

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
GABRIEL RENE MORENO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Carrera de Ingeniería Forestal**



**REMOCIÓN Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES
HELIOFITAS DURABLES EN UN BOSQUE HUMEDO TROPICAL EN
SANTA CRUZ, BOLIVIA**

Tesis de Grado presentada para optar el Título

De:

Ingeniero Forestal

Por:

Adalid Cuéllar Lazarte

Santa Cruz – Bolivia

2007

APROBACIÓN

La tesis de grado “Evaluación sobre la remoción y germinación de semillas de especies heliofitas durables en bosque húmedo tropical en Santa Cruz, Bolivia”, ha sido elaborada por Adalid Cuéllar Lazarte, como requisito parcial para optar el grado de Licenciado en Ingeniería Forestal en la Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

El presente trabajo fue revisado, corregido y aprobado por el siguiente comité asesor y tribunal:

Lincoln Quevedo, PhD.

Asesor Principal

Marielos Peña, PhD.

Asesor externo

TRIBUNAL

TRIBUNAL

TRIBUNAL

Ing: Andrés Coimbra.

DIRECTOR DE LA CARRERA
INGENIERÍA FORESTAL

MSc. Nelson Rodríguez

DECANO DE LA F. C. A.

Santa Cruz-Bolivia
2006

DEDICATORIA

A todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios y a mis padres Rómulo Cuéllar y Esther Lazarte y toda mi familia por su apoyo brindado en todos estos años de estudio para salir adelante,

A la Universidad Autónoma “Gabriel René Moreno”, la Facultad de Ciencias Agrícolas, la Carrera de Ingeniería Forestal, a los profesores y plantel administrativo por haber transmitido sus conocimientos y contribuido en mi formación profesional.

Mis sinceros agradecimientos a mi Comité Asesor: PhD. Lincoln Quevedo, PhD. Marielos Peña y al Ing. Milton Brosovich por sus sabios consejos, su guía y ayuda profesional en cada etapa de la investigación y sobre todo por su buena voluntad al ayudarme a concluir el presente trabajo.

Al proyecto FOMABO por la beca y apoyo logístico brindado, con lo cual pude llevar a cabo la ejecución del presente trabajo.

Al Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) por el apoyo de campo en sus parcelas permanentes, y a su personal de campo Don Ángel Méndez y Don Ricardo Méndez.

A mis compañeros Daniel Espinoza V, Alex Amurrio y todos los demás por su apoyo brindado en este trabajo y a todos los de la carrera de Ingeniería Forestal, por su apoyo brindado en estos años de estudios.

A todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de la presente investigación.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la provincia Vallegrande, comunidad de Chacopata del Departamento de Santa Cruz, el 4 de octubre de 1977.

Todos los estudios a nivel primario los realizó en su provincia natal, prosiguiendo sus estudios secundarios en la ciudad de Santa Cruz, obteniendo el título de Bachiller en Humanidades el año 1996 en el Colegio Nacional Mixto Nocturno “Oscar Alfaro”.

Continuó con sus estudios superiores en la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, obteniendo el certificado de egreso de esta superior casa de estudios el año 2004.

CONTENIDO

APROBACIÓN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
BIOGRAFÍA.....	iv
CONTENIDO.....	v
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. GRUPOS ECOLÓGICOS DE ESPECIES	4
3.2. FAUNA SILVESTRE Y REMOCIÓN DE SEMILLAS	5
3.3. DEPREDACIÓN DE SEMILLAS	6
3.4. ESTRATEGIAS PARA EVITAR LA DEPREDACIÓN.....	7
3.5. LATENCIA DE LA SEMILLA	9
3.6. BANCO DE SEMILLAS	10
3.7. CONDICIONES PARA LA GERMINACIÓN DE UNA SEMILLA.....	10
3.8. GERMINACIÓN DE SEMILLAS EN ESPECIES FORESTALES	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. MATERIALES	14
4.1.1. <i>Ubicación</i>	14
4.1.2. <i>Clima</i>	16
4.1.3. <i>Vegetación</i>	16
4.1.4. <i>Topografía</i>	17
4.1.5. <i>Fauna silvestre</i>	18
4.1.6. <i>Material utilizado en la investigación</i>	19
4.1.7. <i>Especies de estudio</i>	19
4.2. MÉTODOS	22
4.2.1. <i>Selección del sitio</i>	22
4.2.2. <i>Levantamiento de datos</i>	22
4.2.3. <i>Análisis y procedimiento estadístico</i>	24
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES EN LOS TRATAMIENTOS DE APROVECHAMIENTO.....	26
5.2 EFECTO DEL TRATAMIENTO SILVICULTURAL EN LA TASA DE REMOCIÓN	27

5.3. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SILVICULTURALES Y DE PROTECCIÓN EN LA TASA DE REMOCIÓN DE SEMILLAS	28
5.4. EFECTO DE LA VARIABLE AMBIENTAL, HOJARASCA Y TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN LA TASA DE REMOCIÓN DE SEMILLAS.....	31
5.5. EFECTO DE LA VARIABLE AMBIENTAL, SOTOBOSQUE Y TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN LA TASA DE REMOCIÓN DE SEMILLAS.....	33
5.6. EFECTO DE LA VARIABLE AMBIENTAL FASE DE BOSQUE Y TRATAMIENTO SILVICULTURAL EN LA TASA DE REMOCIÓN DE SEMILLAS.....	35
5.7. EFECTO DE LA VARIABLE AMBIENTAL LUZ Y TRATAMIENTO SILVICULTURAL EN LA TASA DE REMOCIÓN DE SEMILLAS	37
5.8. TASA DE GERMINACIÓN EN CONDICIONES NATURALES	39
5.9. GERMINACIÓN EN CONDICIONES CONTROLADAS (VIVERO).....	40
6. CONCLUSIONES.....	41
7. RECOMENDACIONES.....	42
8. LITERATURA CITADA.....	43

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Lista de especies estudiadas.....	20
Cuadro 2. Clases de Iluminación de Copa.....	24
Cuadro 3. Prueba de chi-cuadrado para las variables (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz.	26
Cuadro 4. Resultado del análisis de varianza de dos vías con tratamiento y protección....	29

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del sitio de estudio.....	16
Figura 2. Pendiente de la tasa de remoción de semillas.....	25
Figura 3. Promedio de la tasa de remoción por tratamientos silvicultural.....	29
Figura 4. Promedio de tasa de remoción por tratamientos con y sin protección.....	31
Figura 5. Promedio de tasa de remoción, de semillas por categoría de hojarasca y Tratamientos silviculturales.....	33
Figura 6. Promedio de la tasa de remoción por categoría de sotobosque y tratamientos silvicultural.	35
Figura 7. Promedio de tasa de remoción, por categoría de fase de bosque y tratamientos.....	37
Figura 8. Promedio de tasa de remoción por categorías de luz y tratamientos.....	39
Figura 9. % de germinación por tratamientos, con y sin protección.....	40
Figura 10. % de germinación en condiciones controladas, para determinar la viabilidad de las semillas.....	41

RESUMEN

El presente estudio remoción y germinación de semillas de especies heliófitas durables en el bosque húmedo tropical en Santa Cruz, Bolivia, fue realizado en la concesión forestal La Chonta en la provincia Guarayos. Los objetivos fueron: a) Determinar el grado de remoción y germinación de semillas, b) Conocer la ecología de semillas de especies heliófitas de interés.

Todas las especies estudiadas pertenecen al gremio Heliófitas Durables, y fueron: *Margaritaria nobilis*, *Zanthoxylum sprucei*, *Schizolobium parahyba*, *Cariniana ianeirensis* y *Cariniana estrellensis*. Los datos fueron tomados de las parcelas de investigación del Instituto Boliviano de Investigación Forestal, en los bloques 1y 2, de los tratamientos testigo (bosque no intervenido), intensivo (bosque que fue aprovechado de manera intensiva). Se midieron al azar tres transectos de 80 m. Cada uno en todos los transectos se instalaron cuatro estaciones con protección y cuatro sin protección estas pareadas, a una distancia sistemática entre estaciones de 20 m haciendo un total de 48 estaciones pareadas. En cada estación se pusieron 10 semillas, registrándose las variables de hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz en todas las estaciones, seguidamente se realizó el levantamiento de datos de remoción y germinación. Los datos fueron registrándose de la siguiente manera: Se visitó al primer día, tercer día, quinto, décimo, vigésimo y concluyendo la toma de datos a los treinta días.

Seguidamente se realizó la germinación en ambiente controlado para ver la viabilidad de las semillas. El análisis estadístico se concentró en la tasa de remoción de semillas y los datos con y sin protección, según las variables ambientales (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz). El análisis se hizo mediante el paquete estadístico SPSS, versión 11.0 y Microsoft Excel. Se realizó la prueba de chi-cuadrado para cada variable (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz) para determinar si los tratamientos difieren en esas variables.

Para determinar el efecto de los tratamientos silviculturales (testigo e intensivo) y los tratamientos (con y sin protección) en la tasa de remoción de semillas, se hizo un análisis de varianza de dos vías (ANDEVA) para cada especie por separado. Las semillas del tratamiento con protección no fueron removidas, por esta razón los datos no se muestran. Se hizo el análisis

con la otra mitad de los datos; es decir con los datos de remoción de semillas provenientes del tratamiento “sin protección”. Se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos vías para determinar el efecto del aprovechamiento y variables ambientales (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz) en la tasa de remoción de semillas. En la germinación en vivero se trabajó con porcentajes de germinación para determinar si las semillas eran viables.

Los resultados de los promedios de la tasa de remoción y tratamientos silviculturales indican una mayor tasa de remoción de semillas en áreas aprovechadas que en áreas no aprovechadas sólo en el caso de dos de las cinco especies incluidas en este estudio (*Z. sprucei*, $p < 0,0001$; *C. estrellensis*, $P < 0.0002$).

Los resultados del análisis de varianza para tratamiento silviculturales y tratamientos de protección en la tasa de remoción de semillas, mostraron que para las especies *Z. sprucei* y *C. estrellensis* existe diferencia significativa y no para las demás especies, entre tratamiento de protección, muestra diferencias significativa para todas las especies.

El análisis de varianza para hojarasca y tratamiento silvicultural muestra que no existe interacción de la hojarasca en la remoción en ninguna de las especies, pero entre tratamiento hay diferencia para las especies de *Z. sprucei* y *C. estrellensis*. Para las demás especie no hay diferencia significativa.

Para el sotobosque los resultados, entre tratamiento mostró diferencia significativa para las especies de *Z. sprucei* y *C. estrellensis* y no hay diferencia para las demás especies. Para el sotobosque existe diferencia significativa sólo para la especie *Z. sprucei*. Tampoco existe interacción para ninguna de las especies.

Los resultados estadístico para fase de bosque indica que hay diferencia significativa entre tratamiento para *Z. sprucei* y *C. estrellensis*, en el caso de fase de bosque no existe diferencia para ninguna de las especies.

El análisis de varianza para tratamiento y luz indica que entre tratamiento hay diferencia significativa para *Z. sprucei* y *C. estrellensis*. En el factor luz no existe diferencia significativa para ninguna de las especies.

Los resultados estadísticos de germinación muestran que no existe diferencia significativa entre tratamientos silviculturales ni entre tratamientos de protección de semillas para ninguna de las especies, por lo tanto no hay interacción.

Los resultados de germinación en cuestiones controladas, indican que las semillas de *M. nobilis* no germinó, pero las demás especies presentaron un alto porcentaje (entre 57 – 96.5 %).

1. INTRODUCCIÓN

Para garantizar la preservación de un bosque se han desarrollado metodologías de manejo bajo prescripciones silviculturales que brindan beneficios sociales y económicos. También el manejo de un bosque debe ser ambientalmente adecuado que a la vez garantice su sostenibilidad en el tiempo. Para tal caso se han promulgado leyes forestales que contemplan al manejo forestal como la herramienta básica de conservación, y su aplicación debe prevalecer todo el ámbito de las especies, donde el éxito de la regeneración natural esté asegurado (Finol 1983).

En Bolivia el DMC está determinado para cada especie y es dependiente del tipo de bosque al que pertenecen, los cuales han sido determinados subjetivamente juntamente con el factor de seguridad denominados “árboles semilleros” para lo cual La Ley Forestal estipula, que debe dejarse como remanente en el bosque el 20 % de los árboles aprovechables mayores al diámetro mínimo de corta que garantizaría la regeneración y producción sostenible en el tiempo (Ley Forestal 1996).

El estudio de la remoción y germinación de semillas, es importante para determinar la cantidad de regeneración que tienen las especies de las plantas. Por un lado la intervención en las características ambientales de la semilla y las condiciones existentes en un bosque determinan la abundancia de las plántulas existentes en determinado lugar. Por otro lado, la cantidad de plantas determinan la abundancia futura de árboles adultos. Tanto la fase de semilla como la fase de plántula son etapas críticas que se deben considerar, cuando se pretende utilizar o aprovechar una determinada especie. Este conocimiento de la ecología de semillas y plántulas es de vital importancia cuando se pretende aprovechar un bosque de manera sostenible (Mostacedo & Pinard 2001)

La ecología de semillas busca precisamente comprender la forma de las presiones selectivas que afectan los patrones de regeneración de las plantas y la forma en que las características de las semillas afectan los procesos de dispersión, colonización y establecimiento de las plántulas. Cerca de la mitad de las semillas producidas por más del 90% de todas las especies de árboles del bosque tropical mueren antes de germinar, presas de animales y hongos. Incluso las semillas

que se encuentren protegidas por una cubierta dura o un endocarpio resistente son atacadas por insectos o vertebrados según Janzen y Vázquez-Yanes 1991 citado por Dalling (2002).

Incluso es muy posible que algunas especies se encuentren adaptadas para germinar pese a que partes de sus tejidos hayan sido comidos. El efecto que la depredación de semillas tiene en el crecimiento de la población depende, en gran medida, de los factores que determinan el reclutamiento de las plántulas según Steele *et al.* 1993, Dalling *et al.* 1997a, Harms *et al.* 1997, citado por Dalling (2002).

En el estudio de la ecología de semillas es muy importante determinar el grado de la depredación de semillas, el tamaño, latencia de éstas y su germinación, ya que con esta información podemos determinar la regeneración de las plantas. Estos patrones resultan ser potencialmente cruciales para guiar el manejo sostenible del bosque.

Esta investigación orienta a generar información sobre la remoción y germinación de semillas con el objetivo de promover un manejo sostenible basado en conocimientos ecológicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Contribuir con información sobre ecología de semillas para el manejo sostenible de especies heliófitas durables.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el grado de remoción y germinación de semillas en áreas aprovechadas y no aprovechadas
- Conocer la ecología de las semillas de especies heliofitas durables de interés

Se ha determinado las siguientes hipótesis:

Ho: La remoción de semillas es similar en bosques aprovechados y no aprovechados

Ha: La remoción de semillas es mayor en los bosques aprovechados

Ho: La germinación de semillas es similar en bosques aprovechados y no aprovechados

Ha: La germinación de semillas es mayor en bosques aprovechados

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Grupos ecológicos de especies

Se han desarrollado muchos intentos de clasificación de gremios de especies, pero el más utilizadas en la actualidad es el planteado por Finegan (1992) que contempla cuatro gremios.

- Heliófitas efímeras: Especies intolerantes a la sombra, es decir, que requieren de luz para establecerse, crecer y reproducirse, y que tiene una vida muy corta, cuyas plántulas se establecen y crecen solamente en claros grandes. Alcanzan una edad reproductiva a los dos o cuatro años, fructifican continuamente y el tamaño de la semilla es relativamente pequeño.
- Heliófitas durables: Especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga y a su vez dividida en dos categorías: (a) Heliófitas durables de rápido crecimiento, y (b) Heliófitas durables de crecimiento regular

Las Heliófitas durables se establecen bajo el dosel arbóreo pero requieren necesariamente de claros, aunque pequeños, para que la luz llegue al piso en el bosque a fin de favorecer su crecimiento. Estas especies son comunes en el bosque primario y algunas de ellas dominan la fase madura del bosque, pudiendo alcanzar la edad reproductiva aproximadamente entre los 5 y 15 años. Fructifican anualmente, siendo el tamaño de la semilla pequeño a mediano.

- Esciófitas parciales: Especies que toleran la sombra en las etapas tempranas del desarrollo, pero requieren necesariamente de un grado elevado de iluminación, y alcanzar el dosel, para pasar de las etapas intermedias hacia la madurez. Son especies cuyas plántulas se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen la luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro, tienen épocas poco predecibles de fructificación con cosechas irregulares, abarcando grandes cosechas hasta períodos de poca producción. El tamaño de la semilla varía de mediano a grande.

- Esciófitas totales: Especies que se establecen a la sombra y pueden completar toda su vida sin tener acceso directo a la luz. Muchas especies crecen pero no pueden sobrevivir a un estado de latencia. Las esciófitas se regeneran continuamente en cualquier fase del ciclo de regeneración, por ello, la población esta compuesta de árboles de maderas duras y de crecimiento lento, de diferentes edades.

Las Esciófitas son especies capaces de establecerse, crecer, y desarrollarse bajo la sombra, son de vida relativamente larga.

3.2. Fauna silvestre y remoción de semillas

En un estudio de bosques secundarios de un bosque húmedo tropical en Bolivia, Peña – Claros (2001) encontró que la tasas de remoción por animales variaron con la etapa sucesional del bosque, los bosques secundarios más jóvenes mostraron mayor tasa de remoción que los de mayor edad, siendo las hormigas y los roedores los principales agentes dispersores. Probablemente la masiva producción de semillas, alta producción de semillas a lo largo del año y una alta tasa de dispersión de semillas podrían ser factores importantes de compensación a la alta remoción de semillas.

Algunos roedores como el Jochi (*Dasyprocta sp.*) se encargan sobretodo de la dispersión de las semillas, los cuales muestran preferencia por semillas más grandes. Comparando dentro de una especie, las semillas que fueron dispersadas y posteriormente enterradas, los Jochis (*Dasyprocta sp.*) consumen primero las semillas más pequeñas dando más opciones a las semillas grandes por ende las más vigorosas a su establecimiento. Conocemos que las especies de semillas más grandes producen menor cantidad de las mismas y que tienen mayor capacidad de auto-dispersión o se las encuentra a mayor distancia del árbol padre, también se puede decir que muestra cierta adaptación de producción de semillas al pico de roedores. Esta preferencia por semillas más grandes es debido a que tienen un tiempo de almacenaje más largo y menor permeabilidad al agua que permite almacenar por más

tiempo, necesario para el consumo en época de escasez. Los roedores de la familia del Jochi (*Dasyprocta sp.*) logran almacenar y seleccionar alimento ó semillas asombrosamente en comparación con los demás competidores, pero en densidades bajas por el riesgo de ser robados por competidores (Janzen *et al.* 2002).

3.3. Depredación de semillas

Las semillas pueden ser depredadas antes de la dispersión, es decir, cuando están en pleno proceso de desarrollo, o bien maduras, pero todavía en el árbol, o incluso cuando ya han caído al suelo pero no han sido dispersadas todavía por un agente secundario. También, puede ser depredada luego de la dispersión pero antes de la germinación. Entre los organismos que depredan las semillas antes de la dispersión figuran los escarabajos, las avispas, las moscas y las polillas en su etapa larval. Estos animales se desarrollan dentro de semillas y frutos que se encuentran en proceso de maduración, y, por lo general tienden a especializarse en una o unas especies hospederas según Janzen 1980, De Steven 1981, Harms & Aiello 1995, Jonson *et al.* 1995, citado por Dalling (2002).

Según Greig 1993, citado por Dalling (2002), aunque la depredación previa a la dispersión es más evidente y más fácil de cuantificar que las especies de semillas grandes, ocurre lo mismo con las especies de semillas pequeñas.

Si bien los depredadores de semillas tienden a consumirlas en su totalidad, algunos como los roedores según Morris 1962, Forget 1990, citados por Dalling (2002) y las hormigas de hojarasca pueden actuar como dispersores según Levey & Byrne 1993, citado por Dalling (2002) por otra parte, el consumo parcial de semillas (por parte de herbívoros y depredadores) podría ser más común de lo que hasta ahora se ha informado en la literatura. Según Dirzo 1984, Harms & Dalling 1997, citado por Dalling (2002),

Según Steele *et al.* 1993, Dalling *et al.* 1997a, Harms *et al.* 1997, mencionado por Dalling (2002), es muy posible que algunas especies se encuentren adaptadas para germinar pese a que parte de sus tejidos hayan sido consumidos.

El efecto que la depredación de semilla tiene en el crecimiento de la población depende, en gran medida, de los factores que determinan el reclutamiento de las plántulas. Si un reclutamiento exitoso se cifra más en la cantidad de semilla producida por la población que en la disponibilidad de micrositios para germinar y establecerse, entonces, indiscutiblemente, el número de semillas constituirá un factor importante. Si los micrositios para establecerse son escasos, lo más probable es que la competencia entre individuos reproductores resulte en un “exceso” de semillas con respecto al número de micrositios disponibles. En esas circunstancias, sin embargo, la pérdida de hasta el 95% de semillas debido, por ejemplo, a la depredación post-dispersión tendría un efecto negligible en el reclutamiento de plántulas según Andersen 1989, citado por Dalling (2002).

La depredación de semillas también parece ejercer una fuerte influencia (presión selectiva) sobre algunos de los atributos del ciclo de vida de las plantas. En Costa Rica, por ejemplo, al estudiar una posible relación entre las características de las semillas (de varias especies de leguminosas) y la depredación que sufría a manos de ciertas especies de escarabajos. Janzen *et al.* 1969, citado por Dalling (2002) encontraron que las especies más atacadas producían frutos menos pesados y con más semillas, y además demostraba un índice reproductivo (expresado por Janzen en gramos de semilla por m³ de dosel) mayor que el de las especies que se encontraban libre de escarabajos. Janzen interpretó estos patrones como dos estrategias evolutivas adoptadas por las leguminosas. Las especies cuyas semillas eran atacadas por los escarabajos disminuían el peso de las semillas, pero al mismo tiempo aumentaba su número con el fin de saciar al depredador y esperar que por lo menos una parte de su población escapará a la depredación. Las otras especies, en cambio, evitaban la infestación destinando parte de los recursos disponibles para la producción de semilla a la fabricación de compuestos secundarios disuasivos.

3.4. Estrategias para evitar la depredación

Una estrategia para evitar la depredación masiva es recurrir a la producción de frutos. En este caso, la población entera produce semillas de manera sincrónica luego de un intervalo no reproductivo mayor a un año Boucher 1981, citado por Dalling (2002) la falta de semillas entre

una fructificación y otra limitaría las poblaciones de depredadores de semillas. Al mismo tiempo, la “súper abundancia” durante la producción sincrónica los mantendría saciados. Al respecto, se han observados casos extremos de poblaciones que tiene ciclo de fructificación de 120 años; situación que normalmente se asocia al monocarpismo (muerte de plantas luego de un único episodio reproductivo), como ocurre con muchas especies de bambú en el sur este Asiático y algunas del Neotrópico según Janzen 1976, citado por Dalling (2002).

Es preciso, sin embargo, valorar con mucho cuidado la hipótesis del “depredador satisfecho” que se esgrime para explicar la producción supra-anual y sincrónica de semillas. Esta supuesta “saciedad” aún debe ser probada en muchas de especies que exhiben una producción masiva de frutos. La producción sincrónica de semillas bien podría ofrecer ventajas más importantes para la perpetuación de las especies según Kelly 1994, citado por Dalling (2002) por ejemplo, en algunas especies de árboles de la zona templada, la floración sincrónica parece estar dirigida más bien a lograr una polinización eficiente y no tanto a saciar a los depredadores según Nilsson & Wastljung 1987, Norton & Kelly 1988, citado por (Dalling 2002).

Según Harper 1977, Dirzo & Domínguez, 1986, citado por Dalling (2002), la reproducción sincrónica se traduce no sólo de una mayor producción de semillas sino en una menor depredación de éstas igualmente resulta importante el momento en que ocurre la depredación antes o después de la dispersión, pues incide en el patrón de distribución espacial de las plántulas. La depredación previa a la dispersión reduce el tamaño efectivo de la producción de semillas e indirectamente reduce la distancia a la que estas pueden dispersarse para establecerse en un sitio apropiado. Las probabilidades de una semilla que llegue a un sitio apropiado son proporcionales al número de semillas liberadas.

Según Forget, 1992, citado por Dalling (2002), la depredación posterior a la dispersión influyen numerosos factores físicos y bióticos lo cual puede producir patrones de reclutamiento muy variados por ejemplo las condiciones ambientales de un determinado sitio (el que se encuentre al descubierto o cubierto por una gruesa capa de hojarasca) contribuyen a destacar o a ocultar la presencia de la semilla, es decir las hacen mas obvias o menos obvias para el depredador según Shaw 1968, Schupp 1988a,b; Willson 1988, Schupp & Frost 1989, citado por Dalling (2002).

Otro antecedente de la dispersión puede afectar no sólo la notoriedad de la semilla sino su apariencia, haciéndolas más o menos atractivas (si han sido defecadas o regurgitadas), pero la depredación se ve afectada, sobre todo, por la densidad que presenten las semillas de una especie y por la distancia a la que se encuentren unos individuos de otros. Estos dos efectos—densidad y esta distancia, conocidos también como el modelo de Janzen y Connell, resulten cruciales porque podrían ser, en gran parte, los responsables de la gran diversidad de especies de árboles que se observan en los bosques tropicales según Forget 1992, 1993, citado por Dalling (2002).

Como la mayoría de las semillas caen debajo del progenitor, un reclutamiento bajo en ese sitio (la densidad y la notoriedad podrían provocar una depredación alta) reduce en gran

medida la posibilidades de que esa especie domine a nivel local y le abre el espacio a otras especies para que recluten sus plántulas. Aunque el modelo de Janzen y Connell, se proponen sobre toda a nivel de plántulas y brinzales, también se puede aplicar a la depredación de semillas. En efecto, en numerosos estudios se ha encontrado una alta depredación de semillas en las cercanías del árbol materno según Hwe & Primack 1975, Janzen *et al.* 1976, Wright 1983, Clark & Clark 1984, Ramírez & Arroyo 1987, Terborgh *et al.* 1993, citado por Dalling (2002).

Pero tampoco generalizan. Podría darse el caso que la sociedad de los depredadores locales (provocado por la súper abundancia de recursos cerca del árbol materno) resultará en una densidad-dependencia negativa en la depredación, es decir, en una depredación de semillas inversamente proporcional a la cercanía del árbol progenitor. Según Schupp 1988a, Augspurger & Kitajima, 1992, Burkey, 1994, citado por (Dalling 2002).

3.5. Latencia de la semilla

La latencia impide que las semillas germinen todas al mismo tiempo después de la maduración. Es el mecanismo por el cual la semilla busca germinar solo cuando "sabe" que las condiciones climáticas van a ser propicias no sólo para la germinación sino también para las fases subsecuentes de crecimiento de las plántulas (Moreira 1988).

La germinación de una semilla puede retrasarse por varias causas, entre ellas por la baja capacidad de absorción de agua por parte de la semilla, inmadurez fisiológica del embrión y presencia de factores químicos que controlan la manera endógena de la germinación. La germinación depende más bien de ciertas señales ambientales como la luminosidad y temperatura las cuales señalarían precisamente el momento apropiado para que la plántula brotara. La germinación tardía por su parte es bastante común en los bosques estacionales; en efecto una semilla depositada en la estación seca podría verse imposibilitada para absorber agua del suelo hasta comienzo de la estación lluviosa y la misma aplica para una semilla dispersada a finales de la estación húmeda; su germinación podría ser pospuesta hasta inicios de la siguiente estación húmeda para garantizarles a las plántulas el crecimiento necesario para sobrevivir a la estación seca siguiente según Ng 1977, González 1991, Vázquez-Yanes & Oroco-Segovia, 1990a, citado por Dalling (2002).

En los trópicos existe el fenómeno de la latencia condicional, la cual es conocida también como la latencia fisiológica latencia facultativa. Latencia forzada se encuentra generalmente restringida a la semillas de especies pioneras árboles, arbustos, lianas y mezclas, las cuales dependen de un claro o de un terreno baldío para establecer sus plántulas. Dos mecanismos parecen estar asociados a la ruptura de la latencia condicional: la germinación regulada por la luz y la germinación regulada por la temperatura según Carlos Vázquez-Yanes y Alma Orozco-Segovia, Orozco-Segovia & Vázquez Yanes, 1992, citado por Dalling (2002).

3.6. Banco de semillas

Una vez que las semillas llegan al suelo éstas forman parte de un banco de semilla considerando como un reservorio de gran variabilidad genética y una fuente importante de regeneración según Levin 1990, citados por Mostacedo, Pinard (2001), las características fisiológicas y ecológicas de las semillas que se encuentren en el suelo, el ciclo de renovación puede ser rápido cuando la germinación es rápida y no existe ningún tipo de latencia, o lento cuando las semillas tienen latencia, sea exógena o endógena que evita una germinación pronta.

Las semillas en el suelo pueden sufrir diferentes destinos dependiendo de las características de cada especie. La mayoría de las semillas en el suelo se encuentran en forma latente, estos pueden activarse inmediatamente por estímulos externos que permitan la germinación o bien al cabo de concluir la maduración del embrión. Otro grupo de semillas pueden ser depredadas o perder su viabilidad por envejecimiento o por el ataque de microorganismo patógenos según Harper *et al.* 1977, citados por Mostacedo y Pinard (2001).

Según los gremios ecológicos, las especies maderables que son tolerantes tienen una gran variabilidad en lo que se refiere a capacidad germinativa según Pinard *et al.* 1996 citados por Mostacedo y Pinard (2001), encontró que de 20 especies demandantes de luz el 40% tuvo un alto porcentaje de germinación. Si bien el 20% de las especies de este grupo tenía una baja capacidad germinativa, es importante hacer notar que estas especies que necesitan de claros grandes y escarificación de suelos tales como *Jacaranda copaia*, *Schizolobium amazonicum* la velocidad de germinación puede determinar la posibilidad de que las plantas sean más competentes en la etapa de plántulas. Una especie con mayor velocidad de germinación puede tener la oportunidad de aprovechar mejor las condiciones micro ambientales que existen en ese momento, como ser la luminosidad nutriente y humedad. Cuando las condiciones de humedad son óptimas las semilla de *Anadenanthera macrocarpa*, *Astronium urundeuva*, *Caesalpinia, pluviosa*, *Cedrela odorata*, *Cedrelinga*, *Catenaeformis*, *Cariniana ianeirensis*, *Hymenaea paruifolia*, *Capaifera chodatiana* y *Agnus acuminata*, la mayoría de sus semillas germinan en menos de 20 días según Kennard *et al.* 2000 citados por (Mostacedo y Pinard 2001).

3.7. Condiciones para la germinación de una semilla

Las semillas normalmente germinan cuando encuentran condiciones apropiadas para su germinación. Estas condiciones pueden ser intrínsecas o extrínsecas (López 1998):

a) Condiciones intrínsecas o propias de las semillas:

Que la semilla esté madura: La semilla debe estar madura, porque solamente entonces el embrión está completamente desarrollado y en condiciones de germinar.

Que esté bien formada: Que esté bien constituido e íntegro el embrión y que las reservas alimenticias estén en condiciones de nutrir al embrión. Las semillas mal constituidas se las conoce por su aspecto exterior; no han alcanzado el tamaño general de la especie, están arrugadas, mal conformadas, sus reservas alimenticias están alteradas y puestas a germinar no lo hacen en la proporción debida en cada caso.

Que tenga vida: Es decir, que el embrión no haya perdido su facultad germinativa, ya sea porque la semilla se envejeció, ya por que haya sufrido algún daño el embrión o por que haya soportado ambientes húmedos, irrespirables o tóxicos.

b) Condiciones del ambiente o extrínsecas

Oxígeno: Si bien en estado de vida latente las semillas respiran débilmente, cuando germinan, su respiración se hace intensa. Por tal razón es importante que la tierra esté bien aireada antes de sembrar la semilla y ésta no debe ser enterrada muy profundamente para que no muera por falta de oxígeno.

Humedad: Durante la maduración, la semilla pierde agua y se torna seca. Una semilla podrá germinar solamente cuando pueda recuperar por lo menos en partes, el agua perdida en la maduración. El agua cuando penetra en la semilla, provoca la solubilización de las sustancias alimenticias necesarias para la nutrición y el crecimiento del embrión; al ablandar los tegumentos facilita el paso del embrión. No obstante la humedad del suelo no debe ser excesiva por que entonces la semilla se descompone

Temperatura: Las semillas para germinar necesitan una temperatura adecuada. En general, la mejor temperatura para la germinación oscila entre los 20⁰ C y 30⁰C. No obstante, cada planta

tiene una temperatura óptima, que es la más apropiada; una mínima, por debajo de la cual no germina, y una máxima, sobre la cual tampoco se produce la germinación. Según Besnier (1989), las semillas están normalmente sujetas a temperaturas alternadas salvo que estas hayan sido enterradas muy profundamente. Se sabe que la temperatura alternada ejerce un gran efecto sobre la ruptura del letargo, bien sea por si misma, bien sea en combinación con efectos de la luz.

La velocidad de inhibición también está relacionada con la temperatura a la que se efectúa; si está baja, no sólo se retrasa la germinación, sino que en muchas semillas se producen daños en el embrión.

Luz: La luz favorece a la germinación de algunas semillas e inhibe el proceso en otras; para otro grupo de especies es indiferente. Por otra parte Besnier (1989) indica que la inducción del letargo por luz intensa de alta irradiación afecta a las semillas colocadas sobre la superficie del suelo, evita la germinación en condiciones precarias al estar expuesto dicho suelo a una rápida desecación superficial. Por otra parte la necesidad de la luz que tienen muchas semillas para romper su letargo constituye un mecanismo para impedir la germinación a excesiva profundidad; en semillas pequeñas con escasas reservas, ello haría que las reservas se agotasen antes de que la plántula emergiese del suelo, con lo que moriría; en semillas con plúmulas débiles, estas no podrían atravesar capas gruesas.

Por otra parte, la penetración de luz en el suelo no es muy significativa, ésta es mayor en suelos arenosos que en suelos arcillosos o limosos, también la humedad del suelo favorece la penetración en suelos arenosos y la dificulta en los arcillosos.

Viabilidad: Se entiende por viabilidad a la capacidad potencial que posee una semilla para germinar. Esta capacidad depende, por un lado, del estado de madurez de la semilla y por otro, de su calidad, que significa tamaño, color, contenido de humedad, etc.

Zalles (1988) indica que las semillas pueden ser clasificadas en dos grupos:

- a) Semilla recalcitrante, generalmente de viabilidad corta que no toleran temperaturas bajas y a las que no se les puede reducir el contenido de humedad.

- b) Semillas ortodoxas, son las que generalmente pueden almacenarse por un periodo largo de tiempo sin presentar daños; además se pueden secar hasta un 45% de humedad.

3.8. Germinación de semillas en especies forestales

La germinación se define como la reanudación de la actividad vegetativa de una semilla (Zalles 1988). Se suele reconocer por la rotura de la cubierta de la semilla y la aparición de la radícula o hipocótilo. La germinación consiste en tres procesos simultáneos:

Absorción de agua, principalmente por imbibición, que hace que la semilla se inche y acabe abriéndose la cubierta seminal. Actividad enzimática, que se inicia con la tasa de crecimiento de respiración y asimilación, que indica la utilización de alimento almacenado y su traspiración a las zonas de crecimiento. Engrandecimiento y divisiones celulares, que tiene como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula.

La semilla al permanecer por largos periodos de tiempos en el suelo, podían sufrir alteraciones en sus propiedades fisiológicas (germinación, latencia y viabilidad) esto debido a las condiciones y medios y la presencia de depredadores y patógenos (Gorwood 1989). La germinación puede ser fuertemente modificada por el tiempo, por las interacciones que las semillas tienen con el ambiente edáfico que los rodea. Si bien en bosques húmedos lluviosos es bastante común que la germinación se dé poco después de la dispersión de las semillas, la germinación de una semilla puede retrasarse por varias causas entre ellas: baja capacidad de absorción de agua, inmadurez fisiológica del embrión y presencia de factores químicos que controlan de manera endógena la germinación. Sin embargo, cuando la semilla presenta latencia condicional, la germinación depende de ciertas señales ambientales como luminosidad y temperatura que señalan el momento apropiado para que la plántula brotara.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación

El área de estudio está ubicada en la provincia Guarayos del Departamento de Santa Cruz (Bolivia). Específicamente se encuentra en la concesión maderera “La Chonta Ltda.” ubicada a 31 km al Noreste de la población de Ascensión de Guarayos (Figura 1). La zona se halla vinculada con las ciudades de Santa Cruz y Trinidad por la carretera troncal que une estas dos ciudades. A Santa Cruz hay una distancia de 300 km y en la zona existe una red caminera de tipo vecinal muy bien mantenida principalmente en la época seca. La concesión forestal “La Chonta Ltda.” tiene una superficie de 100.000 ha. Sus coordenadas geográficas son 15° 42' 52" S y 62° 45' 30.6" O (Gil 1998).

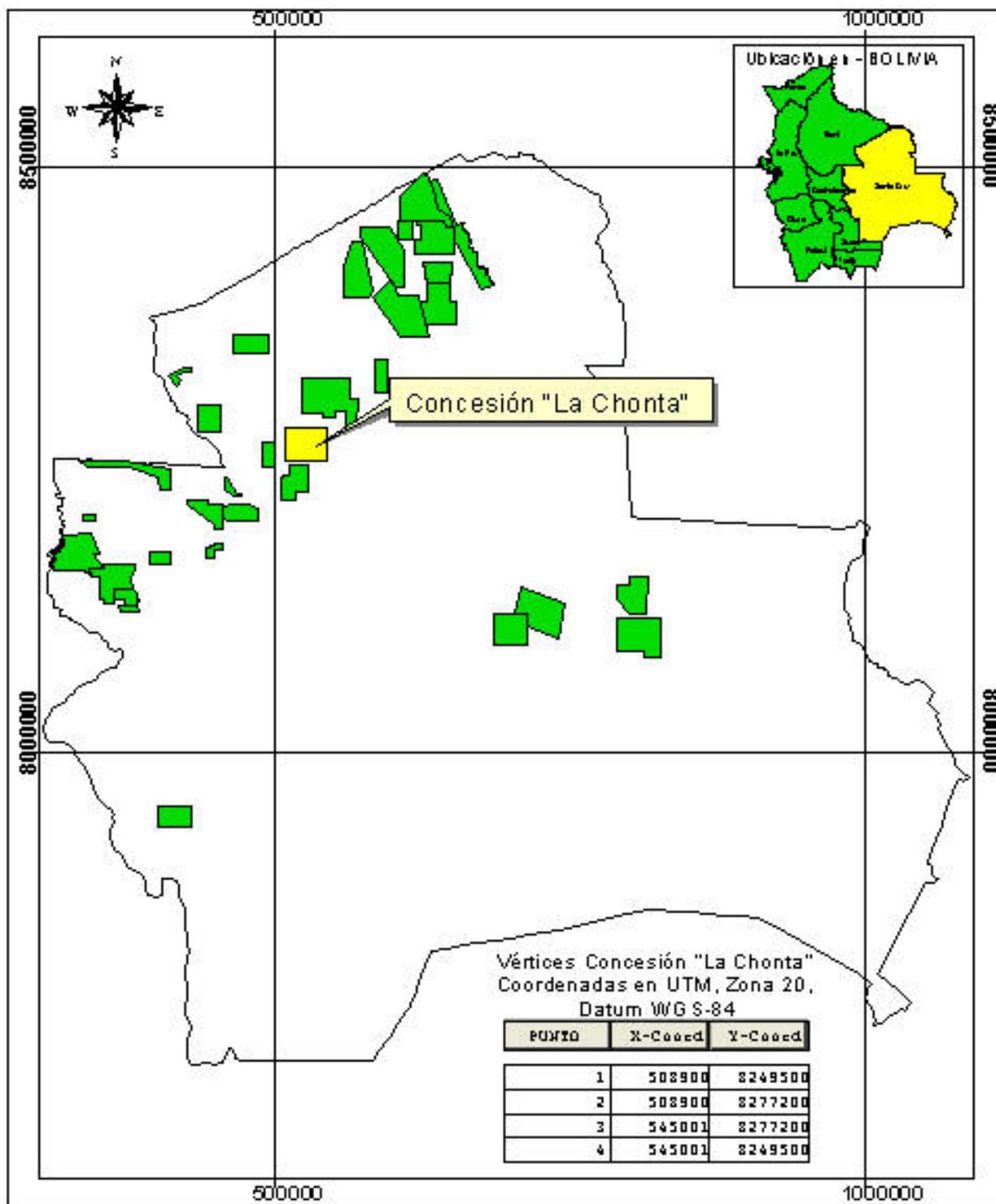


Figura 1. Sitio de estudio, concesión forestal la "La Chonta Ltda.", situada en la provincia Guarayos, Departamento de Santa Cruz-Bolivia.

4.1.2. Clima

La temperatura media anual es de 25,3 °C, con temperaturas máximas de 28,9 °C y temperaturas mínimas de 10°C, esta última cuando llegan vientos fríos del sur durante la época seca. La precipitación media anual es de 1.517 mm, con una época seca de mayo a septiembre. Durante la época seca alrededor de 40 % de las especies pierden sus hojas (IBIF 2005).

4.1.3. Vegetación

El área de la concesión se encuentra totalmente cubierta de bosque. Se han encontrado 107 especies arbóreas y de éstas, 18 son aprovechadas en la actualidad. El aprovechamiento anual es de 2000 ha

Pizarro (2001) realizó una estratificación tipológica basadas en un inventario realizado en el área de estudio, en el cual se hizo una clasificación de grupos por similitud de vegetación, correspondencia entre especies y su dominancia. Esta clasificación encontró 4 tipos de bosques:

Bosque de ojoso colorado (*Pseudolmedia laevis*) y negrillo (*Ocotea guianensis*).- Su dosel superior generalmente está entre 16-20 m de altura, aparte de las especies ya mencionadas, este bosque está representado por el bibosi (*Ficus boliviana*), verdolago (*Terminalia oblonga*), blanquillo (*Ampelocera ruizii*), sama colorada (*Trichilla* sp.), ochoó (*Hura crepitans*), cari cari (*Acacia* sp.), lúcumá (*Pouteria lucuma*).

Bosque de isiri (*Clarisia racemosa*).- Su dosel superior generalmente está entre 15-40 m de altura, en este tipo de bosque se encontró especies adicionales como el yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*), jichituriqui amarillo (*Aspidosperma macrocarpon*), tarara amarilla (*Centrolobium microchaete*), sawinto (*Myrcianthes* sp.), curupá (*Anadenanthera macrocarpa*).

Bosque de negrillo (*Ocotea guianensis*) y verdolago (*Terminalia oblonga*).- Se caracteriza por tener un dosel superior entre los 15-30 m de altura, aparte de las especies ya mencionadas en el nombre en este tipo de bosque se encontró adicionalmente al yesquero negro (*Cariniana estrellensis*), ambaibauva (*Porouma* sp.), coquino (*Pouteria nemorosa*), pica pica (*Urera laciniata*), azucaro (*Spondias mombin*), ambaibo (*Cecropia* sp.) picana blanca (*Cordia* sp.)

Bosque de ajo (*Gallesia integrifolia*) y chocolatillo (*Theobroma speciosum*).- Su dosel superior está entre los 15-30 m de altura, en este tipo de bosque se encontró especies adicionales a las ya mencionadas en el nombre, entre las que tenemos al serebó (*Schizolobium parahyba*), coloradillo (*Physocalymma scaborrimum*), mapajo (*Ceiba samauma*), pega pega (*Triumfetta* sp.), pacay (*Inga* sp.), yesquero colorado (*Cariniana* sp.), momoqui (*Caesalpinia pluviosa*).

4.1.4. Topografía

Cochrane (1973) encontró que esta zona tiene altitudes que van desde los 200 msnm hasta los 480 msnm. La concesión muestra dos paisajes principales: a) zona Oeste con altitudes desde 180 a 300 msnm, topografía mayormente plana (suavemente ondulada) y con valles amplios, b) zona este con altitud que van desde 350 hasta 440 msnm presentando con frecuencia pendientes pronunciadas. La topografía en su mayor parte es plana a ligeramente ondulada, en poca proporción se torna de ondulada a colinosa. El material originario está constituido por sedimentos cuaternarios viejos y parte por sedimentos que arrastran las corrientes de agua. Se observan afloraciones rocosas constituidas por gneiss y esquistos precámbricos. Los suelos son inceptisoles, moderadamente fértiles debido a que tienen una alta concentración de cationes. Asimismo se han encontrado suelos antropogénicos que tienen alto contenido de calcio y magnesio. Las manchas de suelos antropogénicos parecen ser más comunes en áreas cercanas a cursos de agua efímeros. El terreno es suavemente ondulado y es disectado por algunos cursos de agua permanentes y muchos cursos de agua efímeros (IBIF 2005).

4.1.5. Fauna silvestre

La conservación de la fauna silvestre es importante por la función que cumple dentro de un sistema ecológico, como ser en la dispersión y depredación de semillas, polinización, entre otras funciones. En la zona de Guarayos, debido a su condición amazónica y a su predominante cobertura boscosa, se encuentra una gran diversidad faunística. Esta diversidad está interrelacionada con la diversidad vegetal de manera que los recursos para la fauna silvestre son diversos y abundantes, pero a su vez la fauna mantiene la diversidad vegetal interviniendo en procesos ecológicos, como la dispersión de semillas, polinización, herbívora, descomposición, etc. (Gil 1998).

Las actividades en la región han tenido un impacto negativo sobre la fauna silvestre debido principalmente a la cacería indiscriminada por parte de los pobladores de la zona y madereros de algunas concesiones forestales que no son certificadas. Esta práctica trae como consecuencia la disminución de poblaciones de fauna y a menudo llegan a producir extinción local en las especies más buscadas, ocasionando un perjuicio para la biodiversidad y los procesos ecológicos del bosque. En esta región existe especies como anta (*Tapirus terrestris*), puerco de tropa (*Tayassu pecari*), jochi pintado (*Agouti paca*), jochi calucha (*Dasyprocta sp.*), tigre (*Pantera onca*), peta (*Geochelone carbonaria*), peta (*Geochelonia denticulada*), pejiche (*Priodontes maximus*), pava campanilla (*Pipile pipile*), pava pintada (*Crax fasciolata*), paviche (*Mitu tuberosa*), paraba azul (*Ara ararauna*), loro chuto (*Amazona sp*), cotorrita (*Brotogeris sp*), loro barsino (*Pyrrhura sp*) (Gil 1998).

4.1.6. Material utilizado en la investigación

En la recolección de semillas se utilizó binoculares durante un mes para observar el estado de fructificación de los árboles, bolsas plásticas para guardar las semillas, heladera para la conservación de las semillas, etiqueta de codificación, cinta métrica de 30 m para el establecimiento de transectos, marcador, y trampas de malla milimétrica, metálica. En el trabajo de viveros se utilizó malla rassel de 40 a 60 % de intensidad de luz, cinco bandejas de plástico y una regadera.

4.1.7. Especies de estudio

Se estudiaron cinco especies de interés por su importancia ecológica y económica. Todas las especies pertenecen al gremio de heliofitas durables, como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Especie comercial
Cafecillo	<i>Margaritaria nobilis</i>	Euphorbiaceae	No
Sáuco Amarillo	<i>Zanthoxylum sprucei</i>	Rutaceae	No
Serebó	<i>Schizolobium parahyba</i>	Caesalpinaceae	No
Yesquero Negro	<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	Si
Yesquero Blanco	<i>Cariniana ianeirensis</i>	Lecythidaceae	Si
			Si

Cuadro 1. Lista de especies estudiadas

A continuación la descripción dendrológica y fenológica de las especies consideradas en el estudio:

Cafecillo (*Margaritaria nobilis*).- Arbol mediano de 25 m de alto y hasta los 60 cm de DAP presenta fuste recto y cilíndrico sin aletones. Su corteza externa es rugosa y exfolia placas más o

menos leñosas y la interna es de color marrón clara. Hojas simples alternas. Flores de color blanquecinas y su fruto es un esquizocarpo esférico, formado por cinco cocos (Justiniano *et al.* 2004).

Los mismos autores señalan que es una especie semidecidua, planta dioica, crece en muchos tipos de suelo y se encuentra distribuida en el bosque amazónico, bosque húmedo de llanura y húmedo del precámbrico. Florece al inicio de las primeras lluvias de octubre a noviembre y fructifica entre abril y mayo.

Saúco amarillo (*Zanthoxylum sprucei*).- Es un árbol de hasta 30 m de altura y 75 cm de DAP presenta un fuste recto y cilíndrico hasta algo cónico, sin aletones. Su corteza externa es de color gris o marrón clara, hasta camuflada, lisa, recubierta de acúleos cónicos y achatados. Su corteza interna es de color amarilla intensa de olor fuerte. Sus hojas son alternas compuestas, imparipinnada. Sus flores son pequeñas y olorosas, dispuestas en panículas terminales. Sus frutos son apocárpicos. Es una especie decidua, heliófita, de rápido crecimiento, florece a mediados de la estación húmeda entre noviembre y diciembre. Sus frutos maduran y caen entre junio y agosto (Justiniano *et al.* 2004).

Serebó (*Schizolobium parahyba*).- Es un árbol de hasta 30 m de altura y 100 cm de DAP presenta una copa mediana abierta, su fuste es recto y cilíndrico bien formado. Tiene una corteza externa lisa de color café y una interna de color rojizo con olor desagradable. Sus hojas son bicompuestas y alternas, tiene folíolos oblongos y grandes. Sus flores son de color amarillas, dispuestas en panículas terminales y sus frutos son legumbres dehiscentes en forma de raqueta, presenta una sola semilla alada, cáliz persistente (Mostacedo *et al.* 2003).

Los mismos autores indican que es una especie decidua, demandante de luz. Esta especie es característica de la fase secundaria de los bosques amazónicos, de zonas marginales de los bosques húmedos estacionales, y de bosques fuertemente intervenidos. Se encuentra en una variedad de suelos y sobre todo muy común en áreas perturbadas. Florece de mayo a junio y fructifica entre julio y septiembre. Los frutos se dispersan por el viento.

Yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*).- Es un árbol grande, que alcanza dimensiones de hasta 35 m de altura y 130 cm de DAP presenta un fuste cónico a cilíndrico recto y con estos escasamente desarrollados. Su corteza externa es de color grisáceo, lisa algo estriada, y abundante lenticelas dispuestas en filas. Su corteza interna es fibrosa de color rosado-rojiza con bandas de color crema. Presenta hojas simples alternas, dística, glabras, oblongo-elípticas. Tiene flores crema-verdosa, olorosas, en panículas terminales. Su fruto es un pixidio cilíndrico de color crema café. Semillas con el ala distal.

Esta es una especie semidecidua, común en los bosques de transición entre el bosque chiquitano, bosque húmedo de llanura y bosque húmedo del escudo precámbrico. La floración comienza a manifestarse una vez iniciadas las lluvias, en octubre y se prolonga hasta noviembre, su fructificación es de agosto a octubre y sus semillas son dispersadas por el viento. Las parabas y los loros se comen las semillas directamente del árbol (Mostacedo *et al.* 2003).

Yesquero negro (*Cariniana estrellensis*).- Es comercialmente aprovechable; es un árbol grande y en general forma parte de los estratos más altos (dosel y emergentes) en los diferentes bosques donde se encuentra (Justiniano y Fredericksen 1999). Mostacedo *et al.* (2003) indican que es un árbol emergente, grande hasta gigante, que alcanza 50 m de alto o más y 150 cm de DAP, presenta fuste cilíndrico con aletones tablares relativamente pequeños. Su copa es alargada de forma muy irregular, follaje oscuro y poco denso. La corteza externa es de color café grisáceo con fisuras longitudinales y la interna es de color crema muy fibrosa. Sus hojas son simples. Sus flores son de color blanco axilar. Justiniano y Fredericksen (1999) indican que de la corteza interna se extrae una fibra muy resistente utilizada como cuerda para amarre.

El yesquero negro es una especie decidua. Se encuentra presente tanto en bosques húmedos como sub-húmedos estacionales, sobre una amplia gama de suelos bien drenados. Esta especie florece de octubre a diciembre y fructifica entre junio y septiembre y sus semillas son dispersadas por el viento (Mostacedo *et al.* 2003).

4.2. Métodos

4.2.1. Selección del sitio

Se utilizó el experimento silvicultural del Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), el cual consiste en un diseño de bloques completamente al azar. Cada bloque cuenta con cuatro tratamientos (Testigo, Normal, Mejorado e Intensivo), de 27 ha cada uno. Para la depredación y germinación, fueron seleccionados los tratamientos Intensivos y Testigo de los Bloque I y II. El tratamiento Testigo no sufrió ningún aprovechamiento, y el Intensivo fue aprovechado de manera intensiva (aproximadamente 15 m³/ha) en el cual se aplicaron tratamientos silviculturales (corta de lianas, marcado de árboles de futura cosecha, escarificación de suelos, tala dirigida).

La germinación en ambiente controlado se realizó en el vivero de la Carrera de Ingeniería Forestal de la UAGRM, ubicado en los predios de los módulos de “El Vallecito”, kilómetro 8.5 al norte de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

4.2.2. Levantamiento de datos

En cada tratamiento se siguió la siguiente metodología:

- Establecimiento de 3 transectos de 80 m. Los transectos fueron elegidos al azar en cada sitio (tratamientos)
- En cada transecto se instalaron 4 estaciones pareadas a cada 20 metros, siendo una estación con protección contra roedores y la otra sin protección a 30 cm de distancia entre sí. Estas distancias fueron elegidas sistemáticamente
- Cada estación tenía 10 semillas; las estaciones fueron instaladas naturalmente sin hacer ninguna limpieza del sitio.

- En resumen, se hizo un total de doce transectos con 48 estaciones con protección y 48 sin protección, cada estación con diez semillas, para las 5 especies.
- En cada estación el primer día se evaluaron los siguientes parámetros:

a) Cantidad de hojarasca	b) Sotobosque	c) Fase de bosque
1=liviana (<30%)	1=Abierto	1= Dosel cerrado
2=Regular (30-60%)	2=Regular	2= Claro viejo
3=Pesada (>60%)	3=Denso	3= Claro nuevo

d) Clases de iluminación de copa (Cuadro 2)

Cuadro 2. Clases de Iluminación de Copa

Categoría	Exposición de copa
5	Emergente. Copa completamente expuesta, luz vertical y lateral dentro de 100° que llega a la copa en forma de un cono invertido.
4	Iluminación vertical plena. La parte superior de la copa está expuesta a la luz vertical, pero esta adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño dentro del cono de > 90°.
3	Iluminación vertical parcial. La parte superior de la copa está parcialmente expuesta a la luz vertical (la copa tiene entre 10° a 90° de exposición) y parcialmente sombreada por otras copas.
2.5	Alta iluminación lateral
2.0	Iluminación lateral media
1.5	Iluminación lateral baja
1	Sin iluminación directa. La parte superior de la copa no iluminada ni vertical ni lateralmente.

Fuente: Clark y Clark (1992).

- La remoción se observó haciendo un total de seis visitas a cada estación, durante los días 1, 3, 5, 10, 20 y 30 en los que se verificó y contó las semillas si hubo depredación o no, esto se realizó en la época natural de dispersión de las semillas.
- En los días 20, 30 y 40 se tomaron datos de germinación de las estaciones protegidas y no protegidas.

- Para la germinación en condiciones controladas se hizo una semisombra con malla rassel, con cinco repeticiones, para cada una de las especies. Se colocaron 40 semillas en cada repetición, y los datos fueron tomados periódicamente, cada 5 días, durante un mes.

4.2.3. Análisis y procedimiento estadístico

En primer lugar, se hizo una regresión lineal. La tasa de remoción de semillas esta representada por la pendiente negativa. Si la pendiente es cero (Figura 1 a) no hay remoción de semillas. Si la pendiente es muy negativa, hay mucha remoción de semillas (Figura 1 b)

Fórmula

$$\text{Semillas} = 10 - 0 * \text{día}$$

$$\text{Semillas} = 10 - 3.24 * \text{día}$$

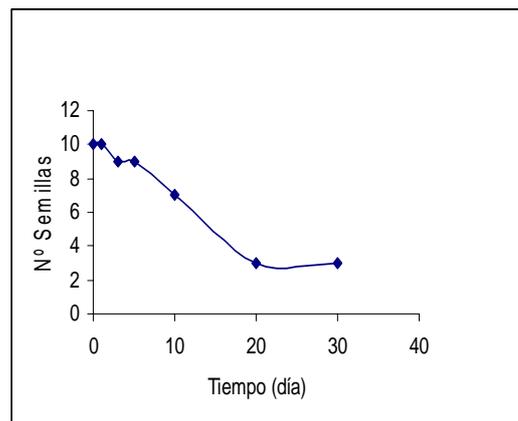
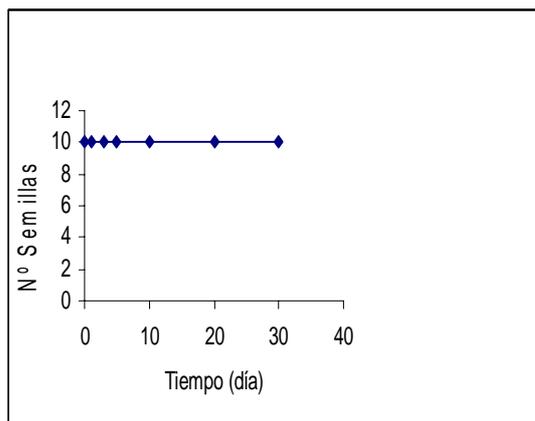


Figura 2 a. Pendiente negativa.

Figura 2 b. Pendiente muy negativa

La pendiente de la regresión lineal fue representada por la tasa de remoción de semillas (número de semillas removidas por día). Se usaron los valores promedios de la pendiente y desviación estándar de la remoción de semillas. Se aplicó una prueba de chi-cuadrado para cada variable (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz) para determinar si los tratamientos difieren en esas variables.

Para determinar el efecto del aprovechamiento (testigo e intensivo) en la tasa de remoción de semillas se realizó un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) para cada especie por separado. Para determinar el efecto de los tratamientos (testigo e intensivo) y (con y sin protección). En la tasa de remoción de semillas se hizo un análisis de varianza de dos vías (ANDEVA) para cada especie por separado. Las semillas del tratamiento con protección no fueron removidas, por esta razón los datos no se ven en las figuras. Se hizo el análisis sólo con la mitad de los datos; es decir con los datos de remoción de semillas provenientes del tratamiento “sin protección”. Se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos vías para determinar el efecto del aprovechamiento y variables ambientales (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz) en la tasa de remoción de semillas.

Todas las pruebas estadísticas fueron realizadas usando el paquete estadístico SPSS, versión 11.0 y el programa Microsoft Excel. Se consideró que existía el efecto de un tratamiento era significativo al 95%

En la germinación en vivero se trabajó con porcentajes de germinación para las cinco especies *M. nobilis* 0 % *Z. sprucei*, 57.0%; *S. parahyba*, 96.5%; *C. ianeirensis*, 81.0% y *C. estrellensis*, 74.5%.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características ambientales en los tratamientos de aprovechamiento

La prueba de chi-cuadrado indica que la hojarasca es diferente en el tratamiento testigo que en el intensivo, hay más hojarasca pesada en el testigo ($P=0,009$).

En el caso de sotobosque la prueba de contingencia chi-cuadrado indicó que en el tratamiento intensivo el sotobosque es más denso ($P=0,001$). La prueba de contingencia chi-cuadrado para la fase de bosque indicó que hay más claro en el tratamiento intensivo ($P=0,001$).

En la prueba de chi-cuadrado para la luz, se obtuvo que no existe un efecto significativo, ya que la luz es igual para los dos tratamientos. Esta diferencia no se notó por que en el tratamiento intensivo el sotobosque es cerrado ($P=0.082$). Ver cuadro 3.

Prueba de chi-cuadrado para cada variable (hojarasca, sotobosque, fase de bosque y luz), para determinar si los tratamientos difieren en esas variables.

Cuadro. 3. Prueba de chi-cuadrado

Variables	Chi-cuadrado	P	Testigo (%)	Intensivo (%)	Diferencia de tratamiento
Hojarasca	6,73	0,009	74	58	Más hojarasca pesada en T.
Sotobosque	10,6	0,001	33	54	Más sotobosque denso en I.
Fase de bosque	11,5	0,001	8	24	Menos claro en T
Luz	0,01	0,082	1.5, 2.	2.5	Luz 1.5, 2, 2.5 igual en T y I

5.2 Efecto del tratamiento silvicultural en la tasa de remoción

Existe una mayor tasa de remoción de semillas en áreas aprovechadas que en áreas no aprovechadas sólo en el caso de dos de las cinco especies del estudio (para *Z.sprucei* ($P < 0,0001$) y *C. estrellensis* ($P < 0,0001$)) (Figura 2).

La diferencia de estas dos especies ocurre porque en el tratamiento intensivo hay más animales, ya sean éstos vertebrados o insectos, debido a que el tratamiento intensivo pueden encontrar ramas más jóvenes y más palatables para su alimentación, también puede ser porque el intensivo tiene un sotobosque más denso donde fácilmente se pueden ocultar o proteger de sus semejantes, por otra parte hay más hojarasca liviana en el tratamiento intensivo (Cuadro3).

Las especies *Z. sprucei*, y *C. estrellensis*, presentan una mayor remoción de semillas, por el tamaño pequeño que presentan estas semillas, por esta razón, son removidas fácilmente por hormigas. En el caso de las semillas de serebó, que presenta una barra de error más grande (Figura 2), es porque en algunas estaciones se comieron todas las semillas y en otras no se comieron nada. Esto indica que fueron removidas por roedores, como ratones y jochis, debido a que estos animales tienen su territorio marcado. Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1987) indican que casi la mitad de las semillas producidas por más del 90% de todas las especies de árboles del bosque tropical mueren antes de germinar, presas de animales y hongos. Incluso las que se encuentran protegidas por una cubierta dura o un endocarpio son atacados por insectos y vertebrados.

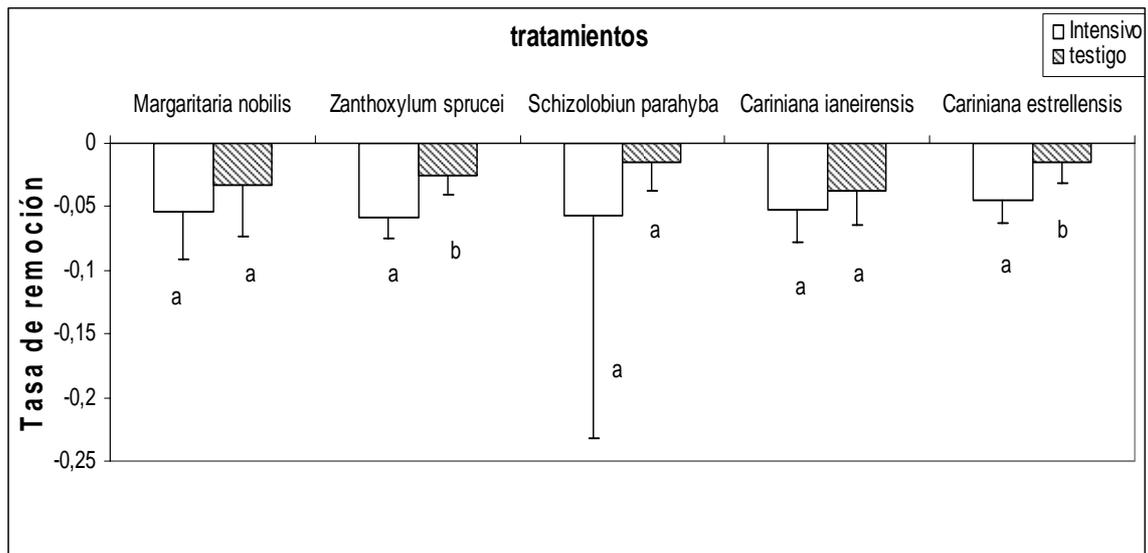


Figura 2. Promedio de la tasa de remoción por tratamientos silviculturales, □I=Intensivo, ■T=Testigo, letras distintas significa diferencias significativas.

5.3. Efecto de los tratamientos silviculturales y de protección en la tasa de remoción de semillas

Todas las especies sufrieron una mayor tasa de remoción de semillas en el tratamiento sin protección que en el tratamiento con protección (Cuadro 4, Figura 3). La interacción entre tratamiento y protección fue significativa para dos de las cinco especies en estudio (*Z. sprucei*, y *C. estrellensis* ($P < 0,0001$), (Cuadro 4) Entre protección, hay diferencia altamente significativa para todas las especies ($P < 0,0001$), esta diferencia es significativa porque las trampas con protección, hechas con malla milimétrica, funcionaron perfectamente (Cuadro 4) Las barras con protección no se ven en la figura por el hecho de que no hubo remoción de semillas (Figura3).

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza de dos vías con aprovechamiento y protección como factores para las diferentes especies incluidas en el estudio.

Especie	Tratamientos silvi		Tratamiento Protec.		Tratamientos x protecci	
	F	P	F	P	F	P
Margaritari nobili	3,50	0.0600	58.89	0.0001	3.50	0.0600
Zanthoxylum spru	48.92	0.0001	328.1	0.0001	48.9	0.0001
Schizolobium parahyba	1.36	0.2000	4.2	0.0400	1.36	0.2400
Cariniana ianeiren	3.46	0.0600	142.3	0.0001	3.46	0.0600
Cariniana estrelle	39.02	0.0001	155.9	0.0001	39.02	0.0001

F= efe calculado

P= probabilidad

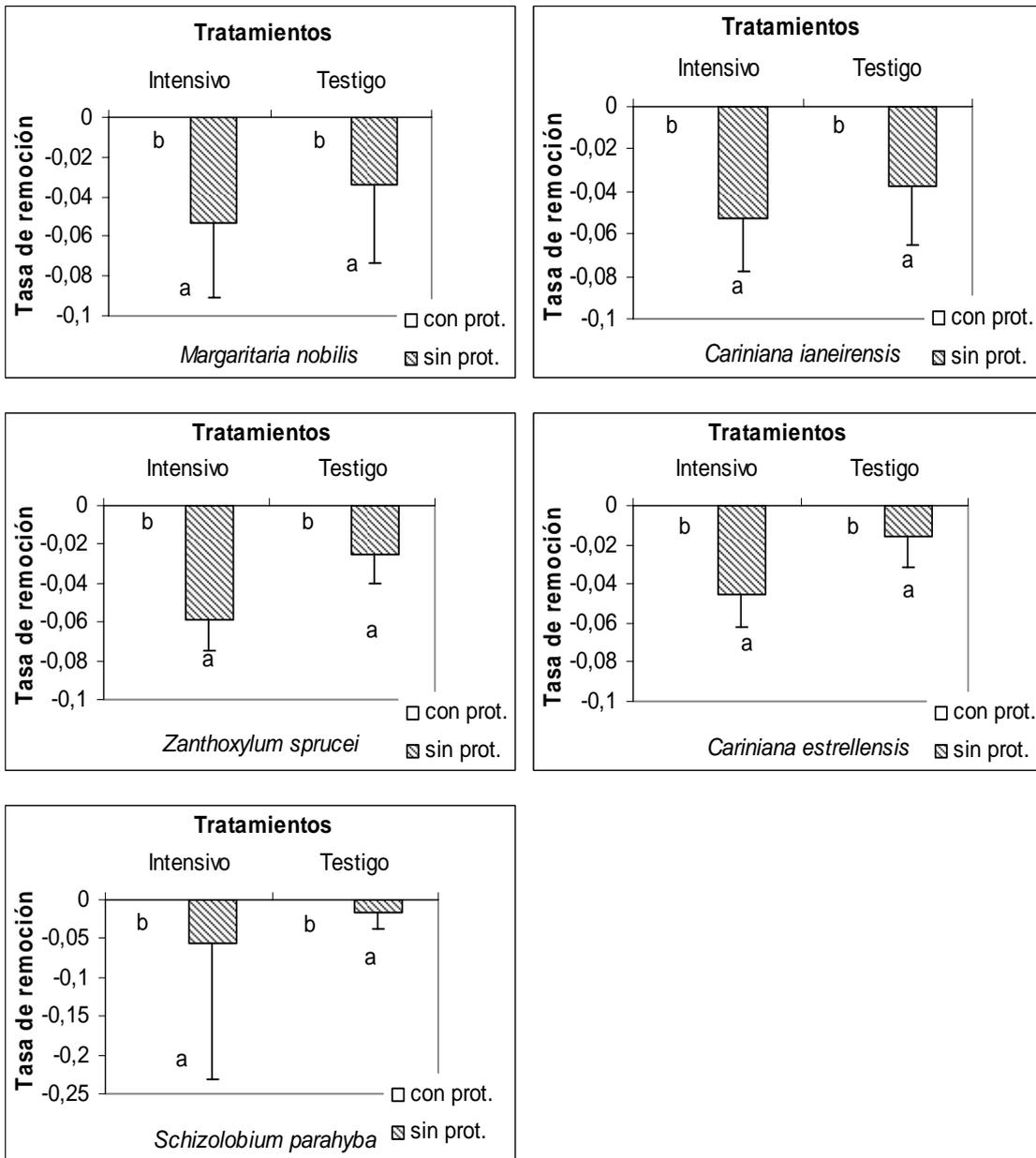


Figura 3. Promedio de la tasa de remoción por tratamientos intensivo testigo, □=con protección y ■=sin protección, para determinar si la remoción de semillas es diferente entre las estaciones con protección y las estaciones sin protección, y si existe diferencia entre tratamientos para todas las especies. Los datos con protección no se ven, porque no hubo remoción de semillas (se hace notar que *S. parahyba* tiene una escala diferente). Letras diferentes significa diferencias significativas.

5.4. Efecto de la variable ambiental, hojarasca y tratamientos silviculturales en la tasa de remoción de semillas

El análisis estadístico indica que en el tratamiento intensivo hay mayor remoción de semillas para dos especies con una diferencia significativa para *Z. sprucei*, y *C. estrellensis* ($P < 0,0001$) y no existe diferencia significativa para las demás especies. La hojarasca no tiene un efecto significativo para ninguna de las especies, y no existe una interacción entre aprovechamiento y hojarasca (Figura 4). Según Levey & Byrne 1993, citados por Dalling (2002) hay hormigas de hojarasca, que pueden actuar como dispersores. Por otra parte, el consumo parcial de semillas (por parte de herbívoros y depredadores), podría ser más común de lo que hasta ahora se ha informado en la literatura.

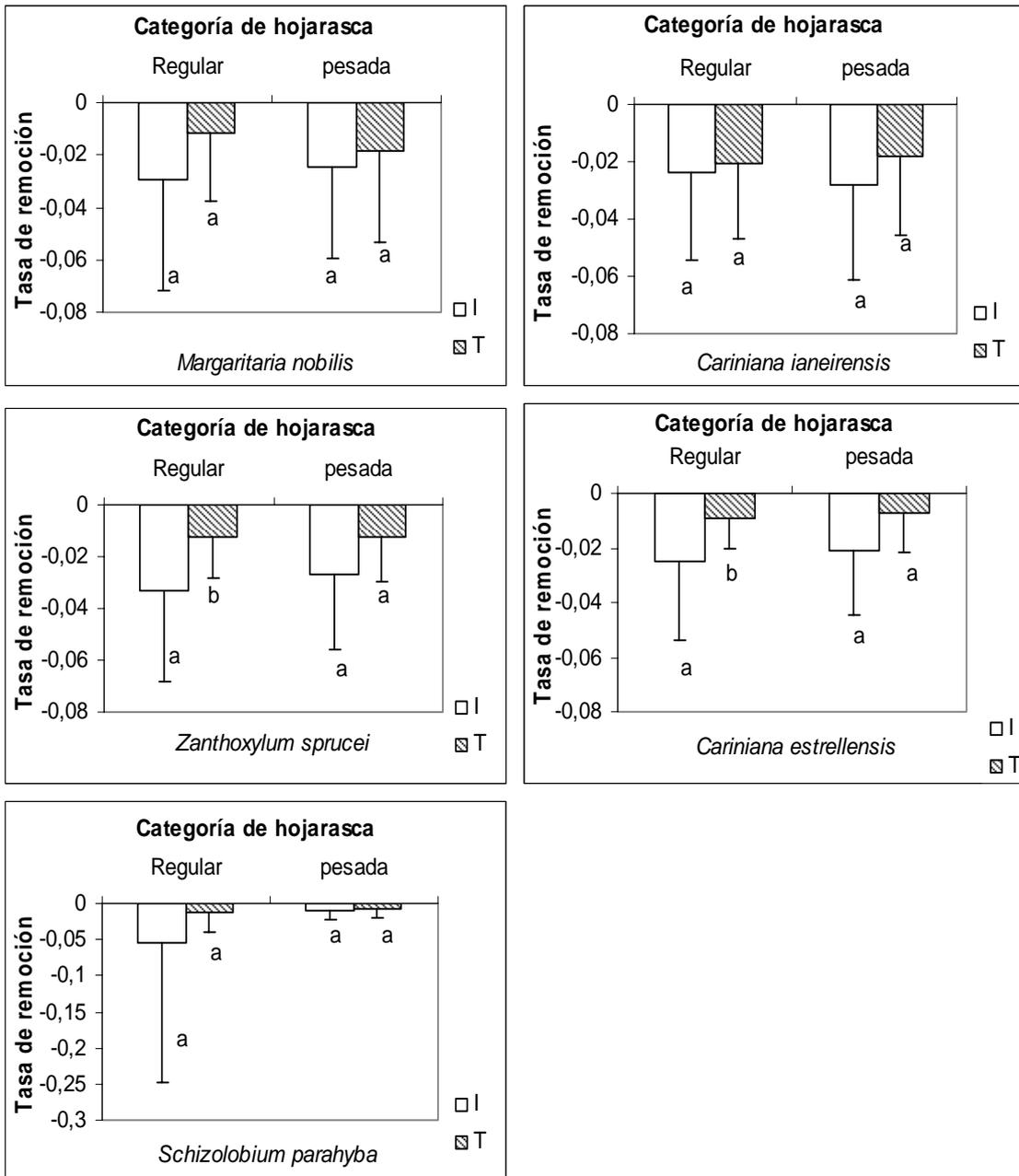


Figura 4. Tasa de remoción de semillas por categoría de hojarasca y tratamientos para cinco especies arbórea. □I=Intensivo, ■T=Testigo. Notar que *S. parahyba* tiene una escala diferente a las otras especies. Letras diferentes significa diferencias significativas.

5.5. Efecto de la variable ambiental, sotobosque y tratamientos silviculturales en la tasa de remoción de semillas

Los análisis estadístico muestran que en el tratamiento intensivo hay mayor remoción de semillas para dos especies con una diferencia significativa para *Z. sprucei* y *C. estrellensis* ($P < 0,0001$). Para sotobosque nos muestra que existe diferencia significativa para la especie de *Zanthoxylum sprucei* ($P < 0,0001$) y para las demás especies no tiene un efecto significativo (Figura 5), tampoco existe interacción. Esto indica que en esta especie hubo mayor remoción en el tratamiento intensivo y sotobosque denso, probablemente debido a que el tamaño de la semilla es muy pequeña según Janzen 1971 citados por Mostacedo y Pinard (2001), encontraron que las especies de semillas pequeñas y de abundante producción tenían más probabilidad de ser removidas por las hormigas y que éstas estaban más susceptibles de ser depredadas.

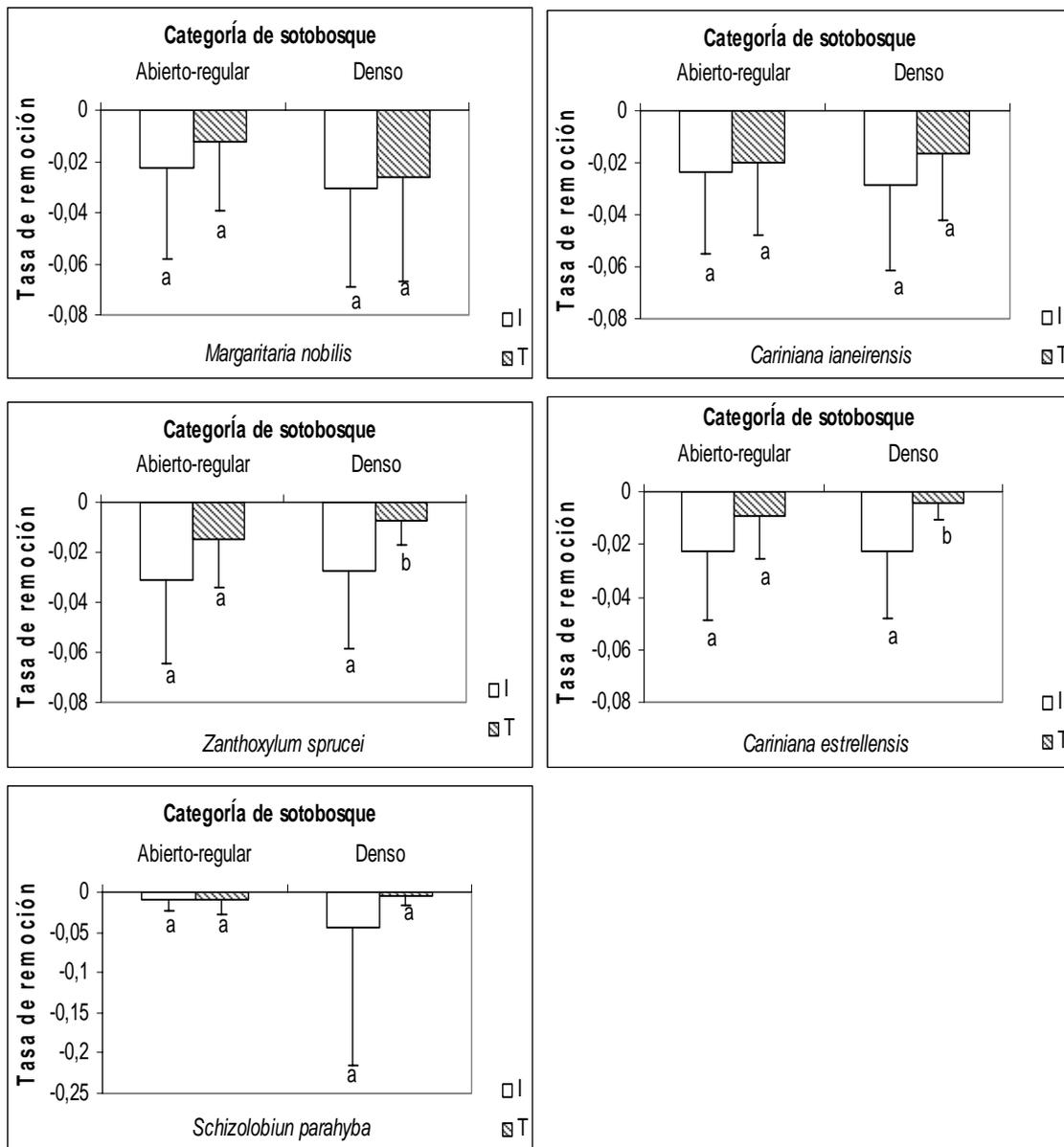


Figura 5. Promedio de tasa de remoción, por categoría de sotobosque y tratamientos silviculturales. □I=Intensivo y ■T=Testigo. Notar que *S. parahyba* tiene una escala diferente a las demás especies), Letras distintas significan diferencias significativas.

5.6. Efecto de la variable ambiental fase de bosque y tratamiento silvicultural en la tasa de remoción de semillas

Los resultados indican que en el tratamiento intensivo hay mayor remoción de semillas para dos especies con una diferencia significativa para *Z. sprucei* ($P < 0.0001$) y *C. estrellensis* ($P = 0.002$). En la fase de bosque no tiene un efecto significativo para ninguna de las especies, tampoco existe interacción, lo que quiere decir que la remoción no depende de la fase de bosque. Véase Figura 6.

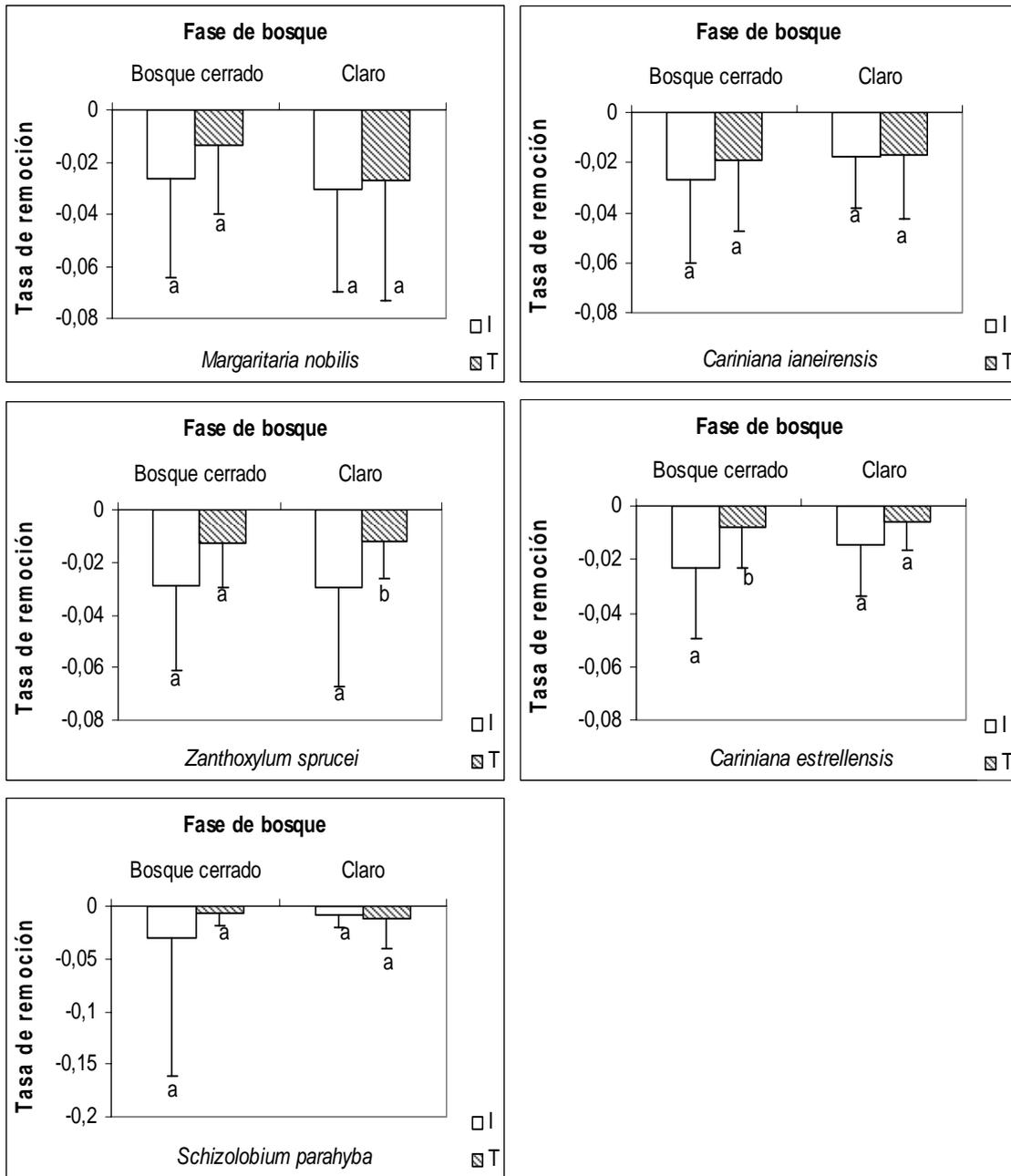


Figura 6. Promedio de la tasa de remoción por categoría de fase de bosque y tratamientos. □I=Intensivo y ■T=Testigo si la fase de bosque interfiere en la remoción de semillas (Notar que *S. parahyba* tiene una escala diferente a las otras especies). Letras diferentes significa diferencias significativas.

5.7. Efecto de la variable ambiental luz y tratamiento silvicultural en la tasa de remoción de semillas

Estos resultados muestran que en el tratamiento intensivo hay remoción significativa de semillas para *Z. sprucei* y *C. estrellensis* ($P < 0,0001$) (Figura 7). En el caso del factor luz, esta no tiene un efecto significativo para ninguna de las especies. La interacción no fue significativa para ninguna de las especies. Esto significa que la luz no interfiere en la remoción de semillas, ya que el tratamiento intensivo presenta un sotobosque cerrado al igual que el tratamiento testigo.

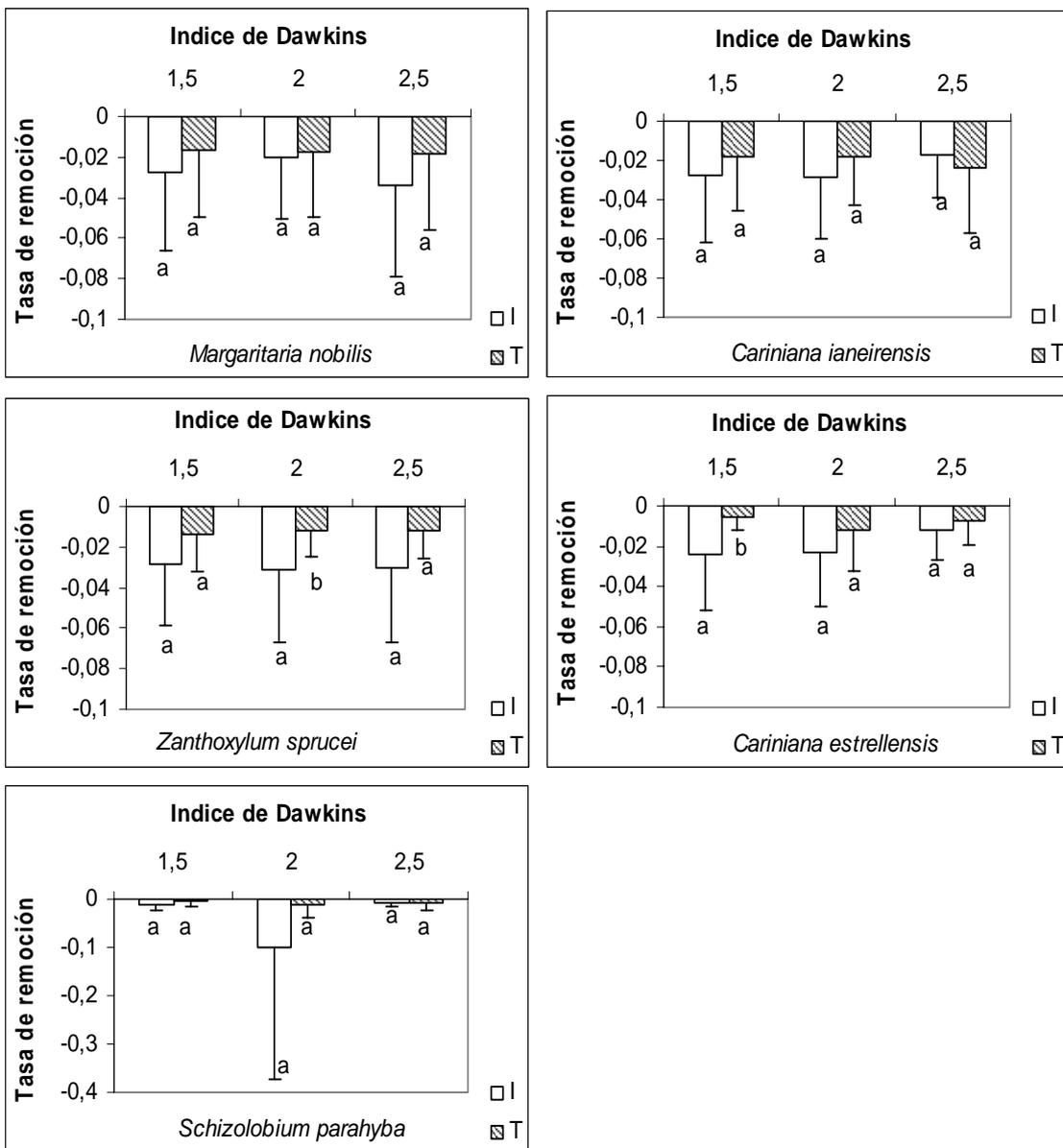


Figura 7. Promedio de tasa de remoción, por categoría de luz y tratamientos □I=Intensivo y ■T=Testigo por categorías de luz, 1.5=Iluminación lateral baja, 2=Iluminación lateral media, 2.5=Iluminación lateral. Letras diferentes significa diferencias significativas.

5.8. Tasa de germinación en condiciones naturales

Los resultados del análisis de varianza para la germinación indican que no hubo un efecto significativo entre tratamientos para ninguna de las especies. Tampoco existe diferencia significativa entre protección (Figura 8). En la interacción no hay diferencia significativa para todas las especies lo que significa que la germinación no depende de la protección. Según Steele, 1993, Harms, 1997, citados por Dalling (2002), algunas especies se encuentran adaptadas para germinar pese a que parte de sus tejidos hayan sido comidos.

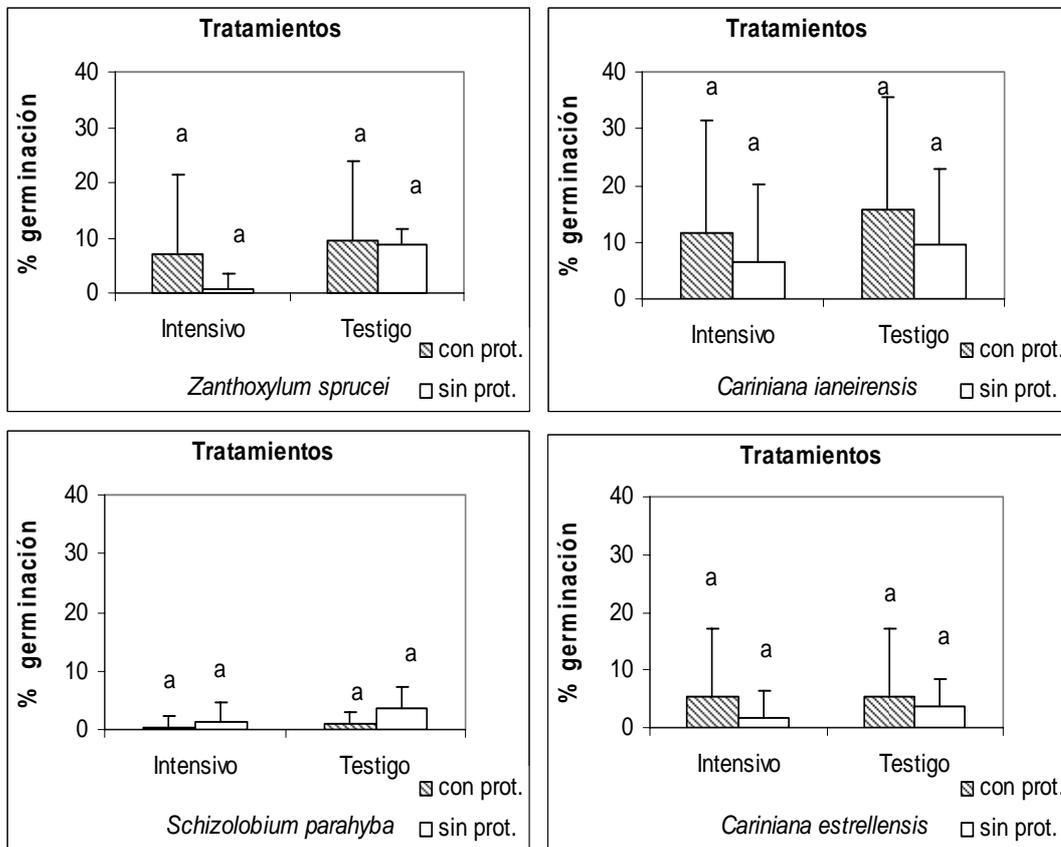


Figura 8. Porcentaje de germinación por tratamientos, ■=con protección y □= sin protección. Letras diferentes significa diferencias significativas (se hace notar que *M. nobilis* no germinó).

5.9. Germinación en condiciones controladas (vivero)

Se observó que en vivero las semillas de *M. nobilis* no eran viables, ya sea porque necesitaban de una escarificación o talvez eran semillas abortivas, porque no germinaron, y no así para las demás especies que tuvieron un alto porcentaje de germinación (Figura 9). La especie con mayor porcentaje de germinación fue *S. Parahyba*.

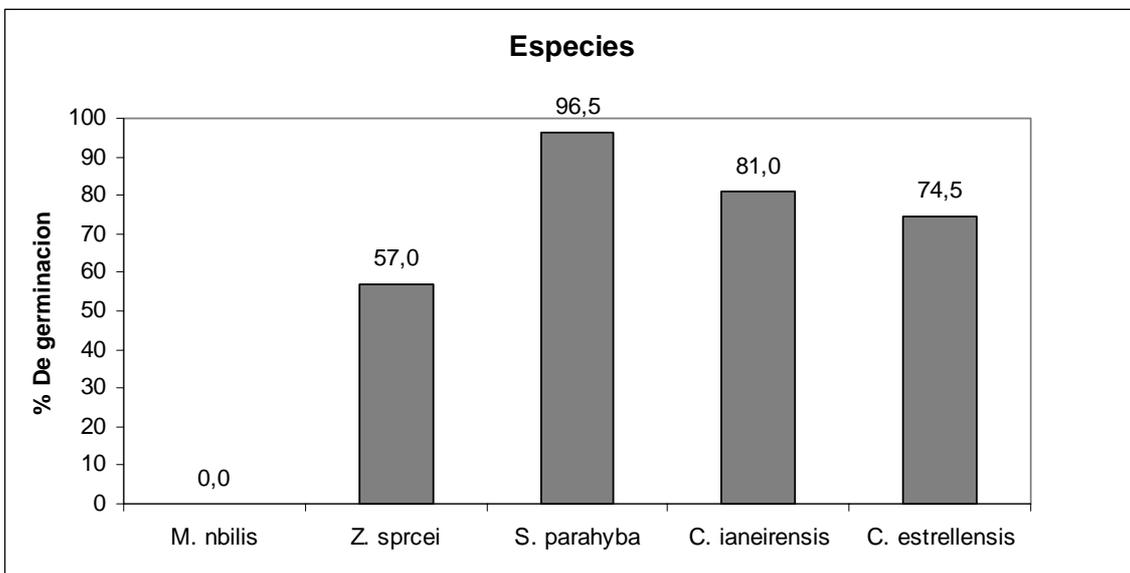


Figura. 9. Porcentaje de germinación en condiciones controladas, Se hace notar que se escarificaron las semillas de *S. parahyba*.

6. CONCLUSIONES

1. La remoción de semillas entre tratamientos silviculturales tuvo un efecto significativo para *Z. sprucei* y *C. estrellensis* ya que hubo mayor remoción de semillas en el tratamiento intensivo.
2. Entre los tratamientos de protección hay un efecto significativo para todas las especies (*M. nobilis*, *Z. sprucei*, *S. parahyba*, *C. ianeirensis* y *C. estrellensis*). Siendo evidente el efecto de remoción en el tratamiento sin protección.
3. En el caso de la hojarasca, los análisis indican que esta variable no influye en la remoción de semillas para ninguna de las especies.
4. El sotobosque influyó en la remoción de semillas sólo para *Z. sprucei*.
5. La fase de bosque y luz no tuvieron efecto significativo en la remoción para ninguna de las especies, pero entre tratamientos hubo efecto significativo porque en el Intensivo se encontró mayor remoción para *Z. sprucei* y *C. estrellensis*.
6. En la germinación no hay diferencia significativa entre tratamientos ni entre protección para ninguna de las especies, lo que quiere decir que la germinación es igual en los dos tratamientos y también en las estaciones con protección y sin protección. Se hace notar que *M. nobilis* no germinó en el campo ni en el vivero.
7. Los resultados de germinación en vivero mostraron los siguientes porcentajes de germinación: *Z. sprucei*, 57.0%; *S. parahyba*, 96.5%; *C. ianeirensis*, 81.0% y *C. estrellensis*, 74.5%.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda dejar más árboles semilleros de especies que muestren mayor remoción de semillas y menor germinación.
2. En planes de manejo forestal se debe considerar que existirá mayor remoción de semillas en bosques intervenidos que en no intervenidos.
3. Si bien que roedores como jochis y ratones predan semillas, esto no quiere decir que debemos eliminarlos del bosque, ya que cumplen un rol en el equilibrio ecológico del sistema. Cualquier manipulación de poblaciones de animales debe ser precedida de un estudio científico.
4. Se recomienda realizar investigaciones similares para las principales especies aprovechadas en la concesión para conocer mejor los factores que afectan su regeneración

8. LITERATURA CITADA

- Besnier, F. 1989. Tecnología de Semillas. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España.
- Castro, O. 1997. Evaluación del impacto del aprovechamiento en un bosque natural, húmedo subtropical en la provincia Guarayos. Tesis de grado, U.A.G.R.M, Santa Cruz, Bolivia.
- Cochrane, T. 1973. El potencial agrícola del uso de la tierra en Bolivia. Misión Británica, Ministerio de Agricultura, La Paz, Bolivia.
- Clark, D. A., Clark, D. B. 1992. Life history diversity of Canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs* 62 (3): 315-344.
- Dalling, J. W. 2002. Ecología de semillas. In: Guariguata, M. R. y Catan, G.H. (Compiladores) *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, pp. 345-375.
- Finol, H. 1983. Sistemas silviculturales aplicados y aplicables al manejo de bosques en Venezuela. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela.
- Finegan, B. 1993. Bases ecológicas para la producción forestal y agroforestal. Curso de posgrado CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Gil, P. 1998. Plan General de Manejo Forestal Empresa La Chonta, La Chonta, Santa Cruz, Bolivia.
- Gorwood, N. 1989. Estudio de la población de semillas y sotobosque húmedos en la tercera fase de la sucesión secundaria y su contribución a la biodiversidad y a la regeneración del bosque. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- IBIF. 2005. Red de parcelas permanentes. www.ibifbolivia.org.bo. Bajado de la red el 4 de marzo del 2006.
- Janzen, P.A., Bartholomeus, M., Bongers, F., Elzinga, J., Ounden, J., Van Wieren, S. 2002. The role of seed size in dispersal by a scatter-hoarding rodent. In: Levey, D.J. y Galetti, M. (eds.) *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. CAB International. pp. 209-225.
- Justiniano, M. J., Fredericksen, T. 1999. Yesquero Blanco (*Cariniana ianeirensis*) Knuth, Lecythidaceae. *Ecología y Silvicultura de especies menos conocidas*. El Pais, Santa Cruz, Bolivia

- Justiniano, M. J., Peña, C. M., Gutiérrez, M., Toledo, M., Jordán, C., Vargas, I., Montero, J. C. 2004. Guía Dendrológica de Especies Forestales de Bolivia. El País, Santa Cruz, Bolivia.
- López, M. 1998. Morfología Vegetal. Tesis, U.A.G.R.M- F.C.A, Santa Cruz, Bolivia
- Mostacedo, B., Pinard, M. 2001. Ecología de semilla y plántulas de árboles maderables en bosques tropicales de Bolivia. In: Kennard, D., Mostacedo, B., Fredericksen, T. S. (Eds) Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. El País, Santa Cruz, pp. 11-29.
- Mostacedo, B., Justiniano, J., Toledo, M., Fredericksen, T. 2003. Guía Dendrológica de Especies Forestales de Bolivia. El País, Santa Cruz, Bolivia
- Moreira, N. 1988. Estudio de la población de semilla y sotobosque en tres bosques húmedos en la tercera fase de la semilla y su contribución a la biodiversidad y a la regeneración del bosque. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Peña-Claros, M. 2001. Secondary forest succession. Processes affecting the regeneration of Bolivian tree species. Tesis de doctorado. Universidad de Utrecht. Utrecht, Países Bajos.
- Pizarro, F. 2001. Clasificación de tipos de bosques para manejo forestal en la concesión La Chonta, departamento de Santa Cruz. Tesis de grado Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.
- Prefectura del Departamento de Santa Cruz. 1996. Nueva Ley Forestal. Imagen Gráfica, Santa Cruz, Bolivia.
- Vásquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A. 1987. Fisiología ecológica de semillas en la estación biológica tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Revista de Biología Tropical 35 (1): 85-96.
- Vencer, F. 1989. Estudios de población de semilla y Sotobosques en tres bosques húmedos en la tercera fase de la sucesión secundaria y sus contribuyentes a la biodiversidad y a la regeneración del bosque. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Zalles, T. 1988. Manual de Técnico Forestal. Silvicultura I, Viveros. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.