutos directamente del árbol para obtener las semillas.

7. ECOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESPECIES USADAS

7.1 *Aspidosperma megalocarpon* Müll. Arg.

Familia: Apocynaceae

Nombre común: bayo

Ecología y distribución: Forma parte de selvas altas perennifolias y subperennifolias, medianas subperennifolias y subcaducifolias, en suelos de origen calizo, ígneo o metamórfico. Se distribuye en la vertiente del Golfo desde el centro de Veracruz, al norte de la sierra de Naolinco, hasta el norte de Chiapas y la porción sur de la península de Yucatán en Campeche y Quintana Roo; en la vertiente del Pacífico, de Guerrero a Chiapas (Pennington y Sarukhán 2005).

Porte: Árbol monopódico de hasta 40 m y 80 cm de d.a.p.; tronco muy recto y ramas horizontales o ascendentes situadas muy arriba del tronco dejando un fuste limpio; copa redondeada o piramidal

Corteza: Externa lisa o ligeramente fisurada en pequeñas piezas cuadradas, gris pardusca, interna color crema amarillento, granulosa, con abundante exudado blanco.

Hojas: Estípulas ausentes. Hojas alternas, simples, láminas de 7.5 x 2.5 a 14 x 5.8 cm, oblongo-lanceoladas o elípticas, con el margen entero, ápice agudo, base aguda o redondeada a veces ligeramente decurrente; verde oscuro y brillante en el haz y verde grisáceo en el envés.

Flores: En panículas amplias axilares o laterales, de 2 a 3 cm de largo, flores fragantes, actinomorfas, cáliz verde grisáceo, corola amarilla clara; estambres 5, con 5 anteras amarillentas, ovario súpero, bicarpelar, biloculares, multiovulares.

Frutos: Folículos geminados, de 12 x 10 cm, aplastados, ampliamente oblongos o casi orbiculares, de color verde oscuro o amarillento en la superficie externa.

Semillas: El fruto contiene numerosas semillas orbiculares, papiráceas, de 7 a 7.5 cm de diámetro incluyendo el ala periférica, blancas a amarillentas (Niembro 1988, Pennington y Sarukhán 2005, Anexo 2).

Usos: Se reporta que se usa un poco para la producción de chapa o para madera aserrada y especialmente para la fabricación de durmientes; sus características de aserrado y secado son buenas pero se raja fácilmente con los clavos. Un uso futuro adecuado para la madera de esta especie sería la fabricación de chapa para madera terciada y duelas (Pennington y Sarukhán 2005).

7.2 *Eugenia* sp.

Familia: Myrtaceae

Nombre común: hasta bandera, palo blanco.

Ecología: Especie preferente de acahuales maduros, ocupando el estrato medio.

Porte: Árbol de 10 a 15 m de altura, con d.a.p. de hasta 20 cm, fuste recto, sin bifurcación, corteza lisa, color blancuzco.

Hojas: Hojas simples opuestas con glándulas traslucidas, lámina aproximadamente de 9 cm de largo por 3.5 cm de ancho, oblongas, borde entero, con ápice agudo, base aguda.

Flores: En racimos axilares, de color blanca.

Frutos: Globoso, color verde cuando están tiernas que cambia a color marrón al madurar, mesocarpio delgado.

Semillas: Una semilla por fruto, esférica de color café claro, de 0.8 mm de diámetro, testa dura (Anexo 2).

7.3 *Lonchocarpus castilloi* Standl.

Familia: Fabaceae

Nombres comunes: machiche, gusano

Ecología y distribución: Especie del bosque húmedo subtropical. Común en bosques pantanosos por encima de los 200 m hasta los 500 m en Belice y 700 m en Chiapas (México). Habitualmente en suelos someros, de tipo calizo, y menos abundante en suelos profundos derivados de margas calcáreas. Es una especie de etapas avanzadas del bosque secundario, donde muestra gran abundancia y excelente regeneración. Es nativo de México y Centro América, en Guatemala se encuentra en los departamentos de Quiché, Alta Verapaz, Izabal, Petén (OFI-CATIE 2003).

Porte: Árbol pequeño o muy corpulento, de 30 a 40 metros de altura y con un diámetro de 40 a 100 cm a la altura del pecho, fuste recto, pero en ocasiones se bifurca. Copa con ramillas casi glabras. Corteza escamosa en piezas papiráceas, color café, grisácea o amarillenta.

Hojas: Compuestas, imparipinnadas, de raquis acanalado, con estípulas filiformes y caducas, con 5 a 15 pares de folíolos opuestos, coriáceos, peciolados, anchamente oblongo-oblancoleados u oblongos, de 3 - 7 mm de ancho, suelen ser más largos y anchos en ramillas estériles, obtusos o casi atenuados en el ápice y cuneados a obtusos en la base, glabros en el haz y pelos cortos adpresos en el envés, margen marcadamente revoluto.

Flores: De 1 cm de largo color púrpura brillante, colocadas en racimos multifloreos y axilares, raquis finamente seríceo, pedicelos 2 - 4 mm de largo, cáliz de 4 mm de ancho, dentado, el inferior más grande, tan largo como el ancho, color café seríceo, el estandarte densamente seríceo en el exterior (Aguilar y Aguilar 1992).

Fruto: Legumbre de 7 - 10 cm de largo, 2 - 3 cm de ancho, glabra o finamente serícea, plana con ambos márgenes delgados agudos (Aguilar y Aguilar 1992).

Semillas: De 1 a 3 por fruto, reniformes de color café claro, de 5 mm de largo x 3 mm de ancho, maduran de agosto a diciembre (Aguilar y Aguilar 1992, Pennington y Sarukhán 2005, Anexo 2).

Usos: La dureza y trabajabilidad de esta madera hace tener usos similares a lo largo de su distribución en América Central. Tradicionalmente, se usaba para yugos y ejes de carretas. Actualmente sus usos principales son aquellos en que no es necesario mucho trabajo de la madera, como construcción en general y rústica, donde el acabado y niveles de carpintería empleados no sean muy elevados. También se aprecia como leña, para estacas y postes de cercos. Tiene gran potencial para pisos industriales y decorativos usando la adecuada tecnología. También se pueden usar para mangos de herramientas. En general, la madera es demasiado dura y pesada para contrachapado. En ocasiones, cuando el grano lo permite y la operación es fácil, o bien se dispone de maquinaria adecuada, se usa para muebles de hermosos veteados u otras aplicaciones. La madera es muy apreciada en México para embarcaciones de calado medio y aunque se puede obtener chapa de ella, esta no es de muy buenas características, contiene una sustancia tóxica llamada rotenona, con propiedades insecticidas (OFI-CATIE 2003).

7.4 *Manilkara zapota* (L.) P. Royen

Familia: Sapotaceae

Nombres comunes: chicozapote, níspero, níspero chicle, níspero de castilla, sapolilla, zapote, zapotillo.

Ecología y distribución: Es un componente importante de los bosques tropicales cálidos, húmedos y subhúmedos, algunas veces formando grupos extensos. Ocurre por lo general en sitios de 0 a 900 msnm, en ocasiones hasta 1200 m (en México), con temperaturas medias de 26°C, máximas de 37°C y mínimas de 15°C, y precipitaciones de 750 a 2700 mm, preferiblemente bien distribuidas a lo largo del año. No es muy exigente en suelos, creciendo en suelos calizos, rocosos, arenosos a arcillosos, salinos e infértiles, aunque las mejores producciones se logran en suelos francos, profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica. Cuando ocurre en bosques caducifolios, está restringida a suelos húmedos. En suelos arenosos tiende a ser arrancado por el viento y no crece bien en suelos arcillosos pesados (OFI-CATIE 2003, Pennington y Sarukhán 2005).

Debido a que se distribuyó desde tiempos antiguos, su origen exacto no es muy claro. Se cree que es originario desde el sur de México hasta algún punto en América Central, que en diferentes reportes se indica como Guatemala, Honduras, Nicaragua o Costa Rica. Posteriormente fue llevado a las Antillas y al resto del mundo tropical. Es abundante en la zona del Petén de Guatemala, donde es común encontrar hasta 50 árboles silvestres adultos por hectárea (Geilfus 1994).

Porte: Árbol siempre verde que puede alcanzar hasta 40 m de altura y 150 cm de d.a.p.; fuste generalmente recto, cilíndrico, con acanaladuras en la parte inferior.

Copa: Ancha, baja, densa e irregular, con numerosas ramas gruesas y horizontales, ramitas lenticeladas, con muchas cicatrices de las hojas caídas.

Corteza: Café con manchas grisáceas, fisurada a manera de malla, se exfolia en placas rectangulares. La corteza interna es color rosado cremoso, fibrosa, amarga, y exuda un látex blanco pegajoso.

Hojas: Simples, alternas, de 5.5-18 x 2-7 cm, elípticas a oblongas, con ápice agudo u obtuso, glabras, agrupadas hacia las puntas de las ramas.

Flores: Blancas, con aroma dulce, de forma acampanada, solitarias y axilares, con pedicelos de 1.4- 1.7 cm y corola de 1 cm de largo.

Frutos: Bayas redondeadas, ovoides o globosas de hasta 10 cm de diámetro, ásperas, pardas a marrón rojizas cuando maduran, con pulpa rojiza, carnosa y jugosa, muy dulce, con savia lechosa, conservan los restos del cáliz.

Semillas: Cada fruto contienen cinco semillas aplanadas pero pueden ser hasta 12, de color café a negro, lisas, lustrosas, de 16-24 x 8-16 mm, dispuestas en estrella, con un hilo ancho blanco o cremoso (Pennington y Sarukhán 2005, Anexo 2).

Usos: La madera tiene gran dureza y resistencia, y se puede usar en estructuras en general, durmientes, puentes, polines pesados, construcciones marinas, quillas de botes dobladas al vapor, pisos, parquet, mangos de herramientas e implementos agrícolas, lanzaderas para la industria textil, partes de vehículos, construcciones rurales, muebles de lujo. También se recomienda para artesanías, artículos deportivos, partes de instrumentos musicales, pisos de fábricas y auditorios. El látex, conocido como chicle, se utilizó extensamente en el pasado como materia prima para la fabricación de goma de mascar, aunque por los años 70 fue sustituido por productos sintéticos. Actualmente se sigue usando para este fin en menor escala en Guatemala, México y Venezuela, pero principalmente para fabricar adhesivos, pinturas y barnices resistentes al agua, y aislantes en los cables de conducción eléctrica. Los taninos de la corteza son usados para teñir pieles y otros materiales. La corteza y las hojas tienen propiedades astringentes. La corteza en polvo en infusión con miel se utiliza como febrífuga. Las semillas pulverizadas se usan contra mordeduras de animales

venenosos, y mezcladas con agua se toman como diurético. La decocción de las hojas se toma para la fiebre, hemorragias, heridas y úlceras, y aplicadas en compresas contra la neuralgia. La decocción de hojas amarillentas viejas se toma contra la tos, gripe y diarrea. En México, la infusión de la semilla pulverizada se usa como sedante. La decocción de las hojas, mezclada con hojas de chayote (*Sechium edule*) y endulzada se toma diariamente para bajar la presión arterial. Las flores son una buena fuente de néctar para la producción de miel (Geilfus 1994).

La madera es de excelente calidad, muy dura, pesada ($GE=0.72-0.86 \text{ g/cm}^3$) y muy durable bajo condiciones ambientales adversas. En algunas ruinas de los Mayas se han encontrado vigas intactas de esta madera. La albura es de color rosado cremosa o pardo pálido. El duramen es pardo rojizo oscuro, con anillos de crecimiento bien demarcados por bandas finas y oscuras. El grano es recto o entrecruzado, la textura media y uniforme, sin lustre ni figura. Fácil de aserrar, da un acabado fino aunque puede presentar grano mechudo en ocasiones. No tiene olor ni sabor característicos. El secado al aire es moderadamente lento, pero la madera seca con torceduras leves. Los frutos son comestibles y muy apreciados por su agradable sabor, se consumen crudos, en batidos, helados, en conservas, mermeladas o fritos. También se usan en la preparación de biscochos. El jugo hervido se puede usar como almíbar, o fermentado para producir vino o vinagre. En Cuba se desarrolló una variedad sin semillas y en algunos países se han desarrollado cultivares altamente productivos. Los frutos son altamente perecederos, por lo que se recomienda su almacenaje en frío. El fruto contiene en promedio 14% de azúcar, es rico en calcio (28 mg/100g), en hierro (2 mg) y en fósforo (27 mg; Geilfus 1994).

7.5 *Ormosia macrocalyx* Ducke

Familia: Fabaceae

Nombres comunes: caracolillo, colorín

Ecología y distribución: Se distribuye en el sureste de México, hasta Brasil y Perú, esta especie crece a bajas y medianas elevaciones en bosques húmedos o muy húmedos (Foster 2008, Foster y Delay 1998).

Porte: Árbol de 12-23 m de altura y de 35-60 cm d.a.p.; a veces con pequeños contrafuertes; ramas jóvenes esparcidamente blanco-seríceas, glabras.

Corteza: externa café amarillenta, moderadamente lisa. Albura blanca amarillenta. El corte de la madera con olor a chícharo.

Hojas: Con dos estípulas. Compuestas imparipinnadas, alternas, con 7 folíolos largopeciados, de 6-12 cm de largo por 3-4 cm de ancho, oblongos u ovado oblongos; ápice obtuso, base redondeada o muy obtusa, casi glabros; nervaduras más o menos prominentes en ambas superficies.

Flores: Panículas terminales con racimos laxos, las ramas densamente gris-seríceas, flores zigomorfas, cáliz densamente seríceo, agudo en la base.

Frutos: Vainas de color castaño o negruzco, de 2.5 cm de ancho, con constricciones entre las semillas, glabras con la edad, las valvas leñosas, sus márgenes engrosados y acostillados.

Semillas: De 1 a 2 semillas por fruto, de color escarlata, de 1 cm de largo, muy lustrosas (Anexo 2).

Usos: Usada en construcciones y también para canoas (Ochoa-Gaona *et al.* 2008c).

7.6 *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill.

Familia: Annonaceae

Nombre común: anona de montaña, anona babosa, anonita

Ecología y distribución: Se encuentra desde México hasta Panamá, en climas tropicales con estación seca larga. Frecuentemente en vegetación secundaria avanzada. Entre los 30-800 m de altitud.

Porte: Árbol de 6-13 cm; ramillas glabras o corto-pubescentes.

Corteza: Interna blanca o amarillo pálido.

Hojas: Simples, alternas, dísticas, de 10-24 x 4-8.5 cm, obovadas a oblongo-elípticas o lanceolado-oblongas; ápice cuspidado-acuminado; nervaduras numerosas que dan a la hoja una apariencia corrugada.

Flores: Opuestas a las hojas, 1-3 por nudo; los tres sépalos externos grandes, en forma de espuela o hélice, hasta de 2 cm de ancho, verdes o verde rojizo, con pubescencia ferrugíneo tomentosa.

Frutos: Agregados (sincárpicos), globosos o subglobosos, de superficie tuberculada, de 6-10 cm de largo. Amarillos cuando maduros, cada carpelo con una semilla ovoide, aplanada, negra o parda, de 1 cm de largo (Ochoa-Gaona *et al.* 2008c, Anexo 2).

Usos: Localmente se aprecian por su fruto comestible y como árbol ornamental (Ochoa-Gaona *et al.* 2008c).

8. RESULTADOS

8.1 Diferencias microclimáticas en los tipos de cobertura vegetal

8.1.1 Humedad del suelo

La humedad del suelo fue similar en los tres tipos de cobertura vegetal ($F=0.21$, $p=0.81$). La menor humedad en las tres clases de cobertura vegetal se presentó entre marzo (20 centibares) y mayo (26 centibares). La mayor humedad se registró entre junio (9 centibares) y agosto (12 centibares; Fig. 2).

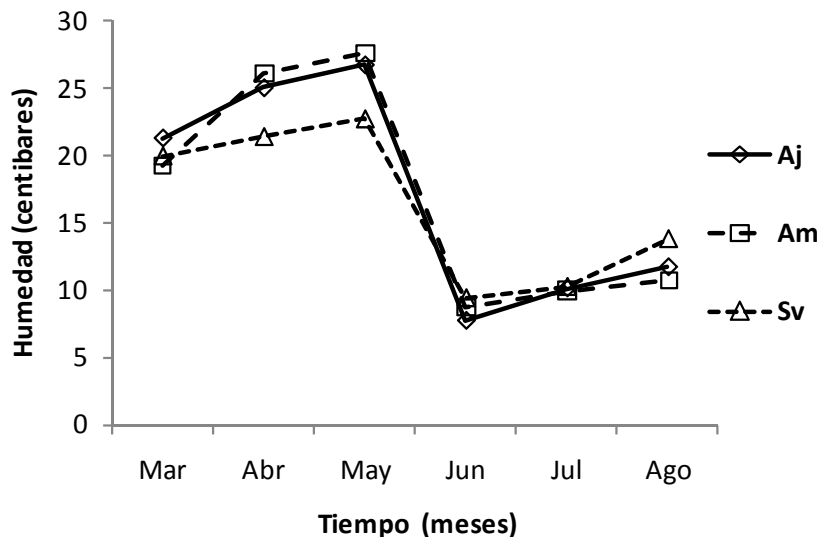


Figura 2. Humedad del suelo en los tres tipos de cobertura vegetal en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva). Valores entre 0-10 exceso de agua para el crecimiento de las plantas; entre 10 a 40 suficiente humedad para un crecimiento saludable de las plantas en suelos no arenosos.

8.1.2 Temperatura y humedad ambiental

La temperatura ambiental no varió significativamente en los tres tipos de cobertura vegetal ($F=0.008$, $p=0.99$). La temperatura promedio más alta se registró en mayo para los tres tipos de cobertura vegetal (25.8°C) y la más baja en marzo (21.9°C). Aunque no hubo diferencias estadísticas se logro observar que las mayores variaciones

de temperatura se presentaron en el Aj (máxima: 38.3°C, en mayo y mínima: 15.4°C en abril; Fig. 3a).

La humedad ambiental promedio fue diferente para cada tipo de vegetación ($F=19.03$, $p=0.001$). Se presentó mayor humedad ambiental en la Sv con valores medios constantes arriba del 80% a lo largo de los seis meses de muestreo. El Aj presentó la menor humedad ambiental durante el experimento, mostrando los valores más bajos en el mes de mayo (promedio 44%; Fig. 3b).

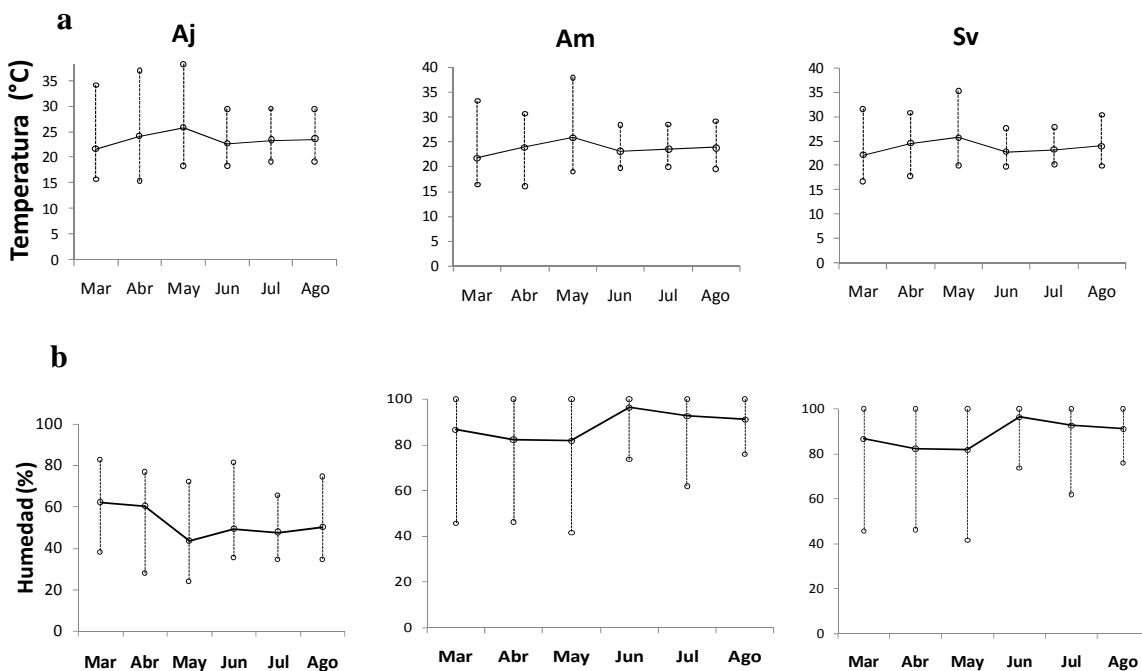


Figura 3. Temperatura ambiental (a) y humedad relativa (b) en las tres clases de cobertura vegetal en el experimento en campo, Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva; la línea horizontal indica el promedio mensual y los puntos extremos indican los valores máximos y mínimos respectivamente registrados durante el mes.

8.1.3 Radiación solar

La radiación solar total bajo el dosel y la radiación solar directa fue diferente para cada tipo de cobertura vegetal ($F=10.91$, $p=0.01$ y $F=4.51$, $p=0.03$, respectivamente).

Los valores fueron mayores en Aj y menores en la Sv (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de radiación solar total bajo el dosel (luz directa más luz difusa) y radiación directa en campo en las clases de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	Radiación total (MJ m ² año ⁻¹)	% de área que recibe luz directa
Acahual joven	7599	72.1
Acahual maduro	6065	62.6
Selva	5478	51.4

8.2 Germinación de semillas

8.2.1 Tipo de germinación

Se encontró que *A. megalocarpon*, *M. zapota*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa* tienen germinación epigea fanerocotilar con cotiledones foliáceos, *Eugenia* sp. mostró germinación hipógea criptocotilar con cotiledones de reserva, *L. castilloi* tiene germinación epigea fanerocotilar con cotiledones de reserva (Anexo 3).

8.2.2 Tiempo de latencia de semillas

No se encontraron diferencias en los tiempos de ruptura de latencia de las seis especies evaluadas entre el Aj, Am y la Sv (Cuadro 5), pero el tiempo de ruptura de latencia de cada especie fue significativamente diferente ($F=73.71$, $p<0.001$). *L. castilloi* presentó menor tiempo de latencia, seguida de *O. macrocalyx*, mientras que *Eugenia* sp. mostró el mayor valor (Fig. 4).

En el vivero, la proporción de sombra no influyó en el tiempo de ruptura de latencia de cinco especies (*A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa*). *Eugenia* sp. fue la única especie que mostró diferencias significativas en el tiempo de latencia bajo S-80 (91 días) con relación a S-40 y S-60 (123 días en cada una, Cuadro 6).

Cuadro 5. Ji-cuadrada que compara el tiempo de latencia de semillas en el experimento en campo para las seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am		Sv-Aj		Am-Sv	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	0.03	<0.87	0.24	<0.62	0.11	<0.73
<i>Eugenia</i> sp.	0.00	<1.00	0.91	<0.33	0.91	<0.33
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.08	<0.78	1.0	<0.31	1.63	<0.21
<i>Manilkara zapota</i>	3.55	<0.05	3.55	<0.05	0.00	<1.0
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.39	<0.53	0.16	<0.68	0.04	<0.82
<i>Rollinia mucosa</i>	0.00	<1.0	1.81	<0.17	1.81	<0.17

*gl=1

La ruptura de latencia de semillas del experimento en vivero fue variable para cada especie, (F=158.5, p<0.001). Al igual que en la evaluación en campo, en vivero *L. castilloi* y *O. macrocalyx* mostraron menor tiempo de latencia (S-40=7 y 10 días, S-60=8 y 10 días, S-80=5 y 12 días respectivamente), y *Eugenia* sp. requirió mayor tiempo para romper la latencia de sus semillas (Fig. 4).

Cuadro 6. Ji-cuadrada que compara el tiempo de ruptura de latencia de semillas en el experimento en vivero para las seis especies en las tres clases de sombra (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

Especie	S-40 - S-60		S-40 - S-80		S-60 - S-80	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	0.00	<1.0	0.00	<1.0	0.00	<1.0
<i>Eugenia</i> sp.	0.00	<1.0	4.78	<0.03	4.78	<0.03
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.06	<0.8	0.33	<0.56	0.69	<0.41
<i>Manilkara zapota</i>	0.08	<0.8	0.08	<0.77	0.00	<1.0
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.00	<1.0	0.18	<0.66	0.18	<0.66
<i>Rollinia mucosa</i>	0.00	<1.0	0.61	<0.43	0.61	<0.43

*gl=1

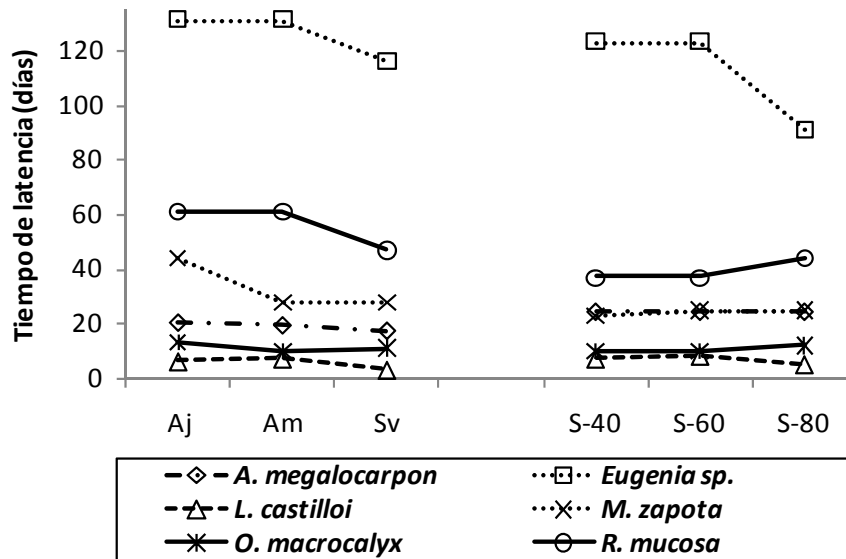


Figura 4. Comparación del tiempo de latencia de semillas de las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

Al comparar los tiempos de latencia presentada en el campo con respecto a los del vivero se encontró similar tiempo de latencia en *Eugenia sp.*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*. Por su parte *A. megalocarpon* y *R. mucosa* presentaron menor tiempo de latencia en el vivero ($F=36.57$, $p<0.003$ y $F=10.61$, $p<0.03$, respectivamente).

8.2.3 Tasa media de germinación

No se encontró influencia de los tipos de cobertura vegetal sobre las tasas de germinación de las seis especies. En el vivero tampoco se encontraron diferencias entre las clases de sombra (Cuadro 7). Las tasas de germinación entre las especies fue diferente tanto en campo como en vivero ($F=27.81$, $p<0.001$ y $F=62.9$, $p<0.001$ respectivamente). En ambos experimentos *L. castilloi* mostró los mayores valores promedio (campo: 13.2 sg s^{-1} y vivero: 41.7 sg s^{-1}) y *Eugenia sp.* los menores (campo: 2.8 sg s^{-1} y vivero: 3.5 sg s^{-1}).

Cuadro 7. Ji-cuadrada que compara la tasa de germinación de semillas en el experimento en campo para las seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am		Sv-Aj		Am-Sv	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	0.026	<0.86	0.224	<0.63	0.096	<0.75
<i>Eugenia sp.</i>	0.143	<0.71	0.005	<0.94	0.094	<0.75
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	3.63	<0.054	0.28	<0.59	1.98	<0.15
<i>Manilkara zapota</i>	0.099	<0.75	0.127	<0.72	0.001	<0.96
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.081	<0.77	0.074	<0.78	0.31	<0.58
<i>Rollinia mucosa</i>	0.121	<0.72	0.052	<0.82	0.01	<0.91

*gl=1

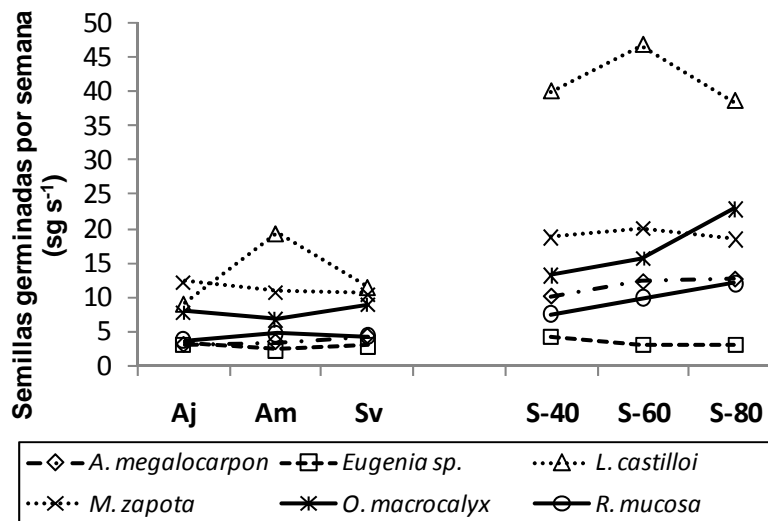


Figura 5. Comparación de la tasa de germinación (sg s⁻¹: semillas germinadas por semana) de las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

Las especies mostraron las mismas tendencias de las tasas de germinación en vivero y campo, solo que en el vivero los valores fueron más altos (Fig. 5), siendo las diferencias significativas para *A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa*. *Eugenia* sp. fue la única especie que no presentó diferencia en las tasas de germinación en campo y vivero (Cuadro 8).

Cuadro 8. ANDEVA de un factor de la tasa de germinación de las seis especies en campo y vivero.

Especie	F	p	N
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	91.12	<0.001	6
<i>Eugenia</i> sp.	1.69	<0.25	6
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	26.86	<0.006	6
<i>Manilkara zapota</i>	102.3	<0.001	6
<i>Ormosia macrocalyx</i>	17.64	<0.013	6
<i>Rollinia mucosa</i>	29.18	<0.001	6

8.2.4 Capacidad de germinación

Las clases de cobertura vegetal no influyeron significativamente en el porcentaje de semillas germinadas de *Eugenia* sp., *L. castilloi*, *M. zapota* y *R. mucosa*. La capacidad de germinación de *A. megalocarpon* en Sv (64.7%) fue diferente a los valores registrados en Aj (20%) y Am (31.7%). *O. macrocalyx* presentó diferencias en la respuesta a la germinación entre Am (81.7%) y Aj (57.5%), mientras que no hubo diferencias entre la Sv (75%) con Aj y Am (Cuadro 9; Fig. 6).

La capacidad de germinación fue diferente entre las especies ($F=9.08$, $p<0.001$). *L. castilloi* y *O. macrocalyx* presentaron en general los valores más altos de germinación en las tres clases de cobertura vegetal. *R. mucosa* y *M. zapota* mostraron

valores intermedios de germinación, mientras que *Eugenia sp.* presentó los valores más bajos en las tres clases de cobertura vegetal (Fig. 6).

Cuadro 9. Ji-cuadrada que compara la capacidad de germinación en el experimento en campo para las seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am		Sv-Aj		Am-Sv	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	2.64	<0.11	23.59	<0.001	11.29	<0.001
<i>Eugenia sp.</i>	0.57	<0.44	0.03	<0.87	0.84	<0.35
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	1.9	<0.16	2.71	<0.099	0.071	<0.078
<i>Manilkara zapota</i>	3.89	<0.04	0.29	<0.58	2.06	<0.15
<i>Ormosia macrocalyx</i>	4.2	<0.04	2.31	<0.12	0.28	<0.59
<i>Rollinia mucosa</i>	0.29	<0.58	1.98	<0.15	3.79	<0.051

*gl=1

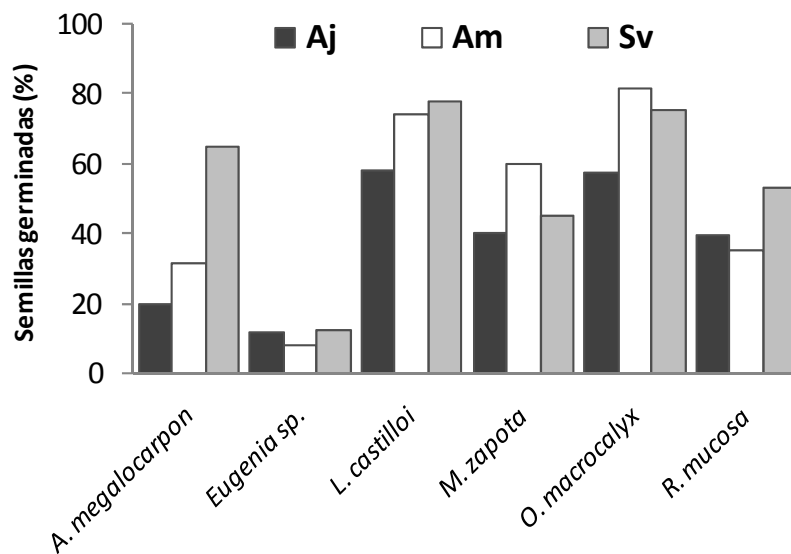


Figura 6. Capacidad de germinación (% total de semillas germinadas) en campo para las seis especies (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

En el vivero las tres clases de sombra no influyeron significativamente en la cantidad final de semillas germinadas para las seis especies. La capacidad de germinación fue diferente para cada especie ($F=55.24$, $p<0.001$). *O. macrocalyx* presentó la mayor cantidad de semillas germinadas, seguida de *R. mucosa*, *L. castilloi* y el valor más bajo lo mostró *Eugenia* sp. (Fig. 7).

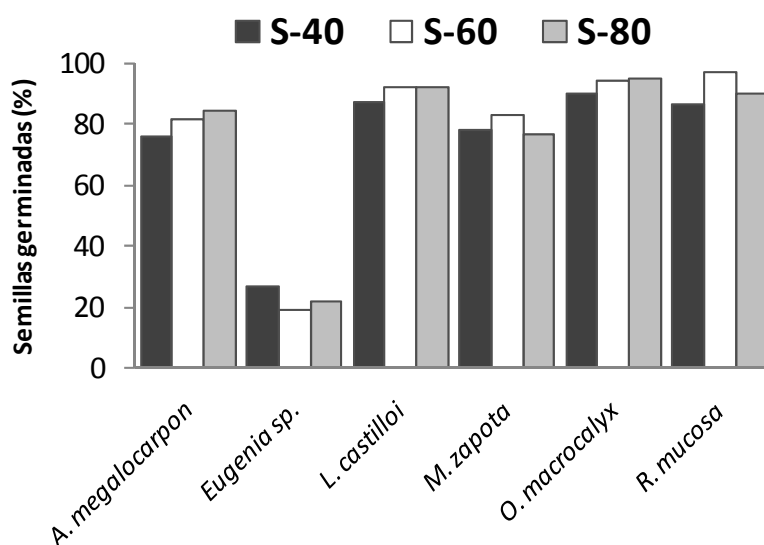


Figura 7. Capacidad de germinación (% total de semillas germinadas) en el vivero para las seis especies (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

Cuadro 10. ANDEVA de un factor que compara las diferencias de la capacidad de germinación del experimento en campo y vivero para las seis especies.

Especie	F	p	N
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	9.41	<0.037	6
<i>Eugenia</i> sp.	20.78	<0.01	6
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	11.44	<0.027	6
<i>Manilkara zapota</i>	25.02	<0.007	6
<i>Ormosia macrocalyx</i>	8.62	<0.04	6
<i>Rollinia mucosa</i>	58.94	<0.001	6

La capacidad de germinación de semillas de las seis especies fue significativamente mayor en vivero con relación al campo (Cuadro 10). *A. megalocarpon* y *R. mucosa* mostraron un poco más del doble de germinación en vivero. *O. macrocalyx* y *L. castilloi* mostraron los valores más altos en los dos experimentos y *Eugenia* sp. presentó menor germinación tanto en campo como en vivero.

8.2.5 Comparación de las curvas de acumulación y tiempos en los procesos de germinación.

En el experimento en campo, *A. megalocarpon*, *Eugenia* sp., *M. zapota* y *O. macrocalyx* mostraron procesos similares en la acumulación de semillas germinadas en los tres tipos de cobertura vegetal (Prueba de homogeneidad de curvas), sin embargo los tiempos de inicio y finalización de estos procesos en las clases de cobertura vegetal fueron significativamente diferente para cada una de estas especies (ANCOVA; $F=46.66$, $p<0.001$; $F=12.67$, $p<0.001$; $F=15.82$, $p<0.001$; $F=6.12$, $p<0.004$, respectivamente). Por otro lado, *L. castilloi* presentó un proceso y tiempo similar de germinación en Aj y Am, en la Sv se encontró un proceso diferente ($F=16.41$, $p<0.001$). *R. mucosa* mostró similar proceso y tiempo de germinación en Aj y Sv, el proceso del Am fue diferente a los dos anteriores ($F=4.96$, $p<0.013$; Fig.8).

En el vivero tres de las seis especies (*A. megalocarpon*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*) no mostraron diferencias en el proceso de acumulación y tiempo de germinación de semillas en las tres clases de sombra. *L. castilloi* presentó procesos de germinación completamente diferente en las tres clases de sombra (Homogeneidad de curvas: $F=2.35$, $p<0.106$; ANCOVA: $F=5.65$, $p<0.006$). *Eugenia* sp. presentó procesos significativamente iguales en S-60 y S-80, pero los procesos iniciaron y concluyeron en

tiempos diferentes ($F=10.07$, $p<0.007$). *R. mucosa* presentó similar proceso y tiempo en la S-60 y S-80, la S-40 mostró un proceso diferente a los dos anteriores ($F=6.68$, $p<0.007$; Fig. 8).

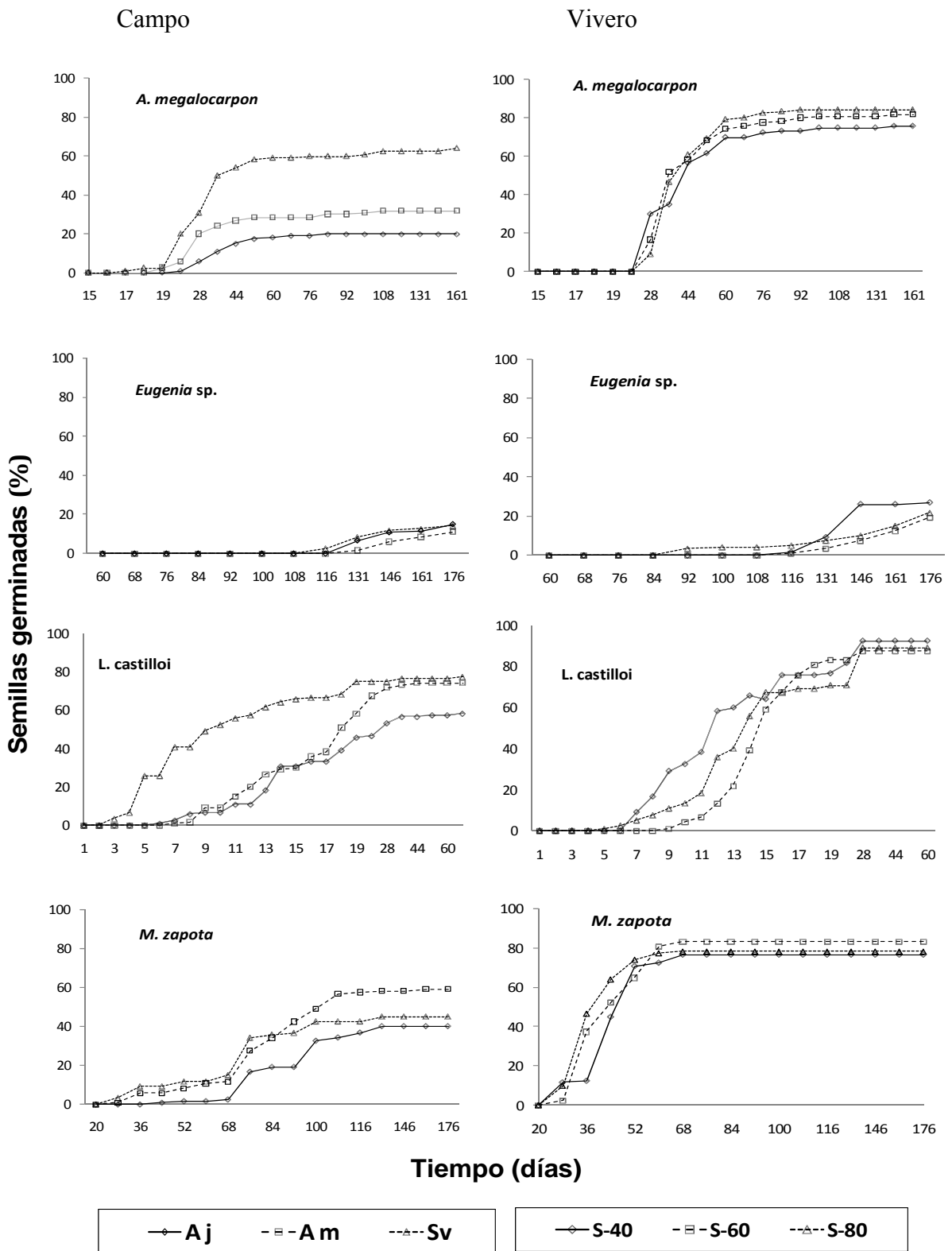


Figura 8. Porcentaje acumulado de semillas germinadas para las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

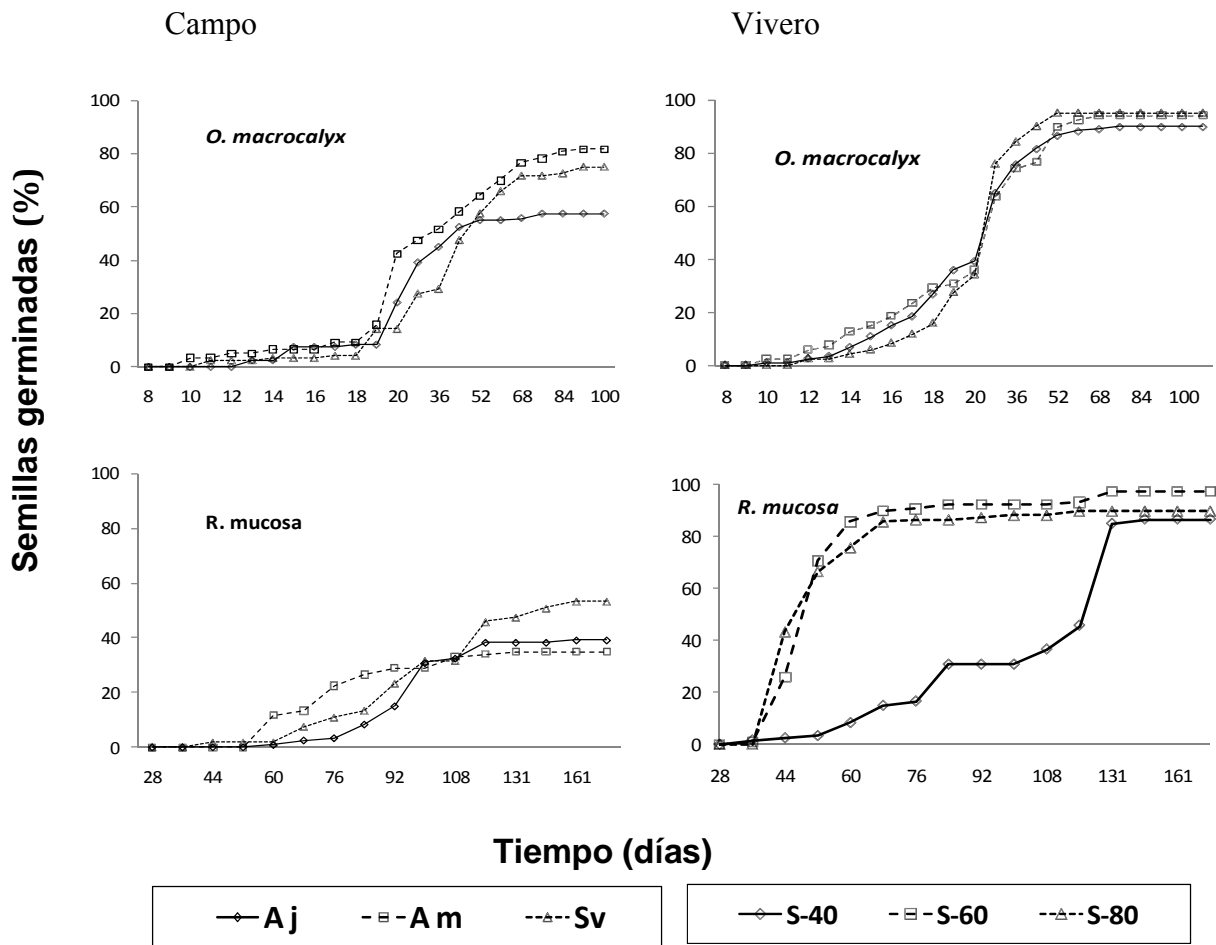


Figura 8. (Continuación) Porcentaje acumulado de semillas germinadas para las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra de 40%, S-60: sombra de 60% y S-80: sombra de 80%).

8.3 Depredación de semillas

8.3.1 Depredación total de semillas

A. megalocarpon, *Eugenia* sp., *M. zapota* y *O. macrocalyx*, presentaron diferencias significativas en la cantidad de semillas depredadas entre el Aj y Am; el valor de depredación de semillas en la Sv no fue significativamente diferente al Aj y Am. *L. castilloi*, presentó diferencias en la cantidad de semillas depredadas en los tres tipos de cobertura vegetal. Las semillas de *R. mucosa* fueron depredadas en igual proporción en Aj y Sv y presentó diferencias significativas con la depredación en Am (Cuadro 11).

Cuadro 11. Ji-cuadrada que compara la depredación total de semillas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am		Sv-Aj		Am-Sv	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	7.24	<0.001	2.0	<0.15	1.73	<0.18
<i>Eugenia</i> sp.	4.26	<0.038	2.77	<0.09	0.17	<0.67
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	19.4	<0.001	6.31	<0.01	4.29	<0.03
<i>Manilkara zapota</i>	4.61	<0.031	2.16	<0.14	0.46	<0.49
<i>Ormosia macrocalyx</i>	6.53	<0.013	3.13	<0.07	0.65	<0.41
<i>Rollinia mucosa</i>	5.82	<0.015	0.0	<1.00	5.82	<0.01

*gl=1

La cantidad promedio de semillas depredadas entre las especies no mostró diferencias significativas ($F=2.26$, $p<0.114$). Sin embargo, el mayor porcentaje de semillas depredadas lo presentó *M. zapota*, valores intermedios se registraron para *L. castilloi*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa*. La menor depredación de semillas lo presentó *Eugenia* sp. (Fig. 9).

En Aj se registró la mayor depredación para cuatro de las seis especies (*A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*) y en Am se registró mayor depredación para las semillas de *Eugenia* sp. y *R. mucosa*.

Tres especies (*L. castilloi*, *M. zapota*, y *R. mucosa*) presentaron menor depredación de semillas en Sv. Dos especies (*A. megalocarpon* y *O. macrocalyx*) mostraron ser menos depredados en Am, y sólo *Eugenia* sp. mostró menor depredación de semillas en Aj.

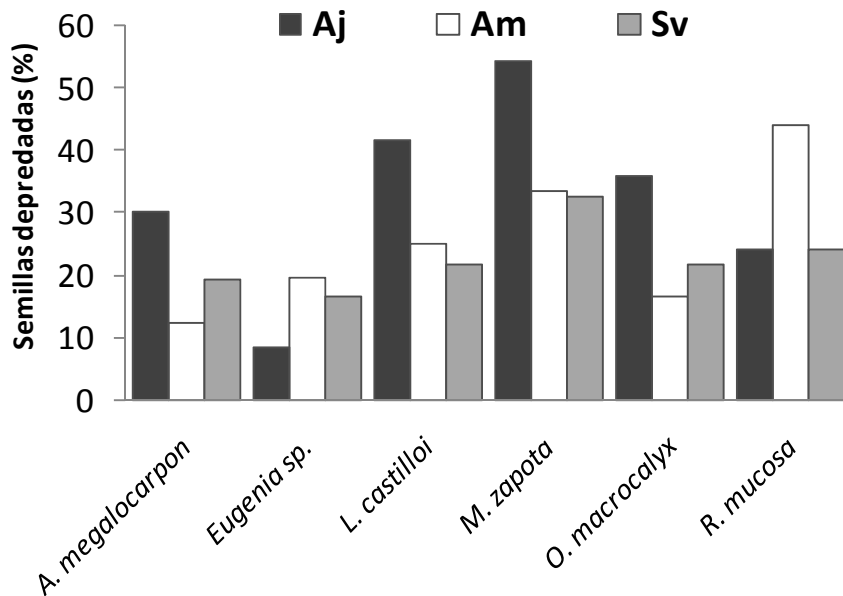


Figura 9. Porcentaje total de semillas depredadas para las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

8.3.2 Tasa media de depredación de semillas

A. megalocarpon, *Eugenia sp.*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa* no mostraron diferencias en las tasas de depredación de semillas en los tres tipos de cobertura vegetal. *L. castilloi* y *M. zapota* mostraron la misma tasa en Am y Sv, los valores del Aj fueron diferentes a los del Am y Sv (Cuadro 12).

La tasa media de depredación de semillas fue variable para cada especie ($F=3.12$, $p<0.04$). La tasa más baja fue de 0.15 sd s^{-1} , registrada para *Eugenia sp.* en Aj, la tasa más alta fue de 15.2 sd s^{-1} para *M. zapota*, registradas en Aj (Fig. 10).

Cuatro especies mostraron mayor tasa de depredación en Aj (*A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*) y dos especies en Am (*R. mucosa* y *Eugenia sp.*). Las tasas más bajas para *A. megalocarpon* y *L. castilloi* se presentaron en Sv y para *M. zapota* y *O. macrocalyx* en Am (Fig. 10).

Cuadro 12. Ji-cuadrada que compara la tasa de depredación de semillas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am		Aj-Sv		Am-Sv	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	2.48	<0.11	2.71	<0.09	0.01	<0.92
<i>Eugenia sp.</i>	0.76	<0.78	0.48	<0.82	0.01	<0.95
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	5.18	<0.02	7.12	<0.01	0.31	<0.58
<i>Manilkara zapota</i>	11.67	<0.01	10.7	<0.01	0.05	<0.81
<i>Ormosia macrocalyx</i>	1.06	<0.31	0.80	<0.34	0.01	<0.91
<i>Rollinia mucosa</i>	0.95	<0.32	0.18	<0.67	0.32	<0.56

*gl=1

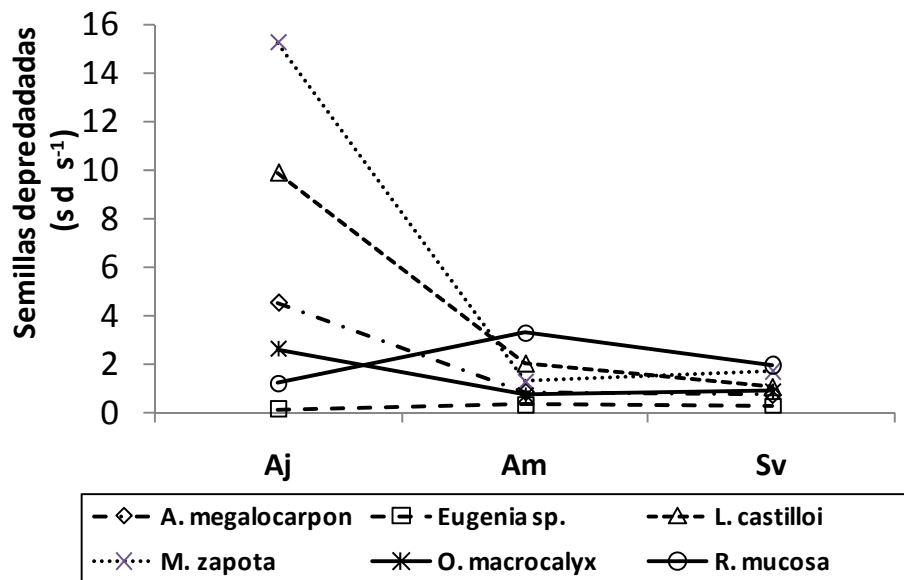


Figura 10. Tasa de depredación de semillas (sd s⁻¹: semillas depredadas por semana) en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

8.3.3 Comparación de las curvas de acumulación y tiempos en los procesos de depredación de semillas.

La mayoría de las especies mostraron diferencias en los procesos de acumulación de semillas depredadas en las clases de cobertura vegetal (Prueba de homogeneidad de curvas), y las que no mostraron diferencias variaron en los tiempos de inicio y finalización del mismo (ANCOVA, Cuadro 13). *A. megalocarpon* y *M. zapota* no presentaron diferencias en las tres clases de cobertura vegetal. Sin embargo el tiempo de inicio y finalización de los procesos fueron diferentes en al menos una clase de cobertura vegetal. *A. megalocarpon* que fue la única especie que mostró similar proceso y tiempo de inicio y finalización en dos clases de cobertura vegetal (Am y Sv). *L. castilloi* y *O. macrocalyx* no presentó diferencia entre el Aj y Am, lo mismo que entre Sv y Am, presentaron similar proceso en Sv y Aj. *Eugenia* sp. mostró similar proceso de depredación de semillas en Aj y Sv, mientras que en el Am fue diferente. *R. mucosa* mostró similar proceso en Am y Sv y presentó diferencias en el Aj (Fig.11).

Cuadro 13. Prueba de homogeneidad de curvas y ANCOVA en el proceso de depredación de semillas de las seis especies en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especies	Tipos de cobertura vegetal	Prueba de Homogeneidad de curvas		Análisis de COVARIANZA	
		F	p	F	p
<i>A. megalocarpon</i>	Aj-Am	1.73	<0.19	111.2	<0.001
	Aj-Sv	0.6	<0.45	129.2	<0.001
	Sv- Am	2.28	<0.13	1.74	<0.19
<i>Eugenia</i> sp.	Aj-Am	4.38	<0.01		
	Aj-Sv	0.00	<0.99	23.4	<0.001
	Sv- Am	5.38	<0.02		
<i>L. castilloi</i>	Aj-Am	3.45	<0.07	135.1	<0.001
	Aj-Sv	1.95	<0.16	152.5	<0.001
	Sv- Am	18.1	<0.001		
<i>M. zapota</i>	Aj-Am	3.31	<0.07	111.6	<0.001
	Aj-Sv	0.84	<0.36	49.4	<0.001
	Sv- Am	2.51	<0.11	48.6	<0.001
<i>O. macrocalyx</i>	Aj-Am	1.39	<0.24	94.47	<0.001
	Aj-Sv	2.05	<0.15	91.6	<0.001
	Sv- Am	12.2	<0.001		
<i>R. mucosa</i>	Aj-Am	30.9	<0.001		
	Aj-Sv	20.1	<0.001		
	Sv- Am	0.67	<0.415	48.2	<0.001

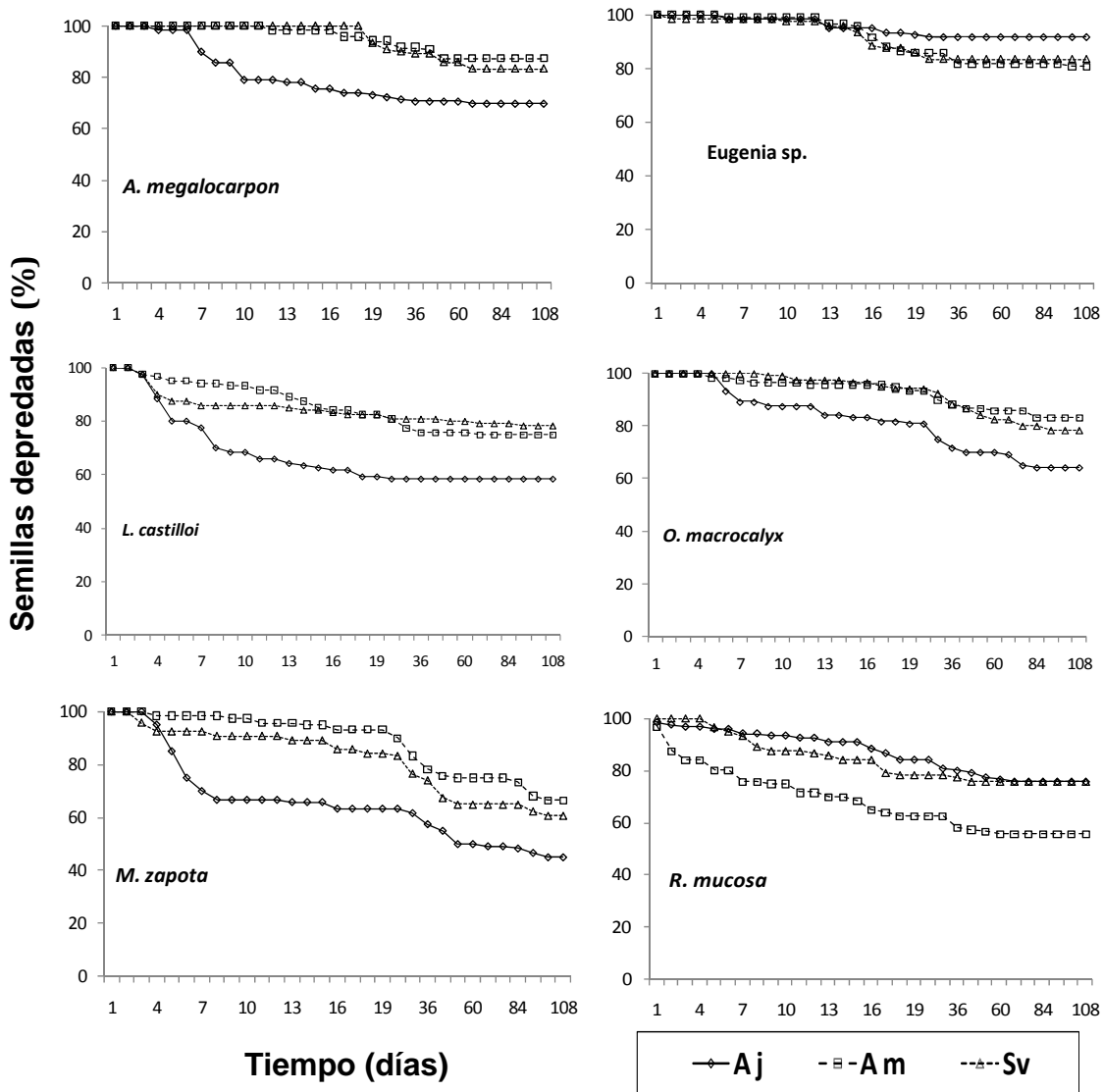


Figura 11. Procesos y tiempos en la acumulación de semillas depredadas para cada especie en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

8.4 Supervivencia de plántulas

8.4.1 Supervivencia en campo

En campo *A. megalocarpon* fue la única especie que mostró diferencias significativas en la supervivencia de plántulas entre los tres tipos de cobertura vegetal. Esta especie presentó mayor supervivencia en Aj (70.9%) y menor en Am (20.9%). *L.*

castilloi y *O. macrocalyx* presentaron similar sobrevivencia de plántulas en las tres coberturas de vegetación. *Eugenia* sp. y *R. mucosa*, presentaron individualmente similar porcentaje de sobrevivencia en Am y Sv y valores significativamente diferentes en Aj. La sobrevivencia de plántulas de *M. zapota* fue similar en Aj y Am, y diferentes en la Sv (Cuadro14).

Cuadro 14. Ji-cuadrada que compara la sobrevivencia de plántulas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am		Sv-Aj		Am-Sv	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	26.96	<0.001	7.94	<0.001	6.42	<0.01
<i>Eugenia</i> sp.	3.78	<0.051	5.19	<0.022	0.12	<0.73
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.001	<0.96	0.01	<0.89	0.03	<0.85
<i>Manilkara zapota</i>	1.04	<0.31	10.68	<0.001	5.21	<0.02
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.66	<0.41	3.35	<0.06	1.04	<0.31
<i>Rollinia mucosa</i>	8.56	<0.003	9.51	<0.002	0.02	<0.87

*gl=1

El número total de plántulas sobrevivientes fue significativamente diferente para cada cobertura vegetal (F=5.04, p<0.021). En el Aj se presentó mejor sobrevivencia casi para todas las especies (*A. megalocarpon*: 70.9%, *Eugenia* sp.: 77.1%, *L. castilloi*: 33.6%, *M. zapota*: 37.9%, *O. macrocalyx*: 30.7% y *R. mucosa*: 42.4%) y en Sv se registró la menor sobrevivencia promedio particularmente para *Eugenia* sp.:44%, *M. zapota*: 19.4%, *O. macrocalyx*: 18.5% y *R. mucosa*: 14.2%; Fig. 12).

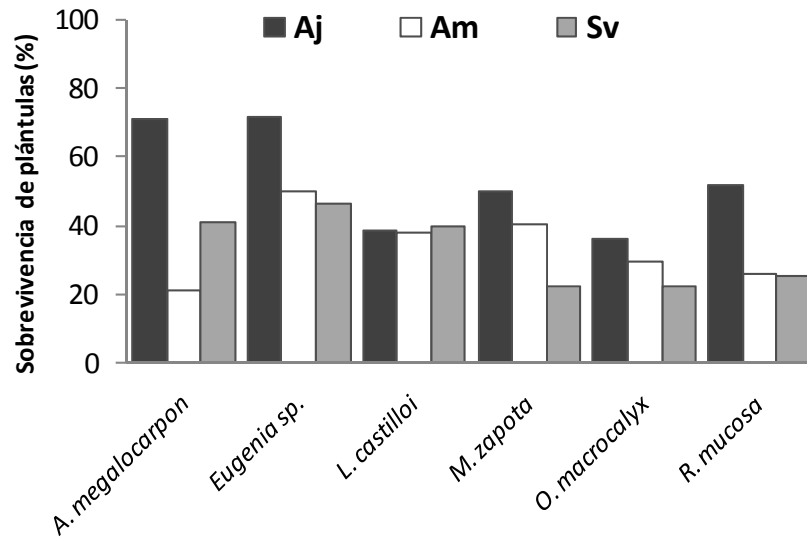


Figura 12. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de las seis especies en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

8.4.2 Sobrevivencia en vivero

En el vivero las diferencias de sombra no ejercieron influencia en la proporción de sobrevivencia de plántulas de cinco especies. *R. mucosa* fue la única especie que presentó diferencias en la sobrevivencia de plántulas en las clases de sombra, sin diferencias entre S-60 (91.5%) y S-80 (86.7%), con diferencias significativas en S-40 (41.7%; Cuadro 15 y Fig. 13).

La cantidad de plántulas que sobrevivieron fue variable entre las especies ($F=5.88$, $p<0.005$). *A. megalocarpon* mostró la menor sobrevivencia promedio de plántulas (35.8%), mientras que las demás especies mostraron mejor sobrevivencia con una amplitud de 73.6% - 88.6% promedio (Fig. 13).

Cuadro 15. Ji-cuadrada que compara la sobrevivencia de plántulas en el experimento en vivero para seis especies en las tres clases de sombra (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

Especie	S.40 – S-60		S-40 – S-80*		S- 60 – S-80	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	2.61	<0.1	0.03	<0.84	3.5	<0.06
<i>Eugenia sp.</i>	2.68	<0.1	0.25	<0.61	2.36	<0.12
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.63	<0.42	0.86	<0.35	0.03	<0.85
<i>Manilkara zapota</i>	2.95	<0.08	3.5	<0.06	0.04	<0.82
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.77	<0.37	1.28	<0.25	0.12	<0.72
<i>Rollinia mucosa</i>	18.6	<0.001	15.7	<0.001	0.25	<0.61

*gl=1

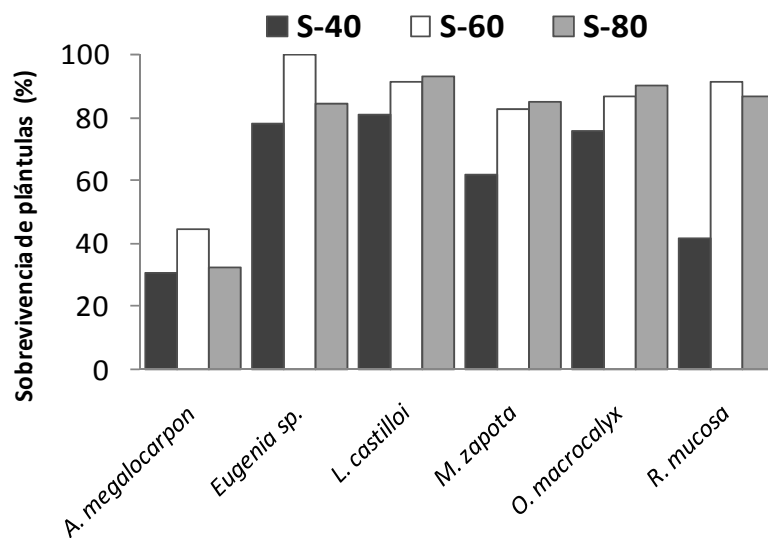


Figura 13. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas en vivero para las seis especies (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

El porcentaje de sobrevivencia de plántulas en vivero fue más alto para las seis especies, sin embargo sólo se encontraron diferencias estadísticas entre la sobrevivencia de plántulas en campo y vivero para *Eugenia sp*, *L. castilloi* y *O. macrocalyx* (Cuadro 16).

Cuadro 16. ANDEVA de un factor que compara la sobrevivencia de plántulas en el experimento en campo y vivero para las seis especies.

Especie	F	p	N
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	1.72	<0.25	6
<i>Eugenia</i> sp.	18.59	<0.01	6
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	60.6	<0.002	6
<i>Manilkara zapota</i>	1.65	<0.26	6
<i>Ormosia macrocalyx</i>	5.01	<0.008	6
<i>Rollinia mucosa</i>	0.18	<0.67	6

8.5 Tasa media de crecimiento de plántulas

8.5.1 Crecimiento en campo

Los tres tipos de cobertura vegetal del experimento en campo no mostraron influencia significativa en las tasas de crecimiento de las seis especies (Cuadro 17).

Cuadro 17. Ji-cuadrada que compara el crecimiento de plántulas en el experimento en campo para las especies seleccionadas (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva).

Especie	Aj-Am*		Aj-Sv*		Am-Sv*	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	0.001	<0.97	0.001	<0.903	0.017	<0.89
<i>Eugenia</i> sp.	0.001	<0.93	0.072	<0.78	0.033	<0.85
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.001	<0.99	0.001	<0.99	0.001	<0.99
<i>Manilkara zapota</i>	0.001	<0.99	0.005	<0.98	0.004	<0.98
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.002	<0.98	0.017	<0.89	0.013	<0.91
<i>Rollinia mucosa</i>	0.003	<0.98	0.008	<0.97	0.001	<0.99

*gl=1

No hubo diferencias significativas para el crecimiento de las especies en las tres clases de cobertura vegetal, sin embargo, se pudo observar una tendencia de mayor

crecimiento en Sv para *A. megalocarpon*, *Eugenia* sp. y *O. macrocalyx* y menor crecimiento en Aj (Fig. 14).

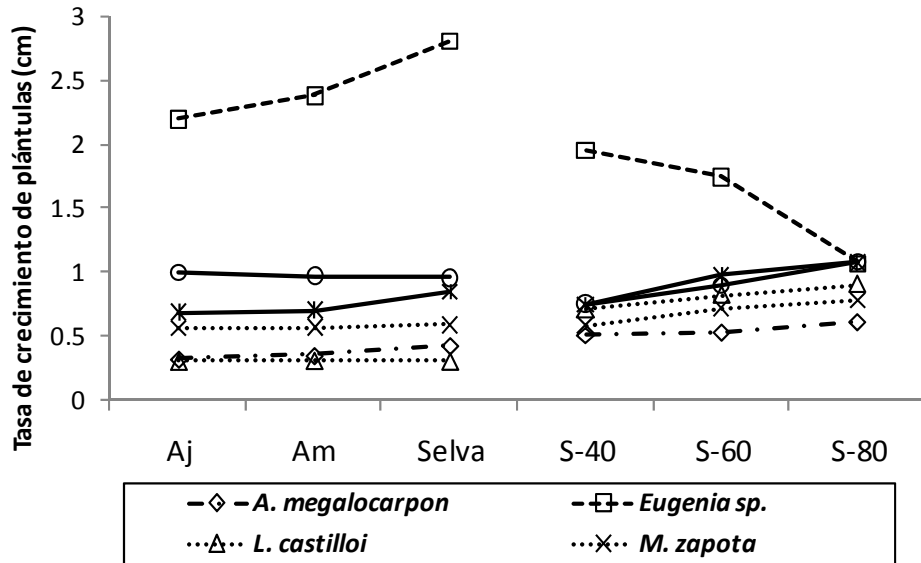


Figura 14. Tasa de crecimiento de plántulas (cm s^{-1} : crecimiento por semana) en el experimento en campo (Aj: acahual joven, Am: acahual maduro y Sv: selva) y en vivero (S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

La tasa de crecimiento de cada especie fue significativamente diferente ($F=197.9$, $p<0.001$). *Eugenia* sp. presentó la mayor tasa promedio de crecimiento (2.46 cm s^{-1}), *L. castilloi* (0.31 cm s^{-1}) y *A. megalocarpon* (0.36 cm s^{-1}) mostraron las menores tasas de crecimiento (Fig. 14).

8.5.2 Crecimiento en vivero

En vivero las clases de sombra no influyeron en la tasa de crecimiento de las seis especies (Cuadro 18). Las tasas de crecimiento fueron diferentes para cada especie ($F=9.89$, $p<0.001$). Las tendencias generales fueron similares al experimento en campo, *Eugenia* sp. presentó la mayor tasa de crecimiento promedio (1.58 cm s^{-1}) y

A. megalocarpon (0.55 cm s^{-1}) y *L. castilloi* (0.69 cm s^{-1}) tuvieron las menores tasas de crecimiento.

Cuadro 18. Ji-cuadrada que compara la tasa de crecimiento de plántulas en el experimento en vivero para las seis especies en S-40: sombra 40%, S-60: sombra 60% y S-80: sombra 80%).

Especie	S-40 – S-60		S-40 – S-80		S-60 – S-80	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	0.005	<0.98	0.009	<0.92	0.005	<0.93
<i>Eugenia</i> sp.	0.011	<0.91	0.25	<0.62	0.159	<0.68
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.008	<0.92	0.02	<0.87	0.003	<0.94
<i>Manilkara zapota</i>	0.014	<0.91	0.27	<0.86	0.002	<0.96
<i>Ormosia macrocalyx</i>	0.03	<0.86	0.06	<0.81	0.005	<0.91
<i>Rollinia mucosa</i>	0.013	<0.91	0.05	<0.81	0.017	<0.89

*g|=1

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento en las tres clases de sombra, se registró una tendencia de mayor crecimiento en S-80 para *A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa* y menor tasa en S-40. *Eugenia* sp. fue la excepción a esta tendencia, mostró mayor tasa de crecimiento en S-40 y menor en la S-80 (Fig. 14).

Las tasas de crecimiento en vivero y campo fueron similares en *Eugenia* sp., *M. zapota*, y *O. macrocalyx* y *R. mucosa*. Por su parte *A. megalocarpon* y *L. castilloi*, mostraron mayor tasa de crecimiento en vivero con relación al experimento en campo (Cuadro 19).

Cuadro 19. ANDEVA de un factor que compara la tasa de crecimiento de plántulas en el experimento en campo y vivero para las seis especies.

Especie	F	p	N
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	17.34	<0.01	6
<i>Eugenia</i> sp.	7.51	<0.05	6
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	78.1	<0.001	6
<i>Manilkara zapota</i>	4.33	<0.11	6
<i>Ormosia macrocalyx</i>	2.76	<0.17	6
<i>Rollinia mucosa</i>	0.48	<0.52	6

9. DISCUSIÓN

Condiciones ambientales y tiempo de latencia

Las condiciones de temperatura (Sánchez *et al.* 2003), luz (Romo 2005) y humedad en el suelo (Soilmoisture 1998), tanto en campo como en vivero fueron suficientes para que las semillas iniciaran el proceso de germinación y establecimiento. El no haber encontrado diferencias en la humedad del suelo y temperatura ambiental en las tres clases de cobertura vegetal donde se sembraron las semillas puede explicarse porque en la zona no existe una estación seca marcada y porque el año en que efectuó el estudio correspondió a un año lluvioso (CONAGUA 2008 com. pers.). En especial durante el tiempo del experimento se registraron lluvias intensas al menos cada tercer día, sólo en el mes de mayo, hubo un período seco de 16 días.

Por otra parte, los bosques en la zona de estudio están sujetos a aprovechamiento selectivo, por lo que la extracción abre el dosel a niveles similares a los encontrados en los acahuales maduro y joven. Esto puede explicar, en parte, el porqué en la mayoría de los parámetros evaluados no se encontraron diferencias en la respuesta de las especies en los tipos de cobertura vegetal.

El mejor comportamiento de las especies en el vivero, se debe a que las semillas permanecieron en un ambiente más homogéneo a diferencia de las semillas establecidas en campo las cuales estuvieron expuestas a un efecto combinado de diversos factores como, luz, agua, nutrientes, humedad, patógenos, depredadores (Marañón *et al.* 2004a), lo que pudo afectar el tiempo de ruptura de la latencia.

Con excepción de *Eugenia* sp. los tiempos de latencia mostrados por las especies fue superficial (Arriaga *et al.* 1994, Plana 2000, Vázquez-Yanes *et al.* 1997). Los valores obtenidos en este estudio están dentro de los rangos reportados por otros

autores: Sautu y colaboradores (2006) en Panamá realizaron un experimento en condiciones de vivero, donde reportan para *Aspidosperma cruenta* una especie muy cercana a *A. megalocarpon*, un tiempo de inicio de germinación de 13 días que es próxima a los 17 días encontrados en este estudio. Para *O. macrocalyx* Sautu y colaboradores (2006) mencionan un periodo de latencia similar a nuestros resultados (10 días). Los mismos valores obtuvieron Foster y Delay (1998), lograron iniciar la germinación a los 9 días y con escarificación mecánica el tiempo disminuyó a 5 días. Parraguirre (1992), encontró para *M. zapota* un tiempo de latencia de 16 días en condiciones de vivero y finaliza el proceso en máximo 55 días. Por otro lado OFI-CATIE (2003) menciona que esta especie no requiere escarificación y la germinación inicia entre la segunda y quinta semana después de la siembra. Para *L. castilloi* el tiempo de ruptura de latencia encontrado (tres días) es menor a lo reportado por OFI-CATIE (2003) que menciona el inicio de la germinación a los 16 días y finaliza 35 días después de la siembra. Para *Lonchocarpus latifolius*, Sautu y colaboradores (2006) encontraron que inicia la germinación a los 17 días después de sembradas las semillas. Para *Eugenia uniflora*, Franceschini (2000) reporta un tiempo de latencia de 24 días, dato que es menor a lo encontrado en este estudio para *Eugenia* sp. (119 días promedio).

Capacidad de germinación en campo y vivero.

De acuerdo con Arriaga y colaboradores (1994), el porcentaje de semillas germinadas en el vivero para cinco especies es alta ($\geq 75.8\%$). Este criterio indica que se deben alcanzar al menos un 60% de semillas germinadas para considerar como aceptable la producción de plántulas en condiciones de vivero. Sólo *Eugenia* sp. quedó fuera de este rango (11%). La baja germinación de esta especie tal vez se debe a que

las semillas tienen testa impermeable que necesitan de un proceso de escarificación para germinar (Arriaga *et al.* 1994, Longman 2003, Schmidt 2000, Vázquez-Yanes *et al.* 1997), por lo que muy probablemente las semillas de esta especie quedaron aún latentes en los sitios experimentales.

El número posible de semillas germinadas en campo disminuyó por la proporción de semillas depredadas, este fenómeno es normal ya que en los procesos naturales se pierde gran cantidad de la cosecha de semillas por esta causa (Foster 1986, Jordano *et al.* 2002, Martínez-Ramos 1994, Willan 1991). Pero a pesar de ello, en este estudio el promedio de semillas germinadas en el campo (47%) resulta alta de acuerdo a lo reportado por Martínez-Sánchez (2004), quien menciona que en promedio sólo 5% de las semillas de 11 especies leñosas de los bosques de Los Tuxtlas, germinaron y establecieron como plántula, el porcentaje restante de semillas fue depredada. Pereyra y Fredericksen (2002), lograron germinar en campo un promedio de 15% de semillas de seis especies leñosas tropicales en Bolivia.

Las semillas del vivero al no estar expuestas a depredación mostraron mayor proporción de semillas germinadas. Contrario a nuestros resultados Sánchez y colaboradores (2003) reportan para especies tropicales arbóreas mejor germinación en los ensayos realizados en el campo (92%) que en vivero (32%), argumenta que esto puede estar relacionado a que las semillas en campo fueron sembradas inmediatamente después de recolectar el fruto y menos manipuladas; cabe mencionar que en este estudio el experimento se diseñó de manera que se excluyó la depredación de semillas por fauna. Sautu y colaboradores (2006) realizaron un estudio para 100

especies del bosque tropical, ellos observaron que 54 de las especies mostraron $\geq 50\%$ de germinación en vivero.

En relación a la diferencia en los porcentajes de germinación entre el campo y el vivero, Pereyra y Fredericksen (2002) encontraron datos similares a los de este experimento, mencionan haber encontrado mayor germinación en vivero que en campo para seis especies maderables forestales del bosque tropical de Bolivia, lo cual tiene cierta lógica, dado que se mantienen condiciones de humedad y temperatura más homogéneas a lo largo del año. Se considera que en este experimento el haber logrado una alta cantidad de semillas germinadas en campo y vivero es porque las semillas fueron colectadas frescas y sembradas inmediatamente en ambos sitios (Arriaga *et al.* 1994, Longman 2003, Schmidt 2000, Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

Capacidad de germinación por especie.

Los estudios que existen sobre la relación de las condiciones naturales y el éxito de la germinación y/o establecimiento de las especies son escasos. Cabe mencionar que la mayoría incluyen en sus diseños experimentales un sistema para evitar la depredación de semillas por fauna silvestre en caso de ser experimentos realizados en vegetación natural. En este trabajo se incluyó la depredación de semillas como un factor más y aún así incluyendo este fenómeno, la capacidad de germinación alcanzada por especies en este estudio es mayor a lo reportado en la literatura revisada. De acuerdo con Sánchez y colaboradores (2003), *L. castilloi* y *O. macrocalyx* mostraron en promedio alta capacidad de germinación ($\geq 70\%$). *A. megalocarpon*, *M. zapota* y *R. mucosa* presentaron capacidad de germinación intermedia ($\geq 39\%$ y $< 49\%$) y *Eugenia* sp. baja germinación ($< 11\%$).

En relación a la capacidad de germinación por tipo de cobertura vegetal Foster y Delay (1998), mencionan para *O. macrocalyx* una capacidad de germinación en selva de 28% con semillas escarificadas, valor que es menor a nuestro resultado en el mismo ambiente (75%). Además mencionan que en laboratorio se puede obtener germinación del 100% en 10 días con escarificación y sin escarificación un 48% después de 65 días. Por otro lado Sautu y colaboradores (2006) lograron germinar en promedio 49% de semillas de 100 especies arbóreas del bosque de Panamá en condiciones de laboratorio, este valor es muy similar al promedio de germinación obtenido en nuestro experimento en campo (47%) y si consideramos las condiciones del vivero de nuestro estudio como las de un laboratorio, podemos decir que los resultados logrados (76%) son mayores a los obtenidos por este autor.

Sautu y colaboradores (2006) reportan para *L. castilloi* en condiciones de laboratorio una capacidad de germinación de 54%. Por otra lado OFI-CATIE (2003) menciona que el porcentaje de germinación de *L. castilloi* es del 70%, la germinación comienza a los 16 días y finaliza 35 días después de la siembra, en este estudio el tiempo de inicio de la germinación fue menor (tres días), pero el tiempo para finalizar el proceso de germinación fue de casi el doble (68 días), la capacidad de germinación fue un poco mayor (80%).

Parraguirre (1992) menciona que *M. zapota* en condiciones de vivero se logra germinar de 92% a 100% de semillas, lo cual es parecido a los resultados obtenidos en este estudio (80%). Sautu y colaboradores (2006) reportan un 20% de germinación para *Aspidosperma cruenta* en condiciones de laboratorio, dato que es muy inferior a lo encontrado en condiciones de vivero para *A. megalocarpon* (81%).

Para *Eugenia uniflora* Franceschini (2000) reporta una capacidad de germinación de 24% en condiciones de laboratorio, resultado que es muy cercano a lo encontrado en estudio en el vivero (23% promedio).

Depredación de semillas

Las selvas tropicales se caracterizan por la existencia de altas tasas de depredación de semillas (Foster 1986), en algunos casos este fenómeno puede rebasar con frecuencia el 90% de la producción de semillas (Hammond 1995, Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla 1995, Martínez-Sánchez 2004, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1992). Contrastando esta información, nuestros resultados muestran una baja cantidad de semillas depredadas (mínimo de 8.3% y máximo de 54% en las tres coberturas), este fenómeno puede explicarse por una parte a que las semillas fueron sembradas sin fruto y enterradas hasta quedar completamente cubiertas, lo que disminuyó la probabilidad de encuentro con los depredadores (Whelan *et al.* 1991, Martínez-Ramos 1994). Por otra parte algunos autores argumentan que la fauna consumidora de semillas tienden a concentrar su ataque en la vecindad del árbol padre o en áreas donde la densidad de semillas es mayor (Clark y Clark 1984, Martínez-Ramos 1994, Plana 2000, Schupp 1988) y los sitios donde se experimentó no se encontraban árboles fructificando, disminuyendo así la probabilidad de depredación.

La influencia no tan determinante de las clases de cobertura vegetal en la cantidad de semillas depredadas tal vez se deba a que en el área de estudio los acahuales jóvenes y maduros son parches relativamente pequeños (1-3 ha) que se encuentran inmersos en vegetación madura, lo que puede estar provocando que la fauna sea similar o hasta compartida. Esto coincide con Martínez-Sánchez (2004),

quien encontró igual depredación de semillas en bosque fragmentado y bosque continuo en los Tuxtlas. Contrario a esto Pereyra y Fredericksen (2002) hallaron mayor depredación de semillas en áreas perturbadas que en zonas conservadas de bosque tropical. Whelan y colaboradores (1991) mencionan que la depredación de semillas puede ser más intensa cuando éstas quedan expuestas en sitios abiertos, donde los roedores pueden percibir el alimento y ocupar como refugios áreas protegidas circundantes. Esto coincide para cuatro de las especies estudiadas (*A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*) que presentaron mayor tasa de depredación de semillas en Aj.

Depredación de semillas por especies

Aunque no se monitoreó directamente a la fauna depredadora de semillas se pudo observar que las especies presentaron depredados específicos. *M. zapota* y *R. mucosa* fueron depredadas por mamíferos pequeños, que son animales de rápido aprendizaje que de alguna manera percibieron y desenterraron las semillas sembradas (Martínez-Ramos 1994), inclusive llegaron a causar daño a los HOBOS. Plana (2000) menciona que la probabilidad de que una semilla sea depredada es proporcional al grado de atracción que ejerza sobre la comunidad animal. También en este caso el tamaño y peso del propágulo mantiene relación con el animal que puede manejarlo.

Para *A. megalocarpon*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa* el depredador fue una especie de hormiga. La poca depredación de las semillas de *Eugenia* sp. tal vez se debe por una parte a que las semillas tienen testa dura, que las hace poco atractivas a la fauna depredadora (Vázquez-Yanes *et al.* 1997, Martínez-Ramos 1994, Arriaga *et al.* 1994) y también porque estas semillas se mantuvieron enterradas durante todo el

experimento a diferencia de las otras especies que eran desenterradas ocasionalmente por efecto de las lluvias. Foster y Delay (1998), reportan para *O. macrocalyx*, una pérdida de 25% de semillas por depredación de hormigas y hongos, dato que es próximo al 27% de semillas depredadas encontrado en este estudio. Para la mayoría de las especies no se encontraron estudios referentes a las usadas en el presente trabajo, por lo que no se pudo contrastar los resultados

Influencia del hábitat en la sobrevivencia de plántulas

La mayor sobrevivencia de plántulas se obtuvo en Aj, se dio principalmente por dos factores, el primero es que las plántulas no sufrieron la caída de ramas, frutos y hojas secas, que es la mayor causa de mortalidad de plántulas en la selva (Clark y Clark 1984, Clark y Clark 1991, Martínez-Ramos 1994, Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla 1995, Vázquez-Yanes *et al.* 1990). Este fenómeno actuó sobre todo en especies que no son típicas de selva como *Eugenia* sp. y *O macrocalyx*. El otro factor es la topografía del terreno, que en el caso de los acahuales jóvenes, se experimentó en áreas con poca o nula pendiente, con suelo homogéneo relativamente profundos (\pm 1m), condiciones que confirieron mayor probabilidad de sobrevivencia a las plántulas germinada en este sitio, dado que todas las plántulas encontraron un suelo disponible donde pudieron desarrollar su sistema radicular para obtener nutrientes sin mayor problema (Arriaga *et al.* 1994). A diferencia de la selva donde las semillas se sembraron en áreas con pendientes de hasta 20°, con un suelo heterogéneo, donde la mayoría del área estaba cubierta de un suelo superficial conformado por humus y un sistema complejo de raíces (Jarquín 2008 com. pers., Técnico del laboratorio de suelos, Ecosur); condiciones que se consideran dificultó a las raíces de las plántulas en la

obtención de los nutrientes y agua suficientes para su metabolismo (Willan 1991, Vázquez-Yanes *et al.* 1997), ya que las plántulas fueron muriendo lentamente, con el tallo y las hojas enteras y sin aparente ataque de hongos o enfermedad. A diferencia del Aj y Am donde se observó que la mayoría de las plantas muertas fueron por causa de la fauna desfoliadora.

Contrario a nuestros resultados, Paul y colaboradores (2004) mencionan haber encontrado igual sobrevivencia de plántulas en parches y en bosque para cuatro especies tropicales en Uganda, sin embargo mencionan que las características físicas del ambiente eran similares en ambos sitios. Los datos de este estudio concuerdan con los de Khumbongmayum y colaboradores (2005) quienes encontraron mayor sobrevivencia en parches de vegetación secundaria que bajo sombra de vegetación conservada para nueve especies arbóreas de Manipur, India. Asimismo Marañón y colaboradores (2004b), reportan para dos especies de *Quercus*, mayor sobrevivencia en condiciones de sombra parcial y bajo árboles aislados donde evitan por una parte el desecamiento extremo de las zonas abiertas en verano, y por otra el déficit extremo de radiación en las zonas muy sombreadas. En contraparte Rickera y colaboradores (2000), menciona que las especies varían en sus requerimientos de luz, lo que para algunas puede ser excesivo para otra puede ser la cantidad necesaria. Tal vez por eso las plántulas de *L. castilloi* y *O. macrocalyx*, especies que son demandantes de luz, en la selva se observaron con menor vigor y probablemente esta pueda ser una de las causas de su muerte en un tiempo posterior.

El tipo de germinación que presenta una plántula determina distintas probabilidades de sobrevivencia de las plántulas en condiciones de sombra (Ibarra-Manríquez *et al.* 2001, Martínez-Ramos y Soto-Castro 1993). En nuestro estudio no se

alcanzó a observar el posible efecto del tipo de germinación en la sobrevivencia de plántulas tal vez porque los sitios mantuvieron condiciones altas de luz. En relación con ésto, Foster (1986), Martínez-Ramos y Soto-Castro (1993) mencionan que en condiciones de sombra las plántulas que poseen cotiledones y endospermo que funcionan como órganos de almacenamiento de reservas maternas tienen mayor posibilidad de persistir que las especies cuyas plántulas tienen cotiledones que funcionan como órganos fotosintéticos. Por otro lado Hayashida-Oliver y colaboradores (2001) indica que la mortalidad de plantas en el sotobosque es mayor en especies demandantes de luz. Poorter y Hayashida-Oliver (2000) mencionan que una época seca puede provocar la mortalidad de plántulas por falta de agua, condición que al parecer no afectó a las plántulas en el área de estudio porque el suelo siempre mantuvo niveles óptimos de humedad para su desarrollo. Se observó que la fauna depredadora de plántulas actuó de igual forma en los tres tipos de cobertura vegetal.

Sobrevivencia en vivero

Como era de esperarse la sobrevivencia de plántulas fue mayor en el vivero en comparación con el experimento en el campo, lo cual se puede explicar a partir de que están menos expuestas a los fenómenos naturales, como la depredación, estrés hídrico (Marañón 2004a) y porque tuvieron garantizado los nutrientes por el tipo de sustrato usado (Willan 1991, Arriaga *et al.* 1994).

Las especies mostraron poca mortalidad por la cantidad de sombra suministrada. Cabe mencionar que la mayor mortalidad de plántulas por esta causa se dio en donde estuvieron más expuestos a los rayos del sol (sombra 40%). En especial *R. mucosa* y *M. zapota* mostraron mayor mortalidad por la cantidad de luz, esto tal vez se deba a

que son especies típicas de bosques primarios (Ibarra-Manríquez *et al.* 2001, Pennington y Sarukhán 2005) donde los rayos del sol no son tan intensos y no afectan su desarrollo en el estadio de plántula que es cuando las plántulas son más vulnerables (Arriaga *et al.* 1994, Romo 2005).

La pérdida de individuos en el vivero ocurrió principalmente por la depredación de las plántulas por hormigas arrieras que una noche depredaron las hojas de las plántulas, afectando en especial a *A. megalocarpon*. En relación a esto Vázquez-Yanes y colaboradores (1997), menciona que uno de los principales problemas después de la emergencia de las plántulas en vivero es la depredación por insectos. Vázquez y Bueso (2001), en un experimento en vivero para ocho especies tropicales en Honduras, encontraron que *Tabebuia donnell-smithii* presentó ataque en vivero por insectos desfoliadores.

Crecimiento de plántulas en campo

Aunque los niveles de luz en las cobertura de vegetación en campo fue diferente para cada uno, se considera que el similar crecimiento de plántulas en los tipos de cobertura vegetal, se debe a que los rangos de luz y humedad registrados en los sitios presentaron niveles suficientes para el crecimiento de las plántulas, lo mismo que los nutrientes del suelo que aunque no se analizó directamente, se observó en campo buena fertilidad en toda el área de estudio.

La literatura indica que el crecimiento de plántulas está directamente relacionado con el nivel de competencia por la luz y la cantidad de agua y nutrientes del suelo (Bazzaz 1979, Guariguata y Pinard 1998, Hayashida-Oliver *et al.* 2001, Plana 2000, Poorter 1999,). El agua y los nutrientes del suelo estuvieron disponibles de igual forma

en los sitios de estudio, se consideró entonces que el equilibrio entre la cantidad de luz y sombra de la selva fueron el factor clave para el mayor crecimiento en altura de tres de las especies en este tipo de ambiente (*A. megalocarpon*, *Eugenia* sp. y *O. macrocalyx*), dado que estas mismas especies mostraron menor crecimiento en el Aj donde la incidencia de luz fue mayor.

En relación a la cantidad de luz que llega al sotobosque algunos autores mencionan que es de apenas 2%, otros mencionan que menos del 5% y puede alcanzar de 10 a 30% en claros del bosque (Martínez-Ramos 1994, Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla 1995, Romo 2005). Sin embargo, los niveles de luz registrados en el sotobosque de la selva en el área de estudio, supera por mucho (51.4%) los niveles de luz de los estudios revisados; condición a la que se le atribuye que marcó la diferencia de los resultados de este estudio con lo reportado por Khumbongmayum y colaboradores (2005), que encontraron mayor crecimiento de nueve especies de plántulas en parches de vegetación que bajo sombra del bosque conservado, en Manipur, India. Macario y colaboradores (1995) encontraron en ocho especies arbóreas de la selva tropical de Quintana Roo, mayor crecimiento en claro de aprovechamiento forestal y en caminos de arrastre de madera en relación a la vegetación no perturbada. Paul y colaboradores (2004), reportan que seis especies arbóreas en un bosque de Uganda, crecieron en mayor medida en claros, que en bosque conservado. Pereyra y Fredericksen (2002) observaron mayor crecimiento en bordes de claros que en áreas no perturbadas para seis especies arbóreas en Bolivia. Marañón (2004b), reporta mayor crecimiento y mayor biomasa en zonas abiertas durante el primer año de vida de las plántulas.

Crecimiento de plántulas en vivero.

En general, el mayor crecimiento en vivero en relación al campo se debe probablemente a que las plantas no estuvieron expuestas a defoliación ni a patógenos (Martínez-Ramos 1994) y además porque tuvieron en ambiente homogéneo donde los nutrientes y humedad del sustrato fueron constantes a lo largo del experimento (Arriaga *et al.* 1994, Vázquez-Yanes *et al.* 1997). Por otro lado ninguno de los niveles de luz usados en el vivero resultaron estresantes para el crecimiento de las especies usadas y tal vez por ello no se encontró una diferencia marcada en el crecimiento de las plántulas en las diferentes clases de sombra. Sin embargo, aunque las diferencias no fueron significativas, se puede decir que las especies estudiadas prefieren crecer en su etapa inicial de plántula en lugares con niveles bajos de luz como en la sombra de 80%, donde la mayoría de las especies mostraron mejor crecimiento en altura y biomasa, crecimiento intermedio en la sombra de 60% y menor crecimiento en la sombra de 40% donde la incidencia de luz fue mayor, con excepción de *Eugenia* sp. que mostró mejor crecimiento en la sombra de 40%.

Nuestros resultados difieren con Marañón y colaboradores (2004b), ellos reportan para dos especies de *Quercus* que la mayor disponibilidad de luz (100%) se vio reflejada en seis veces mayor crecimiento de las plántulas en comparación a la sombra densa (3% luz). Por otra parte para *Trichospermum mexicanum* una especie pionera Sánchez y colaboradores (2006) reportan que es muy sensible a las altas irradiaciones solares durante los primeros meses de vida, sin embargo, cuando se aclimatizan inicialmente en condiciones de sombra parcial, son capaces de crecer

adecuadamente bajo insolación total. Con relación a esto, Martínez-Ramos (1994), Plana (2000) y Rickera y colaboradores, (2000) mencionan que muchas especies tienen rangos de tolerancia a la luz y a los nutrientes y que estos requerimientos pueden variar entre las especies.

10. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales de las diferentes clases de cobertura vegetal en el área de estudio mantienen condiciones adecuadas para iniciar el proceso de germinación, crecimiento y establecimiento de plántula de las especies estudiadas.

Con excepción de *Eugenia* sp. el tiempo de latencia de semillas de las especies es superficial y esta no es afectada por la cobertura vegetal o el tipo de sombra.

La capacidad de germinación y la sobrevivencia de plántulas en vivero es alta y no son influenciadas por el tipo de sombra. Aunque en el campo los resultados obtenidos son menores a los del vivero, estos son altos en relación a otros estudios similares.

La proporción de semillas depredadas en campo afectó directamente la cantidad posible de semillas germinadas.

La mayor depredación de semillas y sobrevivencia de plántulas se registró en el Aj, debido a que es un área más abierta, donde las semillas son más perceptibles por la fauna depredadora y la mayor sobrevivencia se debe porque los regímenes de luz en este sitio son más asimilables para las plántulas y porque no sufrieron la caída de ramas y hojas. La fauna depredadora de semillas fue específica para cada especie.

La alta capacidad de germinación en vivero (76%) y el campo (47%) y la poca depredación de semillas (27%) se atribuye a que las semillas fueron sembradas recién colectadas y porque las semillas al momento de hacer la siembra fueron cubiertas completamente.

La información obtenida hasta ahora es importante ya que posibilita la utilización de las especies nativas en la rehabilitación de áreas degradadas del bosque original mediante la producción de las especies estudiadas en vivero y mediante la siembra

directa de semillas en campo, siempre y cuando las semillas se siembren inmediatamente después de la recolecta.

Al estar revisando la literatura sobre el tema de estudio se constató que existen pocas descripciones pormenorizadas del desarrollo de las semillas en los bosques tropicales y muchos de los estudios existentes excluyen en el diseño experimental la depredación natural de semillas y plántulas, variable que es determinante para el establecimiento y futuro desarrollo de las plantas en sistemas naturales. Por lo que resulta necesario ampliar y profundizar en el estudio sobre los requerimientos ecofisiológicos de las semillas y plántulas nativas.

11. RECOMENDACIONES

Al hacer siembras directas de semillas en los sitios a restaurar se recomienda sean sembradas a profundidad de 1.5 veces su tamaño de grosor para evitar la desecación de la semilla, depredación por fauna y para promover la germinación.

Por la forma de su semilla *A megalocarpon* se debe sembrar de manera que la parte plana quede verticalmente. La siembra de *M. zapota*, *O macrocalyx* y *R. mucosa* debe hacerse con la parte del hipocótilo hacia abajo, esto con el fin de evitar el gasto de energético por parte de la semilla al anclar su radícula. Para *Eugenia* sp. se recomienda probar escarificación mecánica como tratamiento pregerminativo.

De las tres clases de sombras usadas en el experimento en vivero, se aconseja el uso de la malla sombra de 60% para la producción de plántulas, debido a que en ella no se registraron casos de mortalidad por incidencia solar para las especies estudiadas. Además porque dicho porcentaje de sombra permite una intensidad lumínica intermedia donde las plántulas tienen las condiciones similares a las naturales en donde se establecerán.

Se sugiere que los estudios se encaminen hacia la observación de la capacidad de establecimiento de las plántulas *in situ* mediante la siembra directa de semillas y sus requerimientos bióticos y abióticos que pueden condicionar la regeneración de las diferentes coberturas de la vegetación natural. Si los resultados muestran que esta práctica es viable, los costos implicados en el sistema de vivero se minimizarían, sobre todo los de transporte de plántulas al área de reforestación.

12. LITERATURA CITADA

- Aguilar CJM, Aguilar MCA. 1992. Árboles de la biósfera Maya Petén, guía para las especies del Parque Nacional Tikal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias químicas y farmacia, escuela de biología, centro de estudios conservacionistas (CECON), Guatemala. Pp. 272.
- Andresen E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, 26: 87-97.
- Arriaga MV, Cervantes GV, Vargas-Mena A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: Colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, UNAM, México. Pp. 179.
- Bazzaz FA. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10: 351-371.
- Bewley JD, Black M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York. Pp. 306.
- Cabrelli D, Rebottaro S, Efrán OD. 2006. Caracterización del dosel forestal y del microambiente lumínico en rodales con diferente manejo, utilizando fotografía hemisférica. *Quebracho*, 13: 17-25.
- Camacho-Cruz A, González EM, Wolf DHJ, De Jong JHB. 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. *Canadian Journal of Botanic*, 78: 1309-1318.
- Clark DA, Clark DB. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: Evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist*, 124: 769-788.
- Clark DA, Clark DA. 1989. The role of physical damage in the seedling mortality of a neotropical rain forest. *Oikos*, 55: 225-230.

- Clark DB, Clark DA. 1991. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 79: 447–457.
- Coley PD, Barone JA. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 305-335.
- Dalling JW, Muller-Landau CH, Wright JS, Hubbell PS. 2002. Role of dispersal in the recruitment limitation of Neotropical pioneer species. *Journal of Ecology*, 90: 714-727.
- De Jong JHB, Ochoa-Gaona S. 2003. Estudio del potencial de captura de carbono en 5 comunidades del municipio Tenosique, Tabasco. Informe final, CONAFOR-PRODEFOR - El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa, Tabasco. Pp. 43.
- Didham RK, Lawton JH. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* 31: 17-20.
- Enciclopedia de los Municipios de México. 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Tabasco, Tabasco, México. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/tabasco/index.html>
- Figuroa J. 2000. Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. *Revista Chilena de Flora y Vegetación Chloris Chilensis*, 3(2). URL: <http://www.chlorischile.cl/semillas/semillas.htm>
- Foster SA. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. *Botanical Review*, 52: 261-299.

- Foster SM. 2008. Potential effects of arboreal and terrestrial avian dispersers on seed dormancy, seed germination and seedling establishment in *Ormosia* (Papilionoideae) species in Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 24: 619–627.
- Foster SM, Delay SL. 1998. Dispersal of mimetic seeds of three species of *Ormosia* (Leguminosae). *Journal of Tropical Ecology*, 14: 389–411.
- Franceschini CM. 2000. Morfología de embriones y plántulas en Mirtáceas del nordeste Argentino. *Ciencia & tecnología, comunicaciones científicas y tecnológicas*.
<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/biologia/b-039.pdf>
- Garwood NC. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. Pp. 59–129. En: Swaine D. M. (Eds). *The ecology of tropical forest tree seedlings*. Man and Biosphere series, Parthenon, UK.
- Geilfus F. 1994. El árbol al servicio del agricultor. *Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural*, vol. 2: Guía de Especies. Enda-caribe/CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 333.
- Guariguata RM, Pinard AM. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in Neotropical forest trees: Implications for natural forest management *Forest Ecology and Management*, 112: 87-99.
- Guariguata RM, Arias-Le CH, Jones G. 2002. Tree seed fate in a logged and fragmented forest landscape, northeastern Costa Rica. *Biotropica*, 34(3): 405-415.
- Guariguata RM, Ostertag R. 2002. Sucesión secundaria. Pp. 592-623. En: Guariguata, M.R. y G.H. Kattan (Eds). *Ecología y conservación de bosques tropicales*. Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica.

- Hammond DS. 1995. Post-dispersal seed and seedling mortality of tropical dry forest trees after shifting agriculture, Chiapas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 11: 295–313.
- Harms, KE, Paine TEC. 2003. Regeneración de árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. *Revista Ecosistemas*, 3.
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=190>
- Harper AK, MacDonald ES, Burton JP, Chen J, Brososke KD, Saunders SC, Euskirchen SE, Roberts D, Jaiteh SM, Esseen P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19 (3): 768–782.
- Harper JL. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London, England. Pp. 892.
- Hartmann H. y Kester D. 1988. *Propagación de plantas*. Compañía Editorial Continental México D. F. Pp. 760.
- Hayashida-Oliver Y, Boot R, Poorter I. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. *Ecología en Bolivia*, 35: 51-60.
- HemiView. 1999. User manual version 2.1. Delta- T Devices, Ltd. Cambridge, UK. Pp. 79. ftp://ftp.dynamax.com/Manuals/HemiView_Manual.pdf
- Hernández TH. 1992. Manifiesto de impacto ambiental modalidad intermedia de la P.H. Boca del cerro, Tenosique. Comisión Federal de Electricidad. Mecano escrito. Pp. 120.
- Ibarra-Manríquez G, Martínez-Ramos M, Oyama K. 2001. Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany*, 88(10): 1801–1812.

- INEGI. 2000. Dirección General de Geografía. Superficie del País por Entidad y Municipio. 2000. Inédito.
http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/info/tab/m017/c27017_01.xls
- INEGI. 2005. *Marco Geoestadístico*, Inédito.
http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/info/tab/m017/c27017_01.xls
- INEGI. 2006. Cuaderno Estadístico Municipal de Tenosique, Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.
<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/estatal/tab/m017/index.htm>
- Jordano P, Zamora R, Marañón T, Arroyo J. 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo: Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas*, 10 (1). <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/312.pdf>
- Khumbongmayum DA, Khan LM, Tripathi SR. 2005. Survival and growth of seedlings of a few tree species in the four sacred groves of Manipur, Northeast India. *Current science*, 88(11 y10): 1781-1788.
- Lanly, JP. 2003. Deforestation and forest degradation factors. Congress Proceedings B, XII World Forestry Congress, Quebec. Pp. 75–83.
- Longman K. A. 2003. Raising seedlings of tropical trees. *Tropical trees: Propagation and planting manuals*. SRM Production Services, Malaysia. Pp.138.
<http://www.fao.org/DOCREP/006/AD230E/AD230E00.HTM>

- Macario MPA, García ME, Rivera ARJ, Xolocotzi HE. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana*, 32: 11-23.
- Marañón T, Camarero JJ, Díaz M, Espelta MJ, Hampe A, Jordano P, Valladares F, Verdú M, Zamora R. 2004a. Heterogeneidad ambiental y nicho de regeneración. Pp 69-99. En: Valladares F. (Comp.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. EGRAF S. A., Madrid.
- Marañón T, Villar R, Quero LJ, y Pérez-Ramos MI. 2004b. Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: Experimentos de campo y de invernadero. *Cuaderno de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 20: 87-92.
- Martínez-Ramos M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 54: 179-224.
- Martínez-Ramos M, Álvarez-Buylla E. 1995. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 56: 121-153.
- Martínez-Ramos M y Soto-Castro A. 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio*, 107/108: 299-317.
- Martínez-Sánchez JL. 2004. Fragmentación y remoción de semillas en el piso de la selva húmeda tropical: El caso de la reserva natural de Los Tuxtlas, sureste de México. *Universidad y Ciencia*, 20 (39): 7-14.
- Newmark WD. 2001. Tanzania forest edge microclimatic gradients: Dynamic patterns. *Biotropica*, 33: 2-11.

- Niembro RA. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura. Limusa, México. Pp. 285.
- Novotny V, Basset Y, Miller SE, Weiblen GD, Bremer B, Cizek L, Drozd P. 2002. Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature*, 416: 841-844.
- Ochoa-Gaona S, Pérez-Hernández I, De Jong HJB. 2008a. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 56 (2): 657-673.
- Ochoa-Gaona S, Villanueva-López G, Hernández-Margalli I, Pérez-Hernández I. 2008b. Manual de semillas de especies forestales de las montañas de Tenosique, Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur. México. Ed. Fray Bartolomé de las Casas A.C., San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Pp. 98.
- Ochoa-Gaona S, Pérez-Hernández I, Jiménez-Pérez NDC. 2008c. Descripción de especies arbóreas más comunes de la sierra de Tenosique, Tabasco, México. El Colegio de la Frontera Sur. México. Ed. Fray Bartolomé de las Casas A.C. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Pp. 137.
- OFI-CATIE 2003. Árboles de Centroamérica un manual para extensionistas. Department of Plant Sciences University of Oxford-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Pp. 1077.
- Parraguirre LC. 1992. Germinación de las semillas de trece especies forestales comerciales de Quintana Roo. Memorias del taller madera, chicle y milpa, Contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México. PROAF, INIFAP, USAID y WWF-US. Chetumal, Quintana Roo. 67-80.
- Patiño F, De La Garza P, Villagómez Y, Talavera I, Camacho F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Instituto nacional de

investigaciones forestales, Subsecretaría Forestal, México D.F. Boletín
Divulgativo no. 63. Pp.181.

Paul RJ, Randle AM, Chapman AC, Chapman LJ. 2004. Arrested succession in logging
gaps: is tree seedling growth and survival limiting?. *African Journal of Ecology*,
42: 245–251.

Pennington TD, Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la
identificación de las principales especies. Fondo de Cultura Económica, México
D.F., México. Pp. 523.

Pereyra MMM, Fredericksen ST. 2002. Regeneración por semilla de especies
maderables en áreas de aprovechamiento forestal en un bosque húmedo tropical
en Bolivia. Documento Técnico. Objetivo Estratégico de Medio Ambiente
(USAID/Bolivia). Pp. 16.

Plana EB. 2000. Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical. Curso sobre
gestión y conservación de bosques tropicales. Centro Tecnológico Forestal de
Cataluña.
<http://www.bionica.info/Biblioteca/Plana%20Bach%202000%20Ecologia%20bosque%20tropical.pdf>

Poorter L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the
relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology*,
13: 396-410.

Poorter L, Hayashida-Oliver Y. 2000. Effects of seasonal drought on gap understory
seedling in a Bolivian moist forest. *Journal of Tropical Ecology*, 16:481-498.

Priestley DA. 1986. Seed aging: implications for seed storage and persistence in
the soil. Comstock, NY: Cornell University Press. Pp. 304.

- Pulido FJ. 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus spp.*). *Revista Chilena de Historia Natural*, 75 (1): 5-15.
- Rickera M, Siebe Ch, Sánchez S, Shimadab K, Larson CB, Martínez-Ramos M, Monagninie F. 2000. Optimising seedling management: *Pouteria sapota*, *Diospyros digyna*, and *Cedrela odorata* in a Mexican rainforest. *Forest Ecology and Management*, 139: 63-77.
- Romo RM. 2005. Efecto de la luz en el crecimiento de plántulas de *Dipteryx micrantha* Harms "shihuahuaco" transplantadas a sotobosque, claros y plantaciones. *Ecología Aplicada*, 4(1 y 2): 1-8.
- Roper J, Roberts WR. 1999. Deforestación: bosques tropicales en disminución. Red de Asesores Forestales de la ACDI (RAFA), Burnaby, Columbia Británica, Canadá. Pp. 54.
- Roxburgh JR, Kelly D. 1995. Uses and limitations of hemispherical photography for estimating forest light environments. *Zealand Journal of Ecology*, 19(2): 213-217.
- Sánchez D, Arends E, Villarreal A, Cegarra A. 2005. Fenología y caracterización de semillas y plántulas de *Pourouma cecropiifolia* Mart. *Ecotrópicos*, 18(2): 96-102.
- Sánchez D, Arends E, Garay V. 2003. Caracterización de las semillas de seis especies frutales arbóreas, usadas por la etnia Piaroa en la Reserva forestal Sipapo, estado Amazonas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 47(2): 31-36.
- Sánchez AJ, Muñoz CB, Hernández L, Montejo L, Suárez GA, Torres-Arias Y. 2006. Tratamientos robustecedores de semillas para mejorar la emergencia y el crecimiento de *Trichospermum mexicanum*, árbol tropical pionero. *Agronomía Costarricense*, 20(1): 7-26.

- Sautu A, Baskin MJ, Baskin CC, Condit R. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecology and Management*, 234: 245–263.
- Schmidt L. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Borch Tryk A/S. Danida Forest Seed Centre, Roma, Italia. Pp. 532.
<http://www.sl.life.ku.dk/publikationer/udgivelser/dfsc/dfschbook1.aspx>
- Schupp EW. 1988 Seed and early seedling predation in the understory and in treefall gaps. *Oikos*, 51: 525-530.
- Soilmoisture. 1998. Manual para el manejo de Tensiómetro y recomendaciones de uso. Santa Bárbara, California EU. Pp. 24.
- Tanner EVJ, Vitousek MP, Cuevas E. 1998. Experimental investigations of nutrient limitation of forest growth on wet tropical mountains. *Ecology*, 79: 10-22.
- Vásquez ND, Bueso R. 2001. Gradiente de viabilidad de la semilla de ocho especies maderables del bosque húmedo tropical de Honduras. Estudiante de ingeniería forestal. Escuela Nacional de Ciencias Forestales ESNACIFOR. Pp. 9.
- Vázquez-Yanes C, Orozco-Segovia A, Rincón E, Sánchez-Coronado ME, Huante P, Barradas V, Toledo JR. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest effect on seed germination. *Ecology*, 71: 1952-1958.
- Vázquez-Yanes C, Orozco A, Rojas M, Sánchez EM, Cervantes V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica, México. Pp. 115.
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>

Vázquez-Yanes C, Orozco-Segovia A. 1992. El Bosque Lluvioso en América Tropical: Dinámica forestal, reforestación, manipulación de las semillas y problemas de manejo. *Tree Planters' Notes*, 43(4):119-124.


Whelan CJ, Wilson FM, Tuma AC, Souza-Pinto I. 1991. Spatial and temporal patterns of postdispersal seed predation. *Canadian Journal of Botany*, 69: 428-436.

Willan RL. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes, Roma, Italia. Pp. 502.

Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Nueva Jersey, EU. Pp. 663.

13. ANEXOS

Anexo 1. Formato para la toma de datos en el experimento en campo.

 ECOSUR	<p>EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR, UNIDAD VILLAHERMOSA TAB.</p> <p>Formato para la toma de datos de germinación, remoción de semillas, depredación y establecimiento de plántulas de especies nativas, Ejido Niños Héroes, Tenosique, Tab.</p>
--	---

Nombre: _____ Fecha: _____ Humedad suelo: B-1 _____ B-2 _____ B-3 _____

Sp.	B-1				B-2				B-3			
	Semillas		Plántulas		Semillas		Plántulas		Semillas		Plántulas	
	Depreda	Germina	Depreda	Creci	Depreda	Germina	Depreda	Creci	Depreda	Germina	Depreda	Creci
1-Chico												
2-Chico												
3-Chico												
4-Chico												
5-Chico												
6-Chico												
7-Chico												
8-Chico												
9-Chico												
10-Chico												
11-Chico												
12-Chico												
13-Chico												
14-Chico												
15-Chico												
16-Chico												
17-Chico												
18-Chico												
19-Chico												
20-Chico												
1- Bayo												
2- Bayo												

3- Bayo												
4- Bayo												
5- Bayo												
6- Bayo												
7- Bayo												
8-Bayo												
9-Bayo												
10-Bayo												
11- Bayo												
12- Bayo												
13- Bayo												
14- Bayo												
15- Bayo												
16- Bayo												
17-Bayo												
18-Bayo												
19-Bayo												
20-Bayo												
1-Machi												
2-Machi												
3-Machi												
4-Machi												
5-Machi												
6-Machi												
7-Machi												
8-Machi												
9-Machi												
10-Machi												
11-Machi												
12-Machi												
13-Machi												
14-Machi												
15-Machi												
16-Machi												

17-Machi												
18-Machi												
19-Machi												
20-Machi												
1-Escobi												
2-Escobi												
3-Escobi												
4-Escobi												
5-Escobi												
6-Escobi												
7-Escobi												
8-Escobi												
9-Escobi												
10-Escobi												
11-Escobi												
12-Escobi												
13-Escobi												
14-Escobi												
15-Escobi												
16-Escobi												
17-Escobi												
18- Escobi												
19-Escobi												
20-Escobi												
1-Caracol												
2-Caracol												
3-Caracol												
4-Caracol												
5-Caracol												
6-Caracol												
7-Caracol												
8-Caracol												
9-Caracol												
10-Caracol												

11-Caracol												
12-Caracol												
13-Caracol												
14-Caracol												
15-Caracol												
16-Caracol												
17-Caracol												
18-Caracol												
19-Caracol												
20-Caracol												
1-Anona												
2-Anona												
3-Anona												
4-Anona												
5-Anona												
6-Anona												
7-Anona												
8-Anona												
9- Anona												
10- Anona												
11- Anona												
12- Anona												
13- Anona												
14- Anona												
15- Anona												
16- Anona												
17- Anona												
18- Anona												
19- Anona												
20- Anona												

Anexo 2. Semillas de las especies seleccionadas.

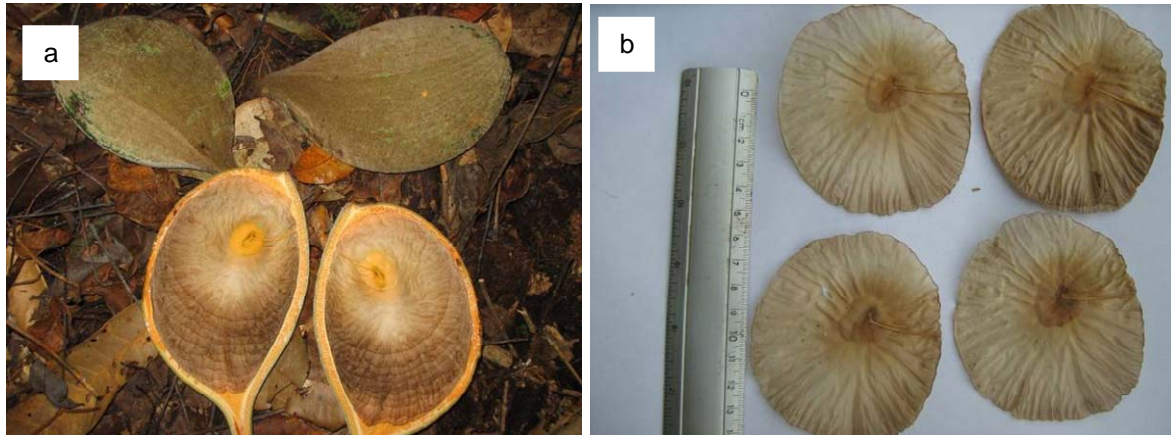


Figura 15. Frutos (a) y semillas (b) de *Aspidosperma megalocarpon*.



Figura 16. Semillas (a) de *Eugenia* sp.



Figura 17. Frutos (a) y semillas (b) de *Lonchocarpus castilloi*.

Anexo 2 (continuación). Semillas de las especies seleccionadas.



Figura 18. Frutos (a) y semillas (b) de *Manilkara zapota*.



Figura 19. Frutos y hojas (a) y semillas (b) de *Ormosia macrocalyx*.

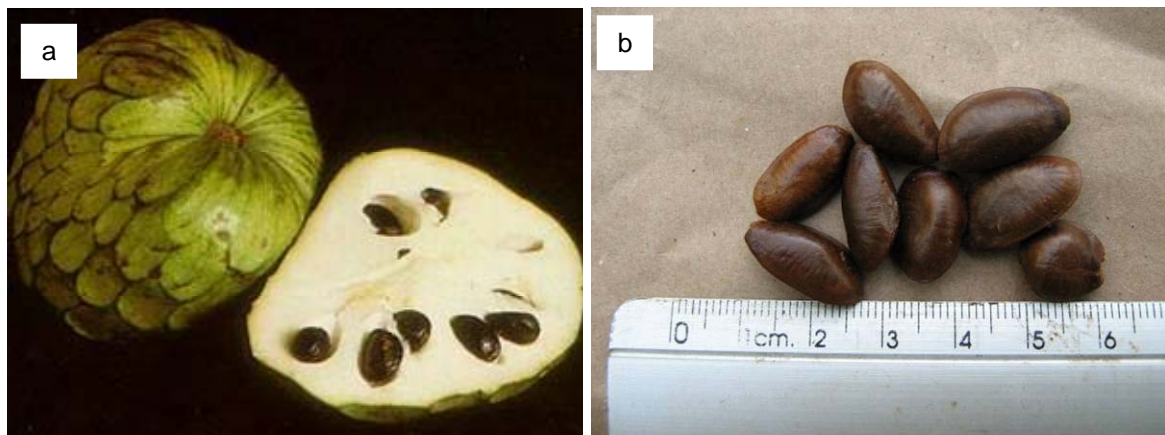


Figura 20. Fruto (a) y semillas de *Rollinia mucosa*.

Anexo 3. Plántulas de las especies usadas en el experimento.

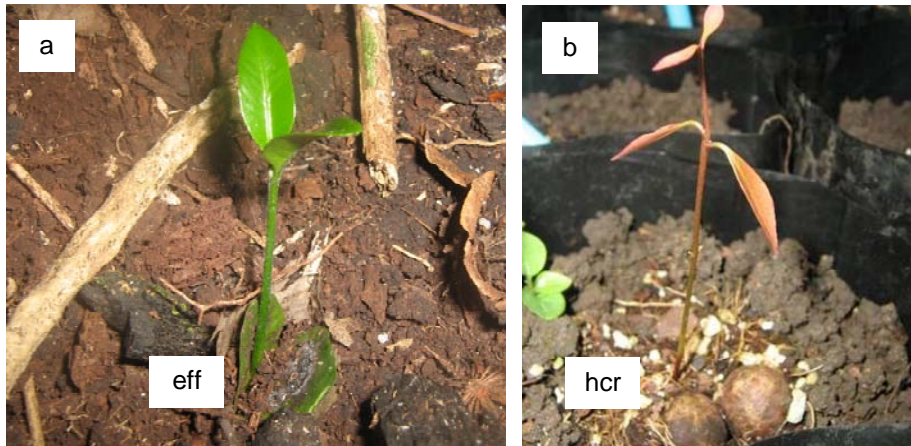


Figura 21. Plántula de *Aspidospema megalocarpon* (a) que muestra germinación tipo epígea fanerocotilar con cotiledones foliáceos (eff). Plántula de *Eugenia* sp.(b) que muestra germinación tipo hipógea criptocotilar con cotiledones de reserva (hcr).



Figura 22. Plántula de *Lonchocarpus castilloi* (a) que muestra germinación epígea fanerocotilar con cotiledones de reserva (efr) y *Ormosia macrocalyx* (b) que muestra germinación tipo epígea fanerocotilar con cotiledones foliáceos (eff).

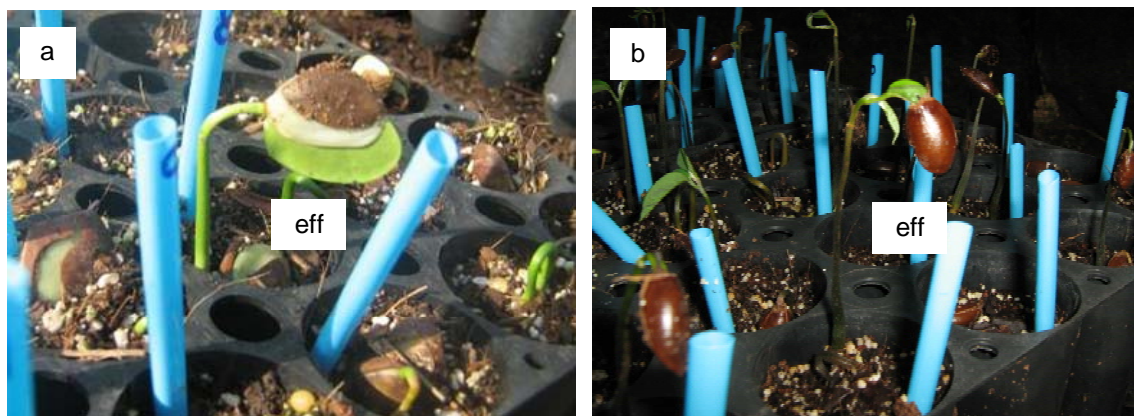


Figura 23. Plántula de *Manilkara zapota* (a) y *Rollinia mucosa* (b) que muestran germinación tipo epígea fanerocotilar con cotiledones foliáceos (eff).

Anexo 4. Artículo sometido a la revista "Madera y Bosques".

**Germinación y sobrevivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco,
México.**

Isidro Pérez-Hernández¹, Susana Ochoa-Gaona^{1*}, Georgina Vargas Simón², Manuel Mendoza-Carranza¹ y Noel Antonio González Valdivia¹

¹ Área de Sistemas de Producción Alternativos. El Colegio de la Frontera Sur. Apdo. Postal 1042, Admón. de Correos de Tabasco 2000, 86031 Villahermosa, Tabasco, México. Tel/Fax +52 (993) 3136110.

² División de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 s/n. 86150 Villahermosa, Tabasco, México. Tel +52 (993) 3391264.

* Correspondencia: sochoa@ecosur.mx

RESUMEN

Se evaluó la germinación y sobrevivencia *in situ* y *ex situ* de plántulas de *Aspidosperma megalocarpon*, *Eugenia* sp., *Lonchocarpus castilloi*, *Manilkara zapota*, *Ormosia macrocalyx* y *Rollinia mucosa*. En campo se sembraron 2,160 semillas en nueve bloques de 5 x 20 m distribuidos en bosque tropical, acahual maduro y acahual joven. El experimento se replicó en condiciones de vivero bajo sombra de 40, 60 y 80%. Los tipos de cobertura vegetal no mostraron diferencias significativas en las tasas de germinación y de crecimiento. Sin embargo, estos sí influyeron en la capacidad de germinación de *A. megalocarpon* y *O. macrocalyx*, y en las tasas de depredación de *M. zapota* y *L. castilloi*. En el Aj se presentó la mayor depredación de semillas, sin embargo, las plántulas remanentes sobrevivieron mejor que las de las otras coberturas

vegetales. En el vivero no se encontró diferencia en la proporción de semillas germinadas, las tasas de germinación y de crecimiento. *R. mucosa*, fue la única especie que presentó menor sobrevivencia en sombra de 40% (42%). Las condiciones ambientales de las diferentes clases de cobertura vegetal en el área de estudio mantienen condiciones adecuadas para iniciar el proceso de germinación, crecimiento y establecimiento de plántula de las especies estudiadas lo cual permite sugerir su utilización en la rehabilitación de áreas degradadas del bosque original sembrando de manera directa, siempre y cuando se realice de manera inmediata después de la recolecta. Es necesario continuar con estos estudios para promover el uso de especies nativas en la rehabilitación y restauración de bosques tropicales.

Palabras claves: tasas de germinación, condiciones ambientales, depredación, latencia, semillas de árboles, tasa de crecimiento.

ABSTRACT

The germination and survival *in situ* and *ex situ* of seedlings of *Aspidosperma megalocarpon*, *Eugenia* sp., *Lonchocarpus castilloi*, *Manilkara zapota*, *Ormosia macrocalyx* and *Rollinia mucosa* was evaluated. In field 2.160 seeds in nine blocks of 5 x 20 m were sowed in areas of tropical forest, mature fallows (25 years) and young fallows (8 years). The experiment was replicated in conditions of tree nursery using 40%, 60% and 80% of shade. The coverings of vegetation and the types of shade didn't show statistical differences in the time of latency, capacity of germination and rate of growth of seedlings of the same species. Each species showed particular answers to each other. In field *L. castilloi* and *O. macrocalyx* were those that showed better results. In the tree nursery the capacity of germination (76%) and survival of seedlings (74%) were higher; in the field although minor (47% and 40%) these values are elevated

compared with other studies. In the forest, the capacity of germination (55%) was higher meanwhile depredation of seeds (23%) was lower. The young fallow showed minor capacity of germination (38%), and higher depredation of seeds (32%), although this habitat showed greater survival of seedlings (53%). In field the depredation average of seeds was low (27%) which could be due to the seeds were buried completely. The produced information facilitates the use of the studied species in the rehabilitation of degraded areas of the original forest. It is necessary to continue with these studies in order to promote the use of native species in the rehabilitation and restoration of tropical forest.

Key words: rate of germination, environmental conditions, depredation, latency, seeds of trees, rate of growth.

INTRODUCCIÓN

El éxito de la germinación y establecimiento de plántulas en el medio natural está determinado por factores bióticos como la densidad, depredadores y patógenos (especialmente hongos), y por factores abióticos como la disponibilidad de luz, agua y nutrientes del suelo (Willan, 1991; Camacho-Cruz *et al.*, 2000; Harms y Paine, 2003). Estos últimos, influyen en los procesos que regulan la germinación de manera que coincida con períodos del año en que las condiciones del ambiente son favorables para la supervivencia de las plántulas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992; Figueroa, 2000). Actualmente estos mecanismos se han visto gravemente afectados debido a la transformación de los bosques nativos en áreas ganaderas, agrícolas y urbanas, lo que ha contribuido en la simplificación, degradación y desaparición del bosque y del ecosistema en su conjunto (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992; Lanly, 2003). Debido a esto, se hace necesaria la propagación de especies nativas para el enriquecimiento, la

reforestación y la restauración de las áreas afectadas. Sin embargo, los planes de reforestación implementados en los trópicos americanos aun son limitados en el uso de especies nativas, y con mayor frecuencia usan especies exóticas como eucaliptos, teca o gmelina, promoviendo la creación de bosques monoespecíficos de rápido crecimiento para la producción de madera y celulosa. Estos bosques manejados desplazan a las plantas y animales nativos y a menudo son pobres en biodiversidad (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992; Arriaga *et al.*, 1994).

La siembra directa de semillas es una opción para diversificar las áreas forestales ya que puede dar buenos resultados en la propagación de especies nativas. Además, en comunidades con escasos recursos económicos, este método permite evitar las dificultades técnicas y los gastos inherentes a otras formas de propagación de plántulas más elaborados (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

OBJETIVO

Analizar y comparar la germinación, depredación de semillas, crecimiento y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales nativas en tres clases de gradientes de perturbación de la vegetación natural (bosque tropical, acahual maduro y acahual joven) comparando con replicas en condiciones controladas de vivero bajo sombras de 40%, 60% y 80% y estimar la influencia de las condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad del suelo y ambiental) sobre estos parámetros.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en el sureste de México, en el Área de protección de flora y fauna conocida como Cañón del Usumacinta, en el ejido Niños Héroe de Chapultepec, localizado en la sierra del

municipio de Tenosique a 17° 16' 27'' lat N y 91° 24' 2'' long O, a 450 m de altitud (INEGI, 2006; Fig. 1). Los suelos son de tipo litosol, con poca profundidad, limitados por estratos duros y coherentes dentro de los primeros diez centímetros. El clima es cálido-húmedo con lluvias todo el año (Af), las cuales decrecen ligeramente en invierno. La temperatura media anual oscila entre 25.4°C y 26.9°C. El régimen de precipitación alcanza 3,286 mm anuales, con un promedio máximo mensual de 400 mm en el mes de septiembre y un mínimo mensual de 50 mm en el mes de abril (Enciclopedia de los Municipios de México, 2005). Esta zona montañosa, esta cubierta por fragmentos de bosque tropical lluvioso inmersos en un mosaico de vegetación secundaria de diferente edad derivada de la actividad agrícola y pastizales inducidos para la ganadería localizados en las partes planas u onduladas (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

Colecta y selección de especies

Para el área de estudio se reportan 34 especies arbóreas que fructifican entre enero y mayo (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008), de éstas, se seleccionaron seis con base en su importancia local y estado sucesional (Cuadro 1).

Se recolectaron frutos en la vegetación natural -directamente del árbol y en menor cantidad del suelo - entre el 25 de febrero y el 11 de marzo de 2008, para lo cual se siguieron las recomendaciones de la FAO-DANINA (Willan, 1991). Las semillas vanas o que presentaban daño visible se desecharon, además se aplicó una prueba de flotación para garantizar la viabilidad de la germinación (Mulawarman *et al.*, 2003). Las semillas fueron guardadas a lo máximo dos días a temperatura ambiente mientras se colectaba la cantidad necesaria para iniciar el experimento.

Diseño experimental en campo y vivero

Se seleccionaron sitios con tres repeticiones en remanentes de bosque tropical (Bt), en acahual maduro (25 años, Am) y en acahual joven (8 años, Aj). En cada sitio se delimitó un rectángulo de 5 x 20 m, dentro del cual se sembraron al azar 40 semillas de cada especie en 20 puntos de siembra (dos semillas por punto) con separación de un metro entre puntos. En total se sembraron 2,160 semillas de las seis especies en los tres tipos de cobertura vegetal; las semillas fueron cubiertas aproximadamente por un centímetro de suelo. Para evitar el efecto de borde (Harper *et al.*, 2005) en el Bt los sitios se ubicaron al centro de la vegetación (Newmark, 2001) y para el Aj y Am a 184 m del límite de la vegetación adyacente (Dihham y Lawton, 1999).

El experimento en vivero se realizó cerca del poblado en un área comunal destinada para el cultivo de plantas, donde se armaron tres estructuras de metal las cuales se cubrieron totalmente con malla sombra de 40% (S-40), 60% (S-60) y 80% (S-80). Se sembró la misma cantidad de semillas que en el experimento en campo, las semillas se distribuyeron equitativamente en las tres clases de sombra. Se usaron charolas de germinación COPPER BLOCK 60/220 ml (60 hoyos de 220 ml cada uno) y sustrato comercial CRECI ROOT, una vez hecha la siembra se mantuvo humedad constante.

Registro de datos

El experimento se evaluó por seis meses (marzo-agosto de 2008). Después de la siembra de cada especie se registraron datos diariamente durante los primeros 20 días; posteriormente cada ocho días y los últimos cuatro registros se realizaron cada 15 días. Semanalmente se midió al centro de cada bloque de muestreo la humedad del suelo, utilizando un tensiómetro marca “QUICK DRAW Soilmoisture probe” modelo 2900 FI. La temperatura y humedad ambiental, se midieron con un HOBO (Onset, Computer Corporation), el cual se programó (software BOXCAR 3.6) para que registrara datos cada hora después de iniciado el experimento. Para calcular la radiación

total bajo el dosel se tomaron tres fotografías hemisféricas en cada tipo de cobertura vegetal (Roxburgh y Kelly, 1995) a 1 m de altura sobre el nivel del suelo con una cámara digital marca Nikon COOL PIX 8400 con 8.0 Mega pixel, con convertidor de ojo de pescado (Fisheye) FCE9 0.2X. Las fotografías obtenidas se procesaron y analizaron con el software Hemiview Canopy Versión 2.1 SR1 (HemiView, 1999).

Procesamiento de datos y análisis estadístico

Para cada especie en cada tipo de cobertura vegetal y tipo de sombra se evaluaron las siguientes variables: a) tiempo de latencia de semillas (número de días transcurridos a partir de la siembra hasta el registro de la primera semilla germinada, Arriaga *et al.*, 1994); b) capacidad de germinación (porcentaje total de semillas germinadas, Arriaga *et al.*, 1994), y tasa media de germinación (sg s^{-1} semillas germinadas por semana, Martínez-Sánchez, 2004); c) porcentaje de sobrevivencia de plántulas (Arriaga *et al.*, 1994); d) tasa media de crecimiento de plántulas (cm s^{-1} , centímetros por semana, Martínez-Sánchez, 2004). Sólo en el experimento en campo se registró la depredación de semillas (porcentaje de semillas depredadas) y la tasa media de depredación (sd s^{-1} , semillas depredadas por semana; Martínez-Sánchez, 2004).

A las tasas evaluadas y a las variables ambientales se aplicó ANDEVA unifactorial para comparar la respuesta entre las especies en cada cobertura vegetal y clases de sombra, previa prueba de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Se aplicó la prueba de Ji-cuadrada para evaluar el comportamiento individual de las especies en los tipos de cobertura vegetal y clases de sombra. Para compara el comportamiento de las especies en campo y vivero se utilizó ANDEVA unifactorial. Los datos en porcentaje que no fueron normales se les aplicó arcoseno para normalizarlos y a las tasas se les aplicó logaritmo natural (Zar, 1999).

RESULTADOS

Diferencias microclimáticas

La humedad del suelo y la temperatura ambiental no presentaron diferencias significativas entre las tres coberturas de vegetación ($F=0.214$, $p=0.807$, $F=0.008$, $p=0.991$; Fig. 2a y 2b). La humedad ambiental fue diferente en las tres coberturas vegetales ($F=19.03$, $p=0.001$). Se presentó mayor humedad ambiental promedio en el Bt durante todo el estudio ($\geq 80\%$), mientras que el Aj mostró los valores más bajos ($<62\%$; Fig. 2c). La radiación solar fue diferente para cada cobertura vegetal ($F=10.91$, $p<0.01$). En el Aj se presentó el mayor valor y en Bt el menor valor (Fig. 2d).

Germinación

Tiempo de latencia de semillas

En el campo las clases de cobertura vegetal no influyeron en el tiempo de ruptura de latencia de las especies evaluadas. En vivero, la diferencia de sombra solo ejerció influencia en *Eugenia* sp.; ésta mostró menor tiempo en S-80 ($X^2=4.78$, $p= <0.028$) y mayor tiempo en S-40 y S-60. Al comparar la respuesta entre campo y vivero, se encontró que *Eugenia* sp., *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx* mostraron similar tiempo de latencia, mientras que *A. megalocarpon* y *R. mucosa*, fueron diferentes ($F=36.57$, $p<0.0037$ y $F=10.61$, $p<0.031$ respectivamente). Los menores tiempos de latencia los presentaron *L. castilloi* (3 días en campo y 5 días en vivero) y *O. macrocalyx* (10 días en ambos experimentos); *M. zapota* mostró tiempos intermedios (33 días en campo y 24 en vivero), mientras que *Eugenia* sp. requirió el mayor tiempo (131 días en campo y 123 días en vivero; Fig. 3).

Capacidad de germinación

En campo el tipo de cobertura vegetal influyó en la capacidad de germinación de *A. megalocarpon* y *O. macrocalyx*. En Bt *A. megalocarpon* presentó el mayor valor (65%), cantidad que fue diferente al de Am (32%, $X^2=11.29$, $p<0.001$) y al de Aj (20%, $X^2=23.59$, $p<0.001$), no se encontraron diferencias entre los valores del Am y Aj. *O. macrocalyx* mostró mayor capacidad de germinación en Am (82%) siendo diferente al valor del Aj ($X^2= 4.2$, $p<0.04$). No se encontró diferencias entre los valores del Bt y el Aj (Fig. 4a). La mayor capacidad de germinación promedio en campo fue de 82% (*O. macrocalyx*) y el menor valor fue de 8% (*Eugenia* sp.). En el vivero no se encontró diferencia en la proporción de semillas germinadas para cada especie en las tres clases de sombra. Cinco especies mostraron capacidad de germinación $\geq 76\%$; *R. mucosa* presentó el mayor valor (98%) y *Eugenia* sp. mostró el valor mas bajo (11%; Fig. 4b). La capacidad de germinación de las seis especies fue mayor en vivero con relación al campo (Cuadro 2). *A. megalocarpon* y *R. mucosa* alcanzaron poco más del doble de germinación en vivero. *O. macrocalyx* y *L. castilloi* mostraron los valores más alto en los dos experimentos. *Eugenia* sp. presentó menor germinación en ambos experimentos.

Tasa de germinación

Los tipos de cobertura vegetal y las clases de sombra no mostraron diferencias significativas en las tasas de germinación de las especies. Los valores de las seis especies fueron más altos en el vivero. Para cinco especies las diferencias en las tasas de germinación fueron significativas entre el campo y el vivero: *A. megalocarpon* ($F=91.12$, $p<0.001$), *L. castilloi* ($F=26.86$, $p<0.006$), *M. zapota* ($F=102.3$, $p<0.001$), *O. macrocalyx* ($F=17.64$, $p<0.013$) y *R. mucosa* ($F=29.18$, $p<0.001$). En campo y vivero los patrones de las tasas de germinación mostradas por las especies fueron similares. *L. castilloi* mostró las mayores tasas de germinación promedio (campo: 13.2 sg s^{-1} ,

vivero: 41.7 sg s⁻¹), mientras que las menores tasas las presentó *Eugenia* sp. (campo: 2.8 sg s⁻¹, vivero: 3.4 sg s⁻¹; Fig. 5).

Depredación de semillas

La cantidad de semillas depredadas para las seis especies estuvo influenciada por al menos una de las clases de cobertura vegetal. *L. castilloi* presentó diferente cantidad de semillas depredadas en los tres tipos de cobertura vegetal, *R. mucosa* fue depredada en igual proporción en Aj y Bt y presentó diferencias significativas con el valor del Am. *A. megalocarpon*, *Eugenia* sp., *M. zapota* y *O. macrocalyx* presentaron diferentes valores en el Aj y Am; la depredación de semillas en el Bt fue similar a los de Aj y Am (Cuadro 3).

La cantidad promedio de semillas depredadas entre las especies no mostró diferencias significativas (F=2.26, p<0.114). En el Aj se registró la mayor depredación para *A. megalocarpon* (30%), *L. castilloi* (42%), *M. zapota* (54%) y *O. macrocalyx* (36%). La menor depredación para *L. castilloi* y *M. zapota* se presentó en Bt (22% y 33%, respectivamente). *A. megalocarpon* y *O. macrocalyx* fueron menos depredados en Am (13% y 17%, respectivamente); sólo *Eugenia* sp. mostró menor depredación en Aj (8%; Fig. 6a).

Tasa de depredación de semillas

Las tasas de depredación de *A. megalocarpon*, *Eugenia* sp., *O. macrocalyx* y *R. mucosa* no mostraron diferencias en los tres tipos de cobertura vegetal. Para *L. castilloi* y *M. zapota* las tasas no mostraron diferencias significativas entre el Am y el Bt; sin embargo, los valores del Aj fueron mayores a los del Am y del Bt (*L. castilloi*: X²= 5.18, p<0.02, X²= 7.12, p<0.007 y *M. zapota*: X²=11.67, p<0.001 y X²=10.7, p<0.001 respectivamente).

La tasa de depredación de semillas fue diferente para cada especie ($F=3.12$, $p<0.04$); la más baja fue de 0.15 sd s^{-1} (*Eugenia* sp. en Aj) y la más alta fue de 15.2 sd s^{-1} (*M. zapota*, en Aj). Cuatro especies mostraron mayor tasa de depredación en Aj (*A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*) y dos especies en Am (*R. mucosa* y *Eugenia* sp.). Para *A. megalocarpon* y *L. castilloi* las mas bajas se presentaron en Bt, y para *M. zapota* y *O. macrocalyx* en Am (Fig. 6b).

Sobrevivencia de plántulas

El número total de plántulas sobrevivientes por cobertura vegetal fue significativamente diferente ($F=5.04$, $p<0.021$). En el Aj se presentó mayor sobrevivencia de cinco de las seis especies. Por especie, la cantidad de plántulas sobrevivientes de *A. megalocarpon*, *Eugenia* sp., *M. zapota* y *R. mucosa* estuvo influenciada por al menos uno de los tipos de cobertura vegetal. *A. megalocarpon* mostró diferentes porcentajes de plántulas sobrevivientes en las tres clases de cobertura vegetal (Aj-Am: $X^2=26.96$, $p<0.001$; Aj-Bt: ($X^2=7.94$, $p<0.001$; Am-Bt= $X^2=6.42$, $p<0.01$), siendo mayor en Aj (70.9%) y menor en Am (20.9%). *Eugenia* sp. y *R. mucosa* presentaron similar sobrevivencia de plántulas en Am y Bt (50% y 47%; y 26% y 25%, respectivamente), la mayor sobrevivencia de estas dos especies se presentó en Aj (*Eugenia* sp.: 71%, y *R.mucosa*: 52%); estos valores fueron significativamente diferentes a los del Am ($X^2= 3.78$, $p= 0.049$; $X^2= 8.56$, $p=0.003$, respectivamente) y Bt ($X^2= 5.19$, $p<0.022$; $X^2=9.51$, $p<0.003$). *M. zapota* no mostró diferencia entre el Aj y el Am (50% y 40%), ambas coberturas fueron significativamente diferentes a los valores del Bt (22%; $X^2=10.68$, $p<0.001$; $X^2=5.21$ $p<0.02$, respectivamente). *L. castilloi* y *O. macrocalyx* no mostraron diferencias significativas entre las coberturas de vegetación (Fig. 7a).

En el vivero las diferencias de sombra no ejercieron influencia en la proporción de plántulas sobrevivientes de *A. megalocarpon*, *Eugenia* sp., *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*. La

única especie que se vio influenciada por las clases de sombra fue *R. mucosa*, la cual presentó menor sobrevivencia en S40% (42%), diferente a los valores de la S-60 (91.5%; $X^2=18.6$, $p<0.001$) y S-80 (87%; $X^2=16$, $p<0.001$). La cantidad de plántulas que sobrevivieron en el vivero fue diferente para cada especie ($F= 5.88$, $p<0.005$). *A. megalocarpon* mostró la menor sobrevivencia de plántulas (promedio: 36%), mientras que las demás especies mostraron mejor sobrevivencia con promedios entre 74%-89% (Fig. 7b). En el vivero se encontraron valores de sobrevivencia mas alta para las todas las especies en relación al campo, sin embargo sólo tres especies mostraron diferencias significativas: *Eugenia* sp. ($F=18.59$, $p<0.01$), *L. castilloi* ($F= 60.6$, $p<0.002$) y *O. macrocalyx* ($F= 5.01$, $p<0.67$).

Tasa de crecimiento de plántulas

En campo los tres tipos de cobertura vegetal no influyeron significativamente en las tasas de crecimiento de las especies, el mismo resultado se obtuvo al evaluar el efecto de sombra. La tasa de crecimiento fue significativamente diferente entre las especies, tanto en campo ($F=197.9$, $p<0.001$), como en el vivero ($F=9.89$, $p<0.001$). La mayor tasa de crecimiento promedio en campo y vivero lo presentó *Eugenia* sp. (2.5 y 1.6 cm s^{-1} , respectivamente). En campo *L. castilloi* y *A megalocarpon* mostraron la menor tasa de crecimiento (0.31 y 0.36 cm s^{-1} , respectivamente) y en el vivero los menores valores lo mostraron *A. megalocarpon* (0.55 cm s^{-1}) y *M. zapota* (0.69 cm s^{-1} ; Fig. 8).

Al contrastar el promedio de crecimiento entre vivero y campo, se encontró que *Eugenia* sp., *M. zapota*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa* no mostraron diferencias. *A megalocarpon* y *L. castilloi* presentaron mayor tasa de crecimiento en vivero que en campo ($F=17.34$, $p<0.01$ y $F= 78.1$, $p<0.001$, respectivamente).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las condiciones de temperatura (Sánchez *et al.*, 2003), luz (Romo, 2005) y humedad en el suelo (Soilmoisture, 1998), tanto en campo como en vivero fueron suficientes para que las semillas iniciaran el proceso de germinación y establecimiento. El no haber encontrado diferencias en la humedad del suelo y temperatura ambiental en las tres clases de cobertura vegetal donde se sembraron las semillas puede explicarse porque en la zona no se presenta una estación seca marcada y porque el año en que efectuó el estudio correspondió a un año lluvioso (CONAGUA, 2008 com. pers.). En especial durante el tiempo del experimento se registraron lluvias intensas al menos cada tercer día, sólo en el mes de mayo, hubo un período seco de 16 días. Por otra parte, los bosques en la zona de estudio están sujetos a aprovechamiento, por lo que la extracción selectiva abre el dosel a niveles similares a los encontrados en los acahuales maduro y joven. Esto puede explicar, en parte, el porque en la mayoría de los parámetros evaluados no se encontraron diferencias de respuesta de las especies entre los tres tipos de cobertura.

Los tiempos de latencia obtenidos en este estudio están dentro de los rangos reportados por otros autores: Sautu y colaboradores (2006) reportan en condiciones de vivero para *Aspidosperma cruenta* -una especie muy cercana a *A. megalocarpon*- un tiempo de latencia de 13 días que es próxima a los 17 días encontrados en este estudio, mientras que para *O. macrocalyx* encontraron un periodo de latencia similar a nuestros resultados (10 días). Para la última especie, Foster y Delay (1998) lograron iniciar la germinación a los 9 días. Parraguirre (1992), encontró para *M. zapota* un tiempo de latencia de 16 días en vivero, mientras que OFI-CATIE (2003) menciona que la germinación inicia entre la segunda y quinta semana después de la siembra, lo cual coincide mejor con nuestros resultados. Para *L. castilloi* el tiempo de latencia encontrado en este

estudio (tres días) es menor a lo reportado por OFI-CATIE (2003) que mencionan que inicia a germinar después de 17 días. Para *Eugenia uniflora*, Franceschini (2000) reporta un tiempo de latencia de 24 días, dato que es menor a lo encontrado en este estudio para *Eugenia* sp. (119 días promedio).

Capacidad de germinación en campo y vivero.

La capacidad de germinación obtenida bajo condiciones de vivero para *A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota*, *O. macrocalyx* y *R. mucosa* es alta ($\geq 76\%$) de acuerdo con el criterio de Arriaga y colaboradores (1994) que consideran que en vivero se debe de obtener al menos 60% de semillas germinadas para considerar como aceptable la producción de plántulas; *Eugenia* sp. quedó fuera de este rango. En el caso del campo, la capacidad de germinación de las especies se redujo debido a que en estas condiciones estuvieron expuestas a la depredación (Willan, 1991; Martínez-Ramos, 1994; Jordano *et al.*, 2002); a pesar de esto, los valores obtenidos son altos (47%) en relación con otros estudios que reportan entre 5% (Martínez-Sánchez, 2004) y 15% (Pereyra y Fredericksen, 2002) en experimentos similares.

La alta capacidad de germinación lograda en campo y en vivero se atribuye a que las semillas fueron sembradas casi inmediatamente después de colectadas (Arriaga *et al.*, 1994; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997; Longman, 2003). En el experimento en campo las semillas fueron enterradas completamente lo que evitó la desecación (Arriaga *et al.*, 1994) y disminuyó la probabilidad de que los depredadores localizaran las semillas (Whelan *et al.*, 1991; Martínez-Ramos, 1994), aumentando así la posibilidad de germinación.

Capacidad de germinación por especie

Foster y Delay (1998), mencionan para *O. macrocalyx* una capacidad de germinación en bosque tropical de 28% con semillas escarificadas, nuestros resultados son mayores (75%) sin la escarificación, lo cual se atribuye a la siembra inmediata de las mismas. Sautu y colaboradores (2006) reportan para *L. castilloi* una capacidad de germinación de 54% en condiciones de laboratorio, OFI-CATIE (2003) menciona una germinación de 70%, en este estudio, ésta fue un poco mayor a los trabajos revisados (80%). Parraguirre (1992), menciona que *M. zapota* en condiciones de vivero logra germinar del 92 al 100%, en nuestro trabajo la diferencia (80%) se puede deber a que el micrópilo no tuvo la orientación adecuada al momento de la siembra. Sautu y colaboradores (2006) reportan un 20% de germinación para *Aspidosperma cruenta* en condiciones de laboratorio, dato inferior a lo encontrado en condiciones de vivero para *A. megalocarpon* (81%). Para *Eugenia uniflora* Franceschini (2000) reporta una capacidad de germinación de 24% en condiciones de laboratorio, resultado que es similar a lo encontrado en el vivero en este estudio.

Depredación de semillas

La poca influencia de las clases de cobertura vegetal en la cantidad de semillas depredadas tal vez se deba a que en el área de estudio los acahuales jóvenes y maduros son parches relativamente pequeños (1-3 ha) que se encuentran inmersos en remanentes de vegetación madura, lo que puede estar provocando que la fauna sea similar o hasta compartida. Esto coincide con lo reportado por Martínez-Sánchez (2004), que encontró igual depredación de semillas en fragmentos de bosque y bosque continuo en los Tuxtlas. Contrario a esto Pereyra y Fredericksen (2002) mencionan mayor depredación de semillas en áreas perturbadas que en zonas conservadas de bosque tropical.

Whelan y colaboradores (1991) encontraron que la depredación de semillas puede ser más intensa cuando éstas quedan expuestas en sitios abiertos como los acahuales, donde los roedores pueden

percibir el alimento y ocupar como refugios áreas protegidas circundantes. Esto coincide para cuatro de las especies estudiadas (*A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx*) que presentaron mayor depredación de semillas en Aj, aunque las diferencias no fueron significativas con las otras coberturas vegetales.

Influencia del hábitat en la sobrevivencia de plántulas en campo

La mayor sobrevivencia de plántulas encontrada en Aj, se pudo deber principalmente a dos factores: a) las plántulas no sufrieron daños por caída de ramas, frutos y hojas secas que es la primera causa de mortalidad de plántulas en los bosques tropicales (Clark y Clark, 1984; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992; Martínez-Ramos, 1994; Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla, 1995), y b) este hábitat es un sitio más abierto que combina luz directa con sombra que parece ser más adecuados para ser asimilados por las plántulas, condición que probablemente les confirió mayor tasa fotosintética y por consecuencia mayor probabilidad de sobrevivencia (Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla, 1995; Marañón *et al.*, 2004a).

Los datos obtenidos concuerdan con los de Kumbongmayum y colaboradores (2005) que reportan mayor sobrevivencia en parches de vegetación secundaria que bajo sombra de vegetación conservada. En contraparte Paul y colaboradores (2004), reportan igual sobrevivencia de plántulas en parches y bajo bosque para cuatro especies tropicales en Uganda. Por otro lado Rickera y colaboradores (2000), mencionan que las especies varían en sus requerimientos de luz, lo que para algunas puede ser excesivo para otra puede ser la cantidad necesaria. Tal vez por eso las plántulas de *L. castilloi* y *O. macrocalyx*, especies que son demandantes de luz (OFI-CATIE, 2003) se observaron que en el bosque presentaban menor vigor y probablemente esta pueda ser la causa de su muerte en un tiempo posterior.

Sobrevivencia en vivero

Las plántulas del vivero presentaron alto porcentaje de sobrevivencia (Arriaga *et al.*, 1994; Pereyra y Fredericksen, 2002) la cual fue mayor en relación al campo, esto puede deberse a que las plántulas no estuvieron expuestas abiertamente a los fenómenos naturales, como la depredación y estrés hídrico (Marañón *et al.*, 2004a), y por el tipo de sustrato usado que garantizó los nutrientes (Willan, 1991; Arriaga *et al.*, 1994). Las especies mostraron poca mortalidad como respuesta a la cantidad de sombra suministrada. Sin embargo, *R. mucosa* y *M. zapota*, que son especies típicas de bosques primarios (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2001; Pennington y Sarukhán, 2005) presentaron mayor mortalidad en donde hubo mayor exposición solar (sombra 40%). La mayor pérdida de individuos en el vivero ocurrió por la depredación de las plántulas por hormigas arrieras que una noche atacaron el vivero; las plántulas de *A. megalocarpon* fueron las más afectadas. Esto ha sido reportado como uno de los principales problemas de pérdida de plántulas en vivero (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Crecimiento de plántulas en campo

Mientras que diversos autores concuerdan que en el bosque conservado se observa menor crecimiento de plántulas y el mayor crecimiento ocurre en sitios donde existe mayor incidencia de luz, como en parches de vegetación secundaria (Paul *et al.* 2004; Khumbongmayum *et al.* 2005), bordes de claros (Pereyra y Fredericksen, 2002) y zonas abiertas completamente (Marañón *et al.*, 2004b), en este estudio no se observó influencia por el tipo de cobertura vegetal. La posible explicación a estas diferencia es porque en el área de estudio los niveles de luz registrados en el sotobosque del bosque (51.4%), superan por mucho los niveles de luz de las áreas conservadas de los estudios revisados, lo cual se debe a la intensidad de uso de este recurso.

El mayor crecimiento en vivero para *A. megalocarpon*, *L. castilloi*, *M. zapota* y *O. macrocalyx* se puede deber a que las plántulas no estuvieron expuestas tan abiertamente a defoliación y a patógenos (Martínez-Ramos, 1994) y porque tuvieron asegurado los nutrientes y humedad lo largo del experimento (Arriaga *et al.*, 1994, Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Los niveles de luz usados en el vivero no resultaron estresantes para las especies, al menos en las primeras etapas evaluadas. Con relación a esto, Martínez-Ramos (1994), Plana (2000), Rickera y colaboradores (2000) mencionan que muchas especies tienen rangos amplios de tolerancia de luz y nutrientes y que esta puede variar entre las especies.

A modo de conclusión podemos decir que las condiciones ambientales de las diferentes clases de cobertura vegetal en el área de estudio mantienen condiciones adecuadas para iniciar el proceso de germinación, crecimiento y establecimiento de plántula de las especies estudiadas.

En el Aj aunque se presentó la mayor depredación de semillas, en esta hubo mayor sobrevivencia de plántulas, lo cual se debe a que ésta es un área más abierta con regímenes de luz más adecuados para las plántulas. La cantidad de semillas depredadas en los tres tipos de cobertura vegetal en general fue baja y la sobrevivencia de plántulas es alta, esto se atribuye a que las semillas fueron cubiertas totalmente al sembrarlas. En el vivero las clases de sombra usadas no ejercieron influencia en la germinación, sobrevivencia y crecimiento de las especies evaluadas, siendo los resultados adecuados para la producción de plántulas.

La información generada, nos permite sugerir la utilización de las especies estudiadas en la rehabilitación de áreas degradadas del bosque original sembrando de manera directa, siempre y cuando se siembren las semillas de manera inmediata después de la recolecta. Al revisar la literatura sobre el tema de estudio se constató que existen pocas descripciones pormenorizadas del desarrollo de las semillas en zonas tropicales y muchos de los estudios existentes excluyen en el diseño experimental la depredación natural de semillas y plántulas, variable que es

determinante para el establecimiento de plántulas en condiciones naturales, por lo que resulta necesario ampliar y profundizar en el estudio sobre los requerimientos ecofisiológicos de las semillas y plántulas nativas.

Agradecimientos

A Alfonso Reyes Díaz de la Universidad Tecnológica de Tabasco, a Eduardo Cambranis González y Orlando Lara López de la Universidad de Chiná, Campeche por su apoyo en campo. Al guía de campo Vicente López Moreno y a los habitantes del ejido Niños Héroe de Chapultepec, Tenosique, por su buen trato durante nuestra estancia y por permitirnos entrar a sus parcelas para realizar el experimento. Al CONACYT que proporcionó la beca de maestría número: 216600/207824. Al Fondo Mixto Conacyt – Estado de Tabasco, que financió el trabajo de campo mediante el proyecto “Manejo de semillas y plántulas de especies arbóreas de las montañas de Tenosique, Tabasco: bases para su manejo y conservación” TAB-2003-C03-11261. El Colegio de la Frontera Sur, apoyó con infraestructura y me dio la oportunidad de cursar el posgrado.

REFERENCIAS

- Arriaga, M.V., V.G. Cervantes y A. Vargas-Mena. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. 1ª edición. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, UNAM. México, D.F. 179 p.
- Camacho-Cruz, A., M González-Espinosa, J.H.D., Wolf y B.H.J de Jong. 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. *Canadian Journal of Botanic* 78: 1309-1318.

- Clark, D.A. y D.B. Clark. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist* 124: 769-788.
- Enciclopedia de los Municipios de México. 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Tabasco, Tabasco, México.
<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/tabasco/index.html>
- Figueroa, J. 2000. Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. *Revista Chilena de Flora y Vegetación Chloris Chilensis*. 3(2).
<http://www.chlorischile.cl/semillas/semillas.htm>
- Foster, S.M. y L.S Delay. 1998. Dispersal of mimetic seeds of three species of *Ormosia* (Leguminosae). *Journal of Tropical Ecology* 14:389–411.
- Franceschini, C.M. 2000. Morfología de embriones y plántulas en mirtáceas del Nordeste Argentino. *Ciencia y Tecnología, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. 3 p.
<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/biologia/b-039.pdf>
- Harms, K.E. y C.E.T. Paine. 2003. Regeneración de árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. *Revista Ecosistemas* 3. 16p.
http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8893/1/ECO_12%283%29_03.pdf
- Harper, A.K., S.E. MacDonald, J.P. Burton, J. Chen, D.K. Brosnoff, C.S. Saunders, S.E. Euskirchen, D. Roberts, S.M. Jaiteh y P. Esseen. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19(3): 768–782.
- HemiView. 1999. User Manual Version 2.1. Delta- T Devices, Ltd. Cambridge, UK.
- Ibarra-Manríquez, G., M. Martínez-Ramos y K. Oyama. 2001. Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88(10): 1801–1812.

- INEGI. 2006. Cuaderno Estadístico Municipal de Tenosique, Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.
- <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/estatal/tab/m017/index.htm>
- Jordano, P., R. Zamora, T. Marañón y J. Arroyo. 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* 10(1). <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/312.pdf>
- Khumbongmayum, D.A., M.L. Khan y R.S. Tripathi. 2005. Survival and growth of seedlings of a few tree species in the four sacred groves of Manipur, Northeast India. *Current Science* 88(10-11): 1781-1788.
- Lanly, J.P. 2003. Deforestation and forest degradation factors. Congress Proceedings B, XII World Forestry Congress, 21-28 September 2003, Quebec, Canada. 75–83 p.
- Marañón, T., J.J. Camarero, J.C. Mario Díaz, J.M. Espelta, A.H.P. Jordano, F. Valladares, M. Verdú y R. Zamora. 2004a. Heterogeneidad ambiental y nicho de regeneración. In: F. Valladares, ed. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid, España. p: 69-99.
- Marañón, T., R. Villar, J.L. Quero y I.M. Pérez-Ramos. 2004b. Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. Canariensis*: Experimentos de campo y de invernadero. *Cuaderno de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 20: 87-92.
- Martínez-Ramos, M., 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54: 179-224.
- Martínez-Ramos, M. y E. Álvarez-Buylla. 1995. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56: 121-153.

- Martínez-Sánchez, J.L. 2004. Fragmentación y remoción de semillas en el piso de la selva húmeda tropical: el caso de la reserva natural de Los Tuxtlas, sureste de México. *Universidad y Ciencia* 20(39): 7-14.
- Mulawarman, J.M Roshetko, S.M. Sasongko y D. Irianto. 2003. Tree seed management - seed sources, seed collection and seed handling: a field manual for field workers and farmers. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) and Winrock International. Bogor, Indonesia. 54 p.
- Newmark, W.D. 2001. Tanzania forest edge microclimatic gradients: dynamic patterns. *Biotropica* 33: 2-11.
- Ochoa-Gaona, S., I. Pérez-Hernández y B.H.J. de Jong. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 56(2): 657-673.
- OFI-CATIE, 2003 Árboles de Centroamérica un manual para extensionistas. Department of Plant Sciences University of Oxford-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 1077 p.
- Parraguirre, L.C. 1992. Germinación de las semillas de trece especies forestales comerciales de Quintana Roo. *Memorias del Taller Madera, Chicle y Milpa, Contribuciones al Manejo Integral de las Selvas de Quintana Roo, México.* PROAF, INIFAP, USAID y WWF-US. Chetumal, Quintana Roo. p: 67-80.
- Paul, R.J., M.A. Randle, C.A. Chapman y L.J. Chapman. 2004. Arrested succession in logging gaps: is tree seedling growth and survival limiting? *African Journal of Ecology* 42: 245–251.

- Pennington, T.D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, Fondo de Cultura Económica, México D.F., México. 523 p.
- Pereyra, M.M. y S.T. Fredericksen. 2002. Regeneración por semilla de especies maderables en áreas de aprovechamiento forestal en un bosque húmedo tropical en Bolivia. Documento Técnico. Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia). 16 p.
- Plana, E. 2000. Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical. Curso sobre gestión y conservación de bosques tropicales. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
<http://politicaforestal.ctfc.es/es/documents/ponb.pdf>
- Rickera, M., C. Siebeb, S.B. Sánchez, K. Shimadab, C.B. Larson, M. Martínez-Ramos y F. Monagninie. 2000. Optimising seedling management: *Pouteria sapota*, *Diospyros digyna*, and *Cedrela odorata* in a Mexican rainforest. *Forest Ecology and Management* 139: 63-77.
- Romo, R.M. 2005. Efecto de la luz en el crecimiento de plántulas de *Dipteryx micrantha* Harms “shihuahuaco” transplantadas a sotobosque, claros y plantaciones. *Ecología Aplicada* 4(1 y 2): 1-8
- Roxburgh, J.R y D. Kelly. 1995. Uses and limitations of hemispherical photography for estimating forest light environments. *Zealand Journal of Ecology* 19(2): 213-217.
- Sánchez, D., E. Arends y V. Garay. 2003. Caracterización de las semillas de seis especies frutales arbóreas, usadas por la etnia Piaroa en la Reserva forestal Sipapo, estado Amazonas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 47(2): 31-36.
- Sautu, A., M.J. Baskin, C.C Baskin y R. Condit. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecology and Management*. 234: 245–263

- Soilmoisture. 1998. Manual para el manejo de tensiómetro y recomendaciones de uso. Santa Bárbara, California. 24 p.
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco, M. Rojas, M.E. Sánchez y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica. México.
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1992. El bosque lluvioso en América Tropical: Dinámica forestal, reforestación, manipulación de las semillas y problemas de manejo. *Tree Planters' Notes* 43(4): 119-124.
- Whelan, C.J., M.F. Willson, C.A. Tuma y I. Souza-Pinto. 1991. Spatial and temporal patterns of postdispersal seed predation. *Canadian Journal of Botany* 69: 428-436.
- Willan, R.L., 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes 20/2. Roma, Italia. 502 p.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Nueva Jersey, EU. 663 p.

Cuadros del 1 al 3.

Cuadro 1. Características de las especies usadas en el experimento de germinación y depredación de semillas, sobrevivencia y establecimiento inicial de plántulas.

Nombre común y científico*	Familia	Estado sucesional**	Usos locales***
Bayo (<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Müll. Arg.)	Apocynaceae	Bosque maduro	Tablas, vigas y tijeras para casas
Escobillo (<i>Eugenia</i> sp.)	Myrtaceae	Pionero tardío	Vigas y tijeras para casas
Machiche (<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.)	Fabaceae	Pionero tardío	Postes, sombra para ganado y leña
Chicozapote, chicle (<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen)	Sapotaceae	Bosque maduro	Construcciones pesadas, fruto comestible.
Caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke)	Fabaceae	Pionero tardío	Postes, vigas para casas y sombra para ganado
Anona de montaña (<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.)	Annonaceae	Bosque maduro	Fruto comestible y árbol ornamental

* <http://www.tropicos.org/>

** Ibarra-Manríquez *et al.*, 2001; Pennington y Sarukhán 2005.

*** Entrevistas a pobladores

Cuadro 2. ANDEVA de un factor para evaluar las diferencias de la capacidad de germinación del experimento en campo y vivero para las seis especies evaluadas.

Especie	F	p	N
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	9.41	<0.037	6
<i>Eugenia</i> sp.	20.78	<0.01	6
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	11.44	<0.027	6
<i>Manilkara zapota</i>	25.02	<0.007	6
<i>Ormosia macrocalyx</i>	8.62	<0.042	6
<i>Rollinia mucosa</i>	58.94	<0.001	6

Cuadro 3. Ji-cuadrada que compara la depredación total de semillas en el experimento en campo para seis especies en las tres clases de cobertura vegetal (Aj=acahual joven, Am=acahual maduro y Bt: bosque tropical).

Especie	Aj-Am		Bt-Aj		Am-Bt	
	X ²	p*	X ²	p*	X ²	p*
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	7.24	<0.007	2.0	<0.15	1.73	<0.18
<i>Eugenia</i> sp.	4.26	<0.038	2.77	<0.09	0.17	<0.67
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	19.4	<0.001	6.31	<0.01	4.29	<0.03
<i>Manilkara zapota</i>	4.61	<0.031	2.16	<0.14	0.46	<0.49
<i>Ormosia macrocalyx</i>	6.53	<0.013	3.13	<0.07	0.65	<0.41
<i>Rollinia mucosa</i>	5.82	<0.015	0.00	<1.00	5.82	<0.015

*g|=1

Figuras del 1 al 8.

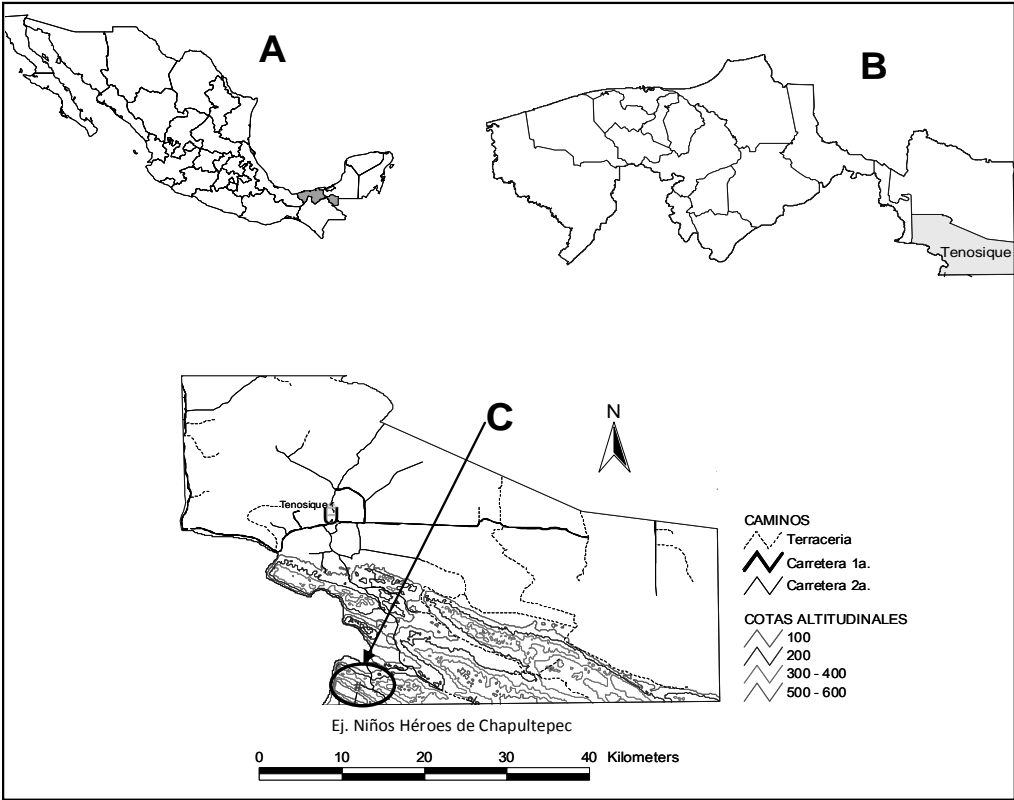


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. A: México; B: Estado de Tabasco y C: El ejido Niños Héroes de Chapultepec en el municipio de Tenosique, Tabasco.

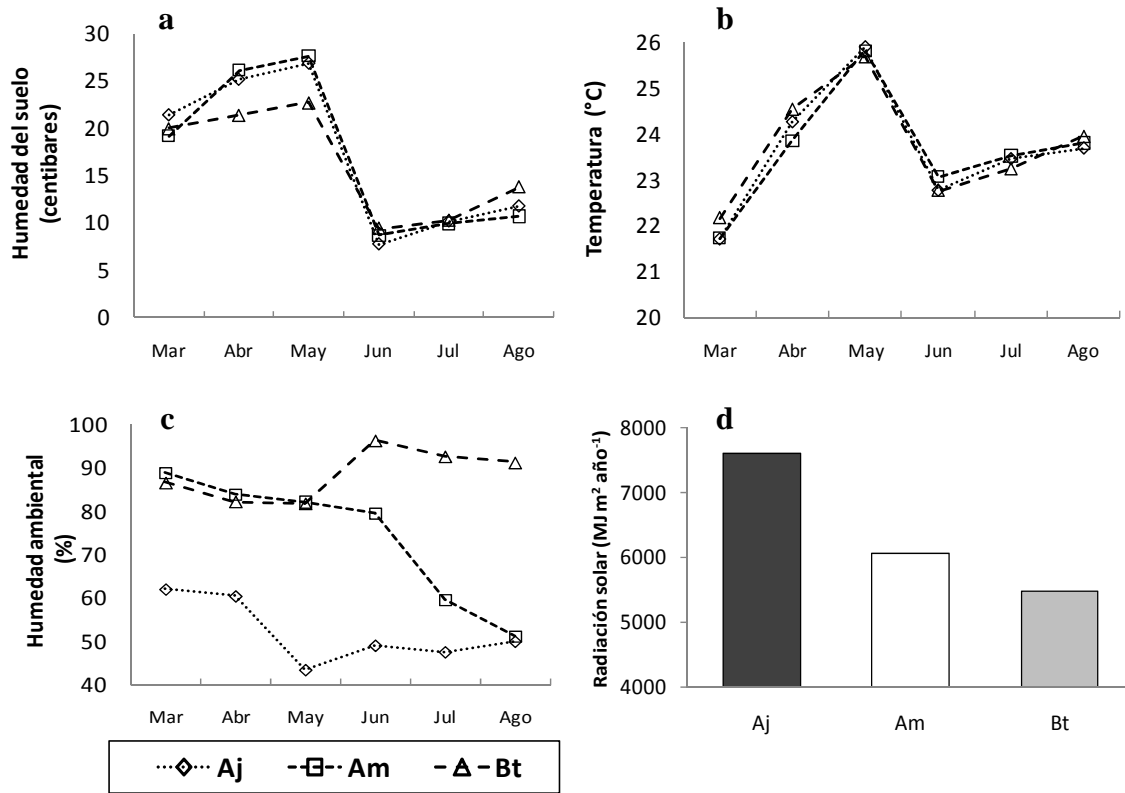


Figura 2. Comparación de las condiciones ambientales en el experimento en campo: a = humedad del suelo (valor de 0 a 10 centibares indica un suelo saturado de agua, de 10 a 40 es óptimo para las plantas); b = temperatura ambiental; c = humedad ambiental y d = radiación solar. (Aj: Acahual joven, Am: acahual maduro y Bt: bosque).

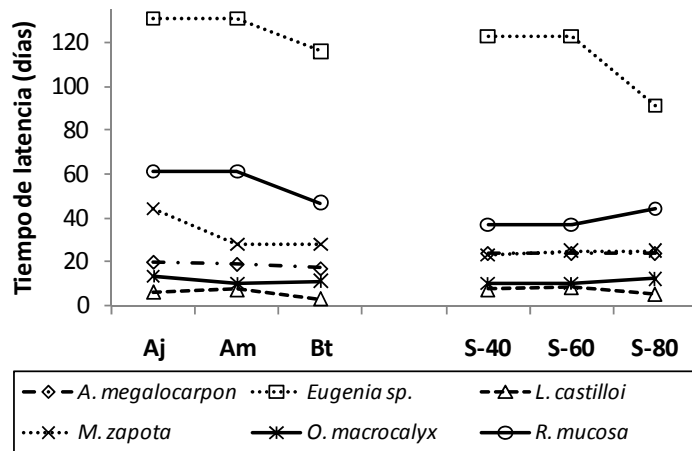


Figura 3. Tiempo de latencia de semillas de las especies en el experimento en campo (Aj = acahual joven, Am = acahual maduro y Bt = bosque) y en vivero (S-40 = sombra 40%, S-60 = sombra 60%, S-80 = sombra 80%).

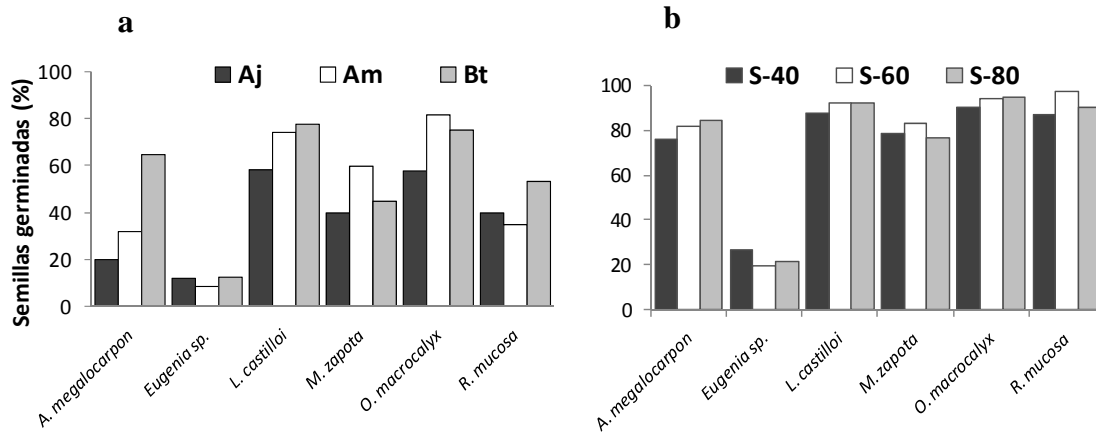


Figura 4. Capacidad de germinación (a) en campo: en Aj = acahual joven, Am = acahual maduro y Bt = bosque; y (b) en vivero en S-40 = sombra de 40%, S-60 = sombra de 60% y S-80 = sombra de 80%.

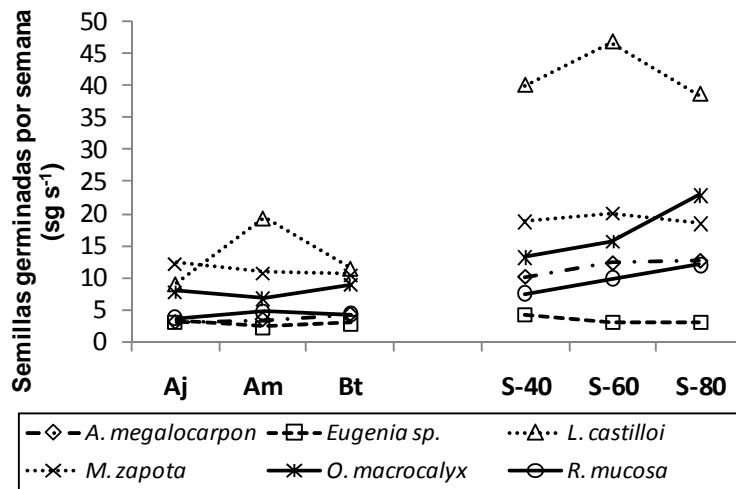


Figura 5. Tasa de germinación de las especies. En campo: Aj = acahual joven, Am = acahual maduro y Bt = bosque; y en vivero: S-40 = sombra 40%, S-60 = sombra 60% y S-80 = sombra 80%.

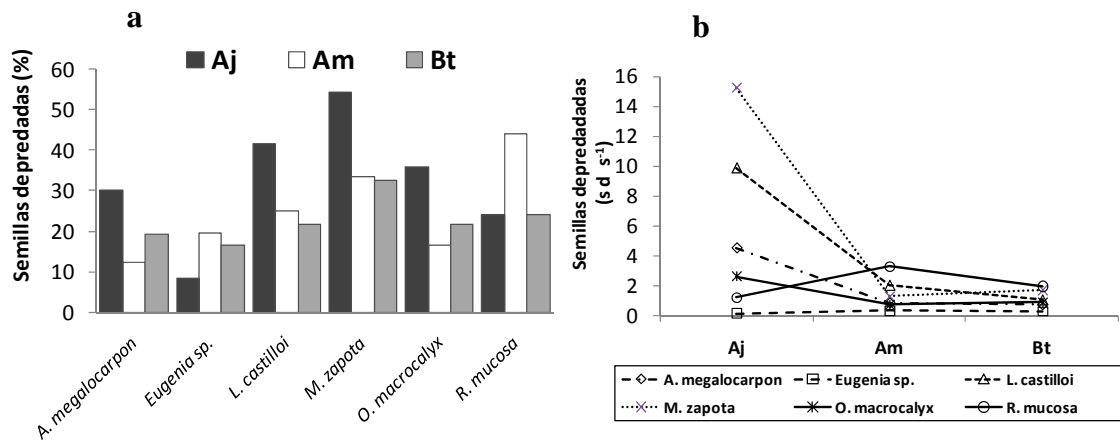


Figura 6. Depredación de semillas, (a) porcentaje total de semillas depredadas y (b) tasa de depredación (número de semillas depredadas por semana) en Aj = acahual joven, Am = acahual maduro y Bt = bosque.

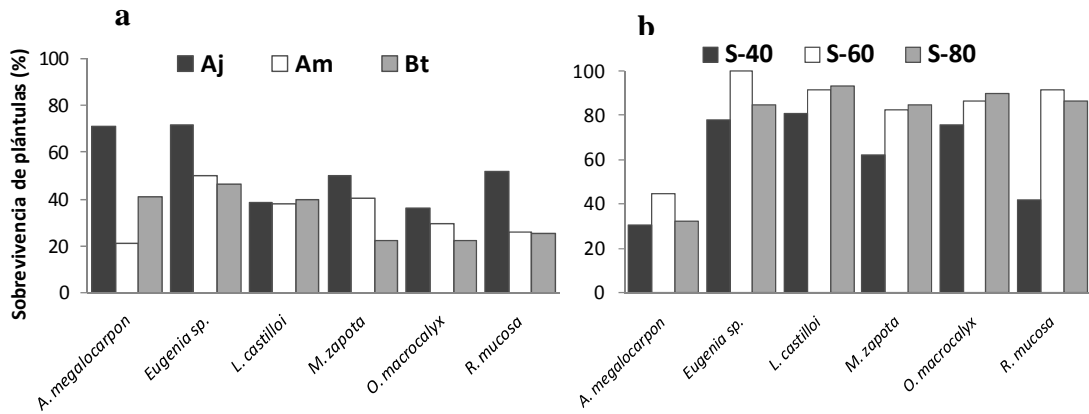


Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas. (a) en campo: Aj = acahual joven, Am = acahual maduro y Bt = bosque, y (b) en vivero: S-40% = sombra de 40%, S-60% = sombra de 60% y S-80 = sombra de 80%.

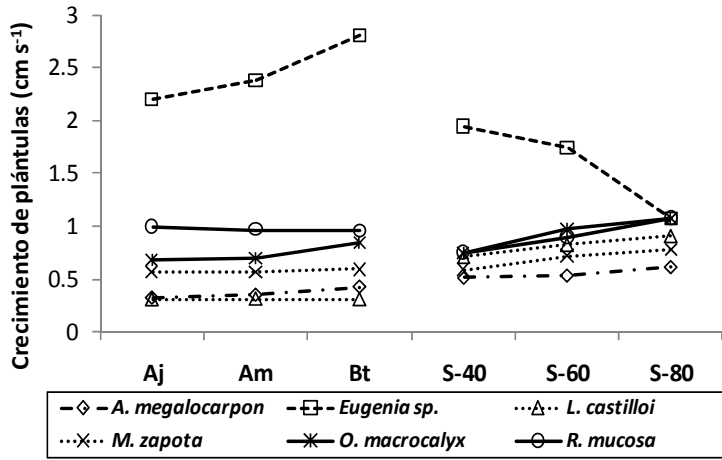


Figura 8. Tasa de crecimiento (centímetros por semana).
 En campo: Aj = acahual joven, Am = acahual maduro y Bt = bosque; y en vivero: S-40 = sombra 40%, S-60 = sombra 60% y S-80 = sombra 80%.