

**UNIVERSIDAD AUTONOMA
“GABRIEL RENE MORENO”**

**Facultad de Ciencias Agrícolas
Carrera de Ingeniería Forestal**



**CARACTERIZACIÓN REPRODUCTIVA Y GERMINATIVA DE ESPECIES FORESTALES
MADERABLES EN BOSQUE SECO CHIQUITANO EN SANTA CRUZ, BOLIVIA**

Tesis de Grado presentada para optar el Título

De:

Ingeniero Forestal

Por:

Marlene Soriano Candia

Santa Cruz – Bolivia

2005

APROBACIÓN

Tesis de grado “Caracterización reproductiva y germinativa de especies forestales maderables en Bosque Seco Chiquitano en Santa Cruz, Bolivia”, presentada por la universitaria Marlene Soriano Candia, como requisito para optar el grado de Licenciado en Ingeniería Forestal y el título de Ingeniero Forestal, en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

Trabajo revisado, corregido y aprobado por el siguiente Tribunal:

Bonifacio Mostacedo, M. Sc.

Asesor Principal

Pedro Saravia, Ing.

Asesor

TRIBUNAL

TRIBUNAL

TRIBUNAL

M. Sc. Lincoln Quevedo

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Nelson Rodríguez

DECANO DE LA F. C. A.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Walter y Cornelia, su amor y dedicación han sido una gran motivación para alcanzar mis metas. Agradezco infinitamente a mis hermanos, Celia, Eduardo y Carmen, por permitirme contar con ellos en todo momento.

Mis agradecimientos a la Universidad “Gabriel René Moreno”, Facultad de Ciencias Agrícolas y a la Carrera de Ingeniería Forestal. Mis sinceros agradecimientos a mis profesores y personal administrativo, por la enseñanza y amistad brindada durante mi formación profesional.

Mi mayor agradecimiento a mis asesores, Ing. Bonifacio Mostacedo e Ing. Pedro Saravia, su apoyo, guía y consejos durante la realización de la presente investigación.

Al equipo del Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), por la valiosa colaboración, sugerencias y buen trato que recibí de cada uno de ellos.

A mis compañeros y amigos, agradecerles su sinceridad, confianza y buen humor.

Agradezco de todo corazón a todas las personas que colaboraron para la realización de este trabajo, sobretodo por su amistad y haber compartido una agradable estadía en el campamento. A quienes se encargaron de trasladarnos al sitio de estudio, Miguel Ángel y Chilín. La desinteresada ayuda de mis amigos y compañeros, Armando, Janeth, Anyela, Turian, Vanessa, Alejandra, Alex, Adalid y Víctor Hugo. El valioso aporte de Juan Carlos, Juancito y Zoilo.

Finalmente, mis sinceros agradecimientos a todas las personas que me han brindado su apoyo incondicional.

RESÚMEN

El Bosque Seco Chiquitano de Bolivia forma uno de los más extensos bosques secos que se encuentran en el neotrópico, y comprenden una heterogeneidad en su composición de especies, (Navarro y Maldonado, 2002). Para su preservación mediante un buen manejo es necesario prevalecer el ámbito ecológico, donde la aplicación de prácticas de manejo es importante. Uno de ellos es la determinación de diámetros mínimos de corta (DMC), lo cual debería ser diferenciado por especie y tipo de bosque. Actualmente, el DMC de diferentes especies han sido determinados subjetivamente juntamente con el factor de seguridad denominados árboles semilleros para lo cual La Ley forestal estipula dejarse como remanente en el bosque el 20 % de los árboles aprovechables, lo que garantizaría la regeneración y producción sostenible en el tiempo. Sin embargo, surgen algunas preguntas que necesitan ser respondidas con la investigación: ¿Conocemos la capacidad de producción de dichos individuos y especies?, ¿Cuántas semillas son viables de esa producción? y ¿Cuáles son las semillas que logran establecerse venciendo los obstáculos del dinamismo natural del bosque y del aprovechamiento? Mediante esta investigación se pretendió conocer el comportamiento reproductivo y germinativo de especies forestales en relación a su tamaño, el efecto del aprovechamiento en dicha reproducción, además de un enfoque fenológico para un mejor entendimiento.

En la mayoría de las especies estudiadas y sobretodo las que tienen frutos que son fácilmente dispersados por el viento, a medida que los frutos van madurando ocurre la dispersión de semillas justo en la época más seca, entre julio y septiembre. De las trece especies estudiadas, los árboles de *Sweetia fruticosa*, *Acosmium cardenasii* y *Cariniana ianeirensis* presentaron dos etapas reproductivas durante el año que duró el estudio. En cambio, las demás especies presentaron una sola etapa reproductiva.

Las especies alcanzaron alta reproductividad a menores diámetros que la viabilidad, a partir de 20 y 30 cm de DAP. En cambio, el tamaño diamétrico con alta viabilidad comienza alrededor de 50 cm de DAP para la mayoría de las especies. Aunque la viabilidad no decrece a mayores diámetros, la reproductividad lo hace alrededor de 70 cm de DAP. Mientras que la mitad de las especies estudiadas tuvieron porcentajes de viabilidad aceptables, la otra mitad de especies

tuvieron baja viabilidad, entre ellas *Machaerium scleroxylon*, *Centrolobium microchaete* y *Acosmium cardenasii* donde el promedio de semillas germinadas fue 5.4, 5.1 y 1.3% respectivamente. No obstante, los árboles reproductivos de menor tamaño de *Centrolobium* y *Acosmium* mostraron mayor porcentaje de semillas viables en relación a los de mayor tamaño. En este contexto, existe una diferencia de tamaño bastante amplia en la obtención de buenos niveles de reproducción y germinación. Es así que los árboles coinciden en un determinado rango diamétrico reproductivo y germinativo óptimo, este rango se encuentra entre 50 y 70 cm de DAP para la mayoría de las especies. Además, las especies mostraron diferencias en la capacidad reproductiva y germinativa entre individuos del mismo tamaño diamétrico. En tanto, si debería determinarse un DMC a partir de 70 cm de DAP que es cuando la capacidad reproductiva y germinativa de los árboles declina; no determinaría la capacidad reproductiva y germinativa apropiada de todos los árboles semilleros (20% de árboles mayores al DMC de cada especie), al contrario, se estaría dejando árboles de 1 a 100% reproductivos y viables.

El grado de intervención de un bosque determinó la capacidad reproductiva de la mayoría de las especies estudiadas, afectando negativamente en algunas y positivamente en otras. Entre las especies que mostraron una disminución de la capacidad reproductiva por el aprovechamiento se encuentran *Centrolobium microchaete* y *Copaifera chodatiana*, mientras que *Anadenanthera colubrina* y *Aspidosperma tomentosum* alcanzaron mayores niveles de reproductividad con el aprovechamiento. *Sweetia fruticosa* mostró variación temporal en la producción de frutos entre un bosque intervenido comparado al bosque no-intervenido. Finalmente, la capacidad reproductiva de *Machaerium scleroxylon* y *Caesalpinia pluviosa* fue independiente del grado de intervención.

La producción de frutos en bosques estacionales se concentra durante la época seca, pero el porcentaje de producción varía anualmente, incluso algunas especies producen frutos cada dos o más años. Por ello, es necesario considerar la etapa cuando las especies son más reproductivas y el grado de intervención que mejor responden, para aplicar tratamientos silviculturales durante el aprovechamiento forestal.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVOS GENERALES.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. BOSQUES SECOS TROPICALES	4
3.2. DETERMINACIÓN DE DIÁMETROS MÍNIMOS DE CORTA (DMC) EN BOSQUES SECOS TROPICALES	4
3.3. FENOLOGÍA.....	6
3.3.1. <i>Fenología Reproductiva</i>	6
3.3.2. <i>Influencia de Factores Climáticos en la Dinámica Reproductiva</i>	7
3.4. ÁRBOLES SEMILLEROS	8
3.5. DISPERSIÓN DE SEMILLAS	8
3.7. CAPACIDAD GERMINATIVA Y VIABILIDAD EN ESPECIES FORESTALES.....	9
3.9. ¿DE QUE MANERA EL APROVECHAMIENTO AFECTA EN LA REPRODUCCIÓN?	10
3.10. IMPLICACIONES DE LA REPRODUCCIÓN EN LA REGENERACIÓN DE ESPECIES FORESTALES.....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
4.1.1. <i>Geología y Suelos</i>	12
4.1.2. <i>Clima</i>	13
4.1.3. <i>Vegetación</i>	13
4.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	15
4.4. MÉTODOS.....	19
4.4.1. <i>Ubicación del Sitio de Estudio</i>	19
4.4.2. <i>Toma de Datos</i>	20
4.5. ANÁLISIS DE DATOS.....	23
4.5.1. <i>Fenología Reproductiva</i>	23
4.5.2. <i>Capacidad Reproductiva</i>	23
4.5.3. <i>Capacidad Germinativa</i>	24
5. RESULTADOS.....	25
5.1. FENOLOGÍA REPRODUCTIVA.....	25
5.2. CAPACIDAD REPRODUCTIVA.....	30
5.3. CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS DE ÁRBOLES.....	34
6. DISCUSIÓN.....	38
6.1. FENOLOGÍA REPRODUCTIVA.....	37
6.2. CAPACIDAD REPRODUCTIVA	38
6.3. CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS DE ÁRBOLES.....	39
7. CONCLUSIONES.....	42
8. RECOMENDACIONES.....	44
9. LITERATURA CITADA.....	46

LISTA DE CUADROS

CUADRO N°

<u>Texto</u>	<u>Página</u>
1. Resumen de los períodos donde se manifiestan los cambios fenológico de relevancia ecológica en bosque seco chiquitano.....	29
2. Número de individuos con tamaño reproductivo junto con la variación dentro de las especies del porcentaje de individuos reproductivos frente a aquellos individuos que no produjeron en un año de mayor reproductividad de frutos y/o semillas.....	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N°

<u>Texto</u>	<u>Página</u>
1. Mapa de ubicación de las parcelas experimentales Industria INPA Parket Ltda.....	19
2. Períodos de ocurrencia y comportamiento de la floración, en relación a la precipitación tomadas en esas fechas, desde Marzo, 2004-Abril, 2005.	26
3. Períodos de ocurrencia y comportamiento de la fructificación en la composición reproductiva de las diferentes especies, en relación a la precipitación tomadas en esas fechas desde Marzo, 2004-Abril, 2005.	27
4. Distribución del máximo porcentaje de producción de frutos y/o semillas de árboles reproductivos dentro de las categorías diamétricas en la que se encuentran produciendo.....	31
5. Capacidad de producción de semillas de especies forestales en bosque sin perturbación (—■—) y bosque aprovechado (—◆—).....	33
6. Dispersión del porcentaje de semillas viables respecto al diámetro, con su respectiva tendencia de la línea de regresión indicando, si la capacidad germinativa de una especie puede ser determinada por el DAP.....	35

1. INTRODUCCIÓN

La reproducción es la etapa de desarrollo relevante de la existencia de los seres vivos por el hecho que de esto depende su población y la preservación de las especies. De acuerdo al medio en que las especies son capaces de reproducirse, los individuos presentan diferentes formas de reproducción tanto sexual como asexual; de esta manera se han formado y seguirán formándose los diversos ecosistemas, sean estos simples o complejos. El bosque tropical de la Amazonía, es el ecosistema más grande y complejo que existe, está caracterizado por tener una alta diversidad de especies, pues posee casi la mitad de las especies que se encuentran en los bosques tropicales del mundo.

El dinamismo de los bosques varía tanto espacial y temporalmente, y está dominado por factores ambientales externos: precipitación, cantidad de luz, temperatura, viento, suelo, interacción con los demás organismos, etc. Pero, no sólo son estos factores los que determinan la composición de un bosque, sino el factor humano. Desde su existencia en tiempos primitivos el hombre se convierte en la llave de la conservación o cuidado del bosque, cuyos beneficios han ido marcando el período de desarrollo de muchos países.

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 autosostenibilidad en el tiempo. Para tal caso se han reconocido leyes forestales que contemplan al manejo forestal como la herramienta básica de preservación, y su aplicación debe prevalecer todo el ámbito ecológico de las especies, donde el éxito de la regeneración natural esté asegurado. Dentro de este rango ecológico se encuentran todas las especies forestales Maderables y No Maderables. Su aprovechamiento y sostenibilidad de estas especies está asegurado por la aplicación de buenas prácticas de manejo, de las cuáles en Diámetro Mínimo de Corta (DMC) es uno de los principales. 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, debe dejarse como remanente en el bosque

el 20 % de los árboles aprovechables mayores al DMC. Esto garantizaría la regeneración y producción sostenible en el tiempo. Pero, ¿Conocemos la capacidad de producción de dichos individuos y especies?, ¿Cuántas semillas son viables de esa producción? Y ¿Cuáles son las semillas que logran establecerse venciendo los obstáculos del dinamismo natural del bosque y del aprovechamiento? Si se lograra responder a estas preguntas entonces se determinaría si un 20 % es ideal para la sostenibilidad de un bosque que ha sido aprovechado sobretodo bajo criterios económicos de selección de algunas especies. Para ello, es imprescindible el conocimiento del comportamiento de la reproducción y germinación de las especies.

De hecho, los eventos fenológicos en el bosque seco tropical difieren ampliamente del bosque húmedo tropical en cuanto a la duración de los períodos fenofásicos y la época del año en las que se presentan, como son la senescencia de hojas, la floración, la fructificación y el tipo de dispersión. Aunque estas diferencias podrían deberse a las fluctuaciones de luz, precipitación, duración del período de sequía y la composición faunística de un año a otro, no podemos descartar las adaptaciones propias de las especies.

En general, la reproductividad y viabilidad de semillas en árboles aumenta a medida que aumenta su edad. Los patrones del comportamiento de la reproducción normalmente son de carácter específico. Pero, si se trata del aprovechamiento de un árbol que para establecerse ha dependido de otro árbol reproductivo y del vigor de una semilla y con el tiempo, de muchas ventajas y desventajas que utilizó para su desarrollo durante su largo período de desarrollo, es muy importante su aporte a sucesivas generaciones, y la única manera de hacerlo es a través de sus semillas. Por consiguiente, en este estudio consideramos al bosque como resultado de la disponibilidad de semillas viables que produce y los tamaños de los árboles con mayor capacidad reproductiva y germinativa de semillas que garantice el éxito de la regeneración.

En este sentido, las preguntas que surgieron acerca de la reproductividad en especies forestales maderables del bosque seco chiquitano fueron: ¿En qué medida varía la capacidad reproductiva y germinativa entre individuos de la misma especie?, ¿En qué tamaño los árboles son más reproductivos y viables? Y ¿Afecta el aprovechamiento positivamente en la capacidad reproductiva de todas las especies?.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar las variaciones poblacionales y temporales existentes en la reproducción y capacidad germinativa de semillas de especies forestales en un bosque seco tropical.

2.2. Objetivos Específicos

Conocer los períodos de reproducción y dispersión de frutos y semillas de las principales especies forestales.

Relacionar la capacidad reproductiva y germinativa de semillas de 10 especies forestales con el tamaño de los árboles e identificar las categorías diamétricas de máxima reproducción y viabilidad.

Determinar el efecto del aprovechamiento en la capacidad reproductiva de frutos/semillas de algunas especies forestales.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Bosques Secos Tropicales

Gentry (1995), considera que la categorización de la mayoría de los sitios de baja pluviosidad como “Bosque Seco” es simple. Reconoce que las precipitaciones anuales <1600 mm están fuertemente correlacionadas con bosques secos reconocibles fisonómicamente y florísticamente. En el neotrópico identifica como bosque seco aquellos sitios con precipitación anual entre 700 y 1600 mm y una fuerte estación seca, donde los sitios presentan durante varios meses del año una vegetación arbórea y decidua.

El Bosque Seco Chiquitano de Bolivia forma uno de los más extensos bosques secos que se encuentran en el neotrópico, a pesar de ser fácilmente reconocible a simple vista, comprende una heterogeneidad en su composición de especies, diferenciables por su peculiaridad en sitios restringidos (Navarro y Maldonado, 2002). Los árboles generalmente son de menor altura, DAP, y volumen en relación a árboles de bosques más húmedos (BOLFOR, 2003). Además, por sus características de dosel bajo y mayor entrada de luz, alcanzan el dosel con menores diámetros; por lo que llegan a reproducirse a menores diámetros. A diferencia de un bosque húmedo, donde los árboles deberán tener mayor diámetro para alcanzar el dosel alto y poder reproducirse (Añez, 2005).

Si bien, los bosques secos de Bolivia junto a los bosques secos del oeste de México son uno de los sitios de bosque seco más significativos que comparten tanta diversidad y endemismo con otros bosques secos reconocidos como el de Guanacaste, Costa Rica; deberían ser parte aún más importante del enfoque de conservación, por consiguiente, los de mayor prioridad (Gentry, 1995).

3.2. Determinación de Diámetros Mínimos de Corta (DMC) en Bosques Secos Tropicales

Las normativas forestales determinan, que mediante investigaciones detalladas de distribución diamétrica, abundancia, estado sanitario y madurez tecnológica, la Superintendencia Forestal

podrá determinar DMC's específicos para algunas especies dependiendo de los casos especiales que puedan darse, de no concretarse dichos estudios se utilizarán los DMC que describe las Normas Técnicas Forestales (MDSP, 2000).

En un bosque bajo manejo forestal, la cantidad de árboles aprovechables está determinada por los límites del DMC. Para el bosque seco chiquitano el DMC de la mayoría de las especies es de 40 cm de DAP (MDSP, 2000), debido a que los fustes de los árboles tienen menores diámetros comparados con bosques más húmedos. Asimismo, los límites de DMC en el bosque seco chiquitano determinan un mayor volumen aprovechable actual, no así, para las siguientes cosechas (BOLFOR, 2003). El mismo autor indica que las tasas de crecimiento determinan el ciclo de corta junto a la densidad relativa de árboles en tamaños menores al DMC. Sin embargo, siendo que las tasas de crecimiento son muy bajas, el volumen a aprovechar en el segundo ciclo de corta reduciría considerablemente si no se tiene mayor abundancia de fustes potenciales y adecuada regeneración. Por tanto, se debe asegurar que la proporción de la regeneración de especies de valor comercial no disminuya de la población.

Un estudio en bosques tropicales demuestra que el rendimiento diamétrico en árboles tropicales tiene una forma sigmoidea en relación de la edad del árbol, la relación entre el Índice de Crecimiento Anual (ICA) y el Índice Medio Anual (IMA) respecto al diámetro es aplicable en función del crecimiento, de este modo determinar el diámetro cuando las especies alcanzan su mayor incremento. Los árboles tropicales alcanzan su mayor rendimiento a los 75 cm de diámetro, entonces, un bosque bajo manejo no necesita retener árboles que sobrepasan el diámetro de mayor incremento, ya que están ocupando el espacio que otros árboles necesitan para crecer, pero, tampoco es lógico aprovechar árboles que no hayan alcanzado su mayor incremento porque sería un desperdicio de su potencial de crecimiento máximo (Valerio, 1998).

En Bolivia, el DMC establecido mediante la actual Ley Forestal está determinado sin un entendimiento del impacto que podría provocar en la producción de semillas de especies maderables. Está claro que el promedio de semillas producidas podría variar con el incremento del tamaño de los árboles de una especie. Entonces, es necesario cuantificar la relación entre

producción de semillas y tamaño de los árboles para las especies de los bosques en Bolivia (Fredericksen et al., 2001).

3.3. Fenología

(Grubb, 1977 citado por Williams-Linera y Meave, 2002) reconoce la fenología como uno de los componentes fundamentales del “Nicho de regeneración” de una planta y sugiere que es indispensable para entender la coexistencia de numerosas especies en una comunidad vegetal.

Los eventos fenológicos de una planta son conocidos como fenofases, se considera útil distinguir dos categorías para las fenofases del ciclo de vida de las plantas: vegetativas y reproductivas. La primera incluye básicamente la producción de hojas nuevas y la caída de hojas, estas fenofases también se agrupan bajo el término de foliación. La segunda constituye las fenofases de la floración y la fructificación. Generalmente la descripción de las fenofases reconoce etapas de desarrollo como el crecimiento de las yemas foliares, la expansión de la lámina u hojas maduras, la senescencia de hojas y flores y la maduración de frutos. Al hacer la distinción entre fenofases no se debe perder de vista que existen interrelaciones entre ellos y que podrían ocurrir simultáneamente o secuencialmente (Van Shaik et al. 1993 citado por Williams-Linera y Meave 2002).

El estudio fenológico tiene particular importancia para el entendimiento del funcionamiento de bosques secos debido a su pronunciada estacionalidad. Por ejemplo, el cambio del microclima dentro del bosque producido por la caída de hojas, la época de hojas nuevas, flores y frutos, controla las actividades de muchos animales herbívoros, frugívoros y polinizadores (Justiniano y Fredericksen, 2000).

3.3.1. Fenología Reproductiva

La floración y fructificación en bosques secos suele concentrarse generalmente durante la estación seca, pero, existe discontinuidad tanto en las actividades vegetativas como reproductivas de especies e individuos de la misma especie. La producción de flores y frutos

en algunas especies es anualmente y en otras puede variar entre dos o más años. La mayoría de las especies arbóreas en este tipo de bosque tienen frutos y/o semillas livianas que son dispersados por el viento a distancias grandes (Richards, 1996).

El hecho que la mayoría de las especies de árboles en bosques tropicales muestran una temporada de fructificación de unos pocos meses en un año, afecta el mantenimiento de la diversidad animal que dependen de la disponibilidad de suplementos alimenticios. No obstante, existen muy raras especies que fructifican durante la escasez de estos alimentos. Por tanto, los manejadores de bosques realizarían un pequeño sacrificio económico al prescindir de algunos árboles productores para brindar mayor beneficio a la vida silvestre del bosque (Terborgh, 1995).

3.3.2. Influencia de Factores Climáticos en la Dinámica Reproductiva

La producción de semillas de la mayoría de las especies maderables en Bolivia tiende a ser alta y varía de un año a otro dependiendo de las condiciones climáticas, aunque otras especies presentan una producción de semillas constante. A pesar de la cantidad de semillas que las especies sean capaces de producir, el éxito reproductivo está más relacionado a la forma y distancia de dispersión que poseen las especies. El hecho de que el 68% de las especies maderables de Bolivia suelen ser dispersadas por el viento, las cuales tienen su máxima dispersión durante la época seca, tiene relación directa con la mayor disponibilidad de luz y posteriormente agua para la activación de la germinación y de esta manera lograr un establecimiento exitoso (Justiniano, 1998; Mostacedo y Pinard, 2001).

Las manifestaciones atípicas como intensas lluvias en la época seca y cortos períodos de sequía en época de lluvia causan efectos sobre la fenología de las especies. Por ejemplo, se registró la floración y posteriormente fructificación de *Copaifera chodatiana* y *Machaerium scleroxylon* un año en el que se dieron altas precipitaciones durante el período de reproducción. Al año siguiente cuando se registró un período de sequía de aproximadamente 33 días en este mismo período, cuando ya había comenzado la floración, se produjo un atraso de dicha fenofase causando la disminución en la producción de frutos (Justiniano, 1998).

3.4. Árboles Semilleros

Un buen manejo forestal requiere la retención de árboles semilleros después del aprovechamiento para proporcionar semillas para la regeneración del bosque. Por ello, se debe considerar algunas características ecológicas específicas como: abundancia relativa, diferencias en la producción de semillas, germinación, tipo de regeneración o requerimientos de micrositios (Fredericksen et al., 2001), distancia de dispersión, densidad de semillas, sombra de semillas y distribución espacial de árboles semilleros (Van Rheenen, 2005).

Es común para muchas especies la variación interanual de su fenología reproductiva teniendo importantes implicaciones para la selección de árboles semilleros en bosques manejados. Si la variabilidad interanual en la producción de semillas es alta para una especie dentro de un bosque manejado, entonces, es necesario mantener una adecuada dispersión espacial de árboles semilleros para asegurar el abastecimiento a nivel del rodal (Guariguata, 1998), de la misma manera, la cantidad de árboles semilleros retenidos debería ser mayor a aquellas especies que producen abundantes semillas periódicamente, donde la regeneración del semillero está garantizado por la abundancia de semillas en años de buena producción (Fredericksen et al., 2001).

3.5. Dispersión de Semillas

Las especies han desarrollado distintas adaptaciones para asistir la dispersión de sus semillas, desde la composición de sus nutrientes, los colores llamativos de sus frutos atractivo para los animales dispersores, a frutos que explotan y dispersan sus semillas lejos del árbol padre. En bosque húmedo tropical, especies de semillas pequeñas dispersan sus semillas a mayores distancias que especies de semillas grandes. Únicamente las especies dispersadas por el viento alcanzaron mayores distancias de dispersión que aquellas dispersadas por animales (Van Ulf, 2004). Dichos resultados deberían revertir la poca atención prestada a la relación de la reserva de lípidos que contienen las semillas de los distinto “síndromes de dispersión”, pues se podría predecir que en las semillas dispersadas por el viento el contenido de lípidos sería alto como recurso óptimo para minimizar el peso de la diáspora (Dalling, 2002).

La tolerancia a la sombra tiene una leve correlación negativa con la capacidad de dispersión, es decir que la más grande tolerancia a la sombra está asociada de alguna manera con la más pobre dispersión (Pinard et al, 1999; Richards, 1996). Existe una diferenciación entre el tipo de fruto comúnmente producido por especies que toleran la sombra y las especies de estratos superiores, el primer grupo de especies producen en su mayoría frutos carnosos y son dispersados generalmente por animales, el segundo grupo de especies presentan ciertas estructuras mediante las cuales son capaces de dispersarse por el viento. Una gran parte de las semillas de especies arbóreas en bosques secos son dispersadas por el viento, eso es, una distancia de dispersión primaria de más de 30 m con relación al árbol padre. Mayor distancia de dispersión significa mayores posibilidades de alcanzar sitios que favorezcan su germinación y posterior establecimiento (Richards, 1996). El 68% de las especies forestales de Bolivia tienen dispersión anemócora (Mostacedo y Fredericksen, 2001).

3.6. Capacidad Germinativa y Viabilidad en Especies Forestales

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. 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 (Dalling, 2002).

Normalmente, en bosques primarios las semillas de algunas especies del dosel y especialmente especies emergentes requieren luz para alcanzar altas tasas de germinación. Hay algunas especies de árboles que son capaces de germinar bajo sombra, haciendo frente a las especies pioneras que exigen luz para su germinación. De hecho, en Surinam las semillas de 30 especies del dosel no mostraron dormancia, y la viabilidad de semillas de la mayoría de las especies de bosque primario es corta (Schulz, 1960).

De un estudio de 34 especies forestales estudiadas, doce tienen más del 50% de viabilidad, siendo la viabilidad menor al 50% para las 22 especies restantes de las cuales 6 especies tuvieron viabilidad nula, estos datos a pesar que provienen de invernadero brindan información rápida y veraz de lo que ocurre en condiciones naturales (Mostacedo y Fredericksen, 2001). Sin embargo, vemos que la mayoría de las especies tienen bajos porcentajes de semillas viables lo que señala que se debe encontrar el modo de que estas especies sean capaces de brindar un mayor número de semillas viables.

Al respecto, Moreno (1976) dice que la mayoría de las semillas de especies de bosque primario tropical, presentan mayor porcentaje de germinación en períodos cortos de almacenamiento, dicha viabilidad de semillas disminuye con la prolongación del período de almacenamiento.

3.7. ¿De que manera el aprovechamiento afecta en la reproducción?

Todas las especies maderables del bosque chiquitano presentan fuerte sincronización en el tiempo de producción de flores y frutos. No cabe duda de que al ser especies maderables de alto valor se favorecerán con la extracción forestal por los claros producidos por esta actividad facilitando la pronta germinación y establecimiento de semillas dentro de los mismos. Producto de ello, en estos lugares la competencia y depredación es de menor escala. Aunque, dejar árboles semilleros tiene mayor importancia si se trata de asegurar la regeneración natural (Justiniano, 1998).

Considerando la ecología de semilla o plántula, como requerimientos de luz para su germinación y establecimiento; la remoción “drástica” del dosel como requisito necesario para la regeneración exitosa de las especies, viene a ser una de las implicaciones para el manejo de bosques secundarios para la producción de madera, siendo una manera mas adecuada de regenerar el rodal coetáneo bajo un sistema “monocíclico” donde el aprovechamiento del rodal se realiza una sola vez durante el turno de rotación. Sin embargo existen aspectos de carácter fenológico a ser tomados en cuenta, dado que no todas las especies dispersan sus frutos en la misma época del año y que la longevidad de las semillas se limitan a un tiempo determinado,

un aprovechamiento total realizado a principios de un año generaría un rodal muy diferente en composición y abundancia de individuos que uno realizado en un sitio con las mismas características seis meses después (Guariguata, 1999).

En un bosque donde quedan muy pocos individuos de una especie, se reducen las oportunidades de intercambio genético, lo que produce la endogamia. Un efecto potencial de la endogamia es que reduce tanto la producción como la calidad (viabilidad) de las semillas de aquellos árboles residuales. Intuitivamente se piensa que luego de la tala selectiva existe una reducción en la producción de semillas a nivel de especie, particularmente si se trata de una especie con niveles bajos de densidad poblacional (Guariguata, 1998).

3.8. Implicaciones de la Reproducción en la Regeneración de Especies Forestales

La biología reproductiva de las plantas (producción, dispersión y germinación de semillas) constituye un elemento clave en el tema de ir definiendo los patrones de distribución y abundancia de especies (Dalling, 2002). Es necesario determinar las características propias de un bosque para su continua producción, y la regeneración asegura de alguna manera, un determinado porcentaje de esa producción.

Las razones de la presencia o ausencia de regeneración de una especie dada son tan variadas como las causas del éxito o fracaso de la reproducción en árboles tropicales. Una posible explicación de la ausencia de regeneración de pioneras podría ser por la clausura de claros. Pero, existe una lista de otros factores como: denso-independencia debido a la depredación por insectos o patógenos en las semillas o plántulas, competencia entre hijos alrededor del árbol madre, competencia hacia polinizadores o agentes de dispersión de semillas y reproducción retrasada o episódica. También, las distribuciones de edad/tamaño en desequilibrio dentro de un área de colonización del bosque, podrían producir estructuras poblacionales extrañas e inesperadas (Hubbell, 1987).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra aproximadamente a 30 Km. al sureste de la localidad de Concepción, cuya jurisdicción política corresponde a la provincia Ñuflo de Chávez del departamento de Santa Cruz, Bolivia. Está ubicada dentro de la propiedad privada de la empresa INPA, que abarca una superficie total de 29951 ha; de las cuales 23230 ha, se encuentran cubiertas principalmente de bosque alto y bosque medio destinados como bosque productivo para el aprovechamiento sostenido del recurso madera. El resto de la superficie está clasificada como bosque bajo (5665.25 ha), cuyo uso no está aún definido sino hasta posteriores estudios, y posee como área de protección de 1056.08 ha (Pariona, 1998).

4.1.1. Geología y Suelos

La propiedad se encuentra dentro de la unidad morfo-estructural del Escudo Chiquitano definido por el complejo cristalino precámbrico (Pariona, 1998). De acuerdo a sus características geológicas, fisiográficas y edafológicas puede ser dividida en dos grandes unidades de paisaje denominadas como macro-unidades ambientales (Navarro, 1995):

a) Penillanura laterítica.- presenta una fisiografía mixta, entre ondulado y amesetado a casi plano, situado en la zona oriental del territorio, unidad caracterizada por la casi total predominancia de *gneises* mayormente ocultos bajo la cobertera de laterita miocena, ausente en las “Serranías”.

b) Serranías marginales del Escudo Precámbrico.- tiene una fisiografía más accidentada con numerosas alineaciones montañosas variables e interrumpida por frecuentes afloramientos rocosos (lajas, domos o iselbergs), se caracteriza por la predominancia de rocas como granitos intercalados, por cuarcitas filitas y esquistos pertenecientes a edades posteriores a las rocas presentes en la penillanura laterítica.

Los suelos son variables en su estructura y propiedad física, derivan de las ferritas con una fracción arcillosa rica en aluminio y óxido de hierro, pobre en silicio, de color rojo o amarillo, texturas limosas y arcillosas. En algunos sitios son arenosas en sus horizontes superiores. Se caracterizan por presentar una topografía variada, desde levemente plana a ondulada. Su PH es ácido, de bajo contenido de humus y pobres en elementos nutritivos. Generalmente tiene suelos superficiales con marcado afloramiento rocoso (Pariona, 1998).

4.1.2. Clima

La estación ubicada a una altitud de 500 m.s.n.m. en Concepción, registró una temperatura media anual de 24.3 °C y una precipitación promedio anual 1.100 milímetros anuales distribuidas durante el verano. Se diferencia una clara estacionalidad climática durante el año, con una época de lluvias donde se concentra la mayor cantidad de precipitación y una época seca con una duración de 4-6 meses caracterizada por el aspecto caducifolio del bosque.

Basado en la nomenclatura del modelo bioclimático de Rivas-Martínez (1993 y 1994) y en los datos climáticos mencionados en el párrafo anterior, Navarro (1995) define a la región de Lomerío, que se sitúa cerca de Concepción (Lomerío es una región parecida a nuestra zona de estudio, por tanto, esta clasificación también es útil para su descripción climática) de la siguiente manera: El BIOCLIMA del área de estudio es **tropical**. Debido a que la precipitación media de los meses secos no supera el doble de la temperatura media, se define como un bioclima **pluvioestacional**. Tanto las entradas de fuertes frentes fríos de latitudes meridionales que producen un marcado descenso de la temperatura en época seca como la relación de las temperaturas y su efecto en la evapotranspiración, el clima es **termotropical subhúmedo**. Entonces se puede denominar al área de estudio como bioclima: **Termotropical-Pluvioestacional-Subhúmedo**.

4.1.3. Vegetación

Las manifestaciones en las variaciones de la vegetación son debido a la variación del relieve entre leves ondulaciones y depresiones, dentro de las cuales varía la disponibilidad de agua

para las plantas, dando como resultado una heterogeneidad de la distribución espacial de la vegetación. Esto permite definir bosque alto, bosque medio, bosque bajo y áreas de ciénagas; de manera que la vegetación de un bosque está representado por comunidades de especies especialistas de esos sitios (Navarro, 1995).

La vegetación en su estado original es un bosque latifoliado semidecídulo con unas 30 a 40 especies arbóreas por ha., de las cuales aproximadamente 8 especies tienen usos conocidos en la actualidad. También existe la presencia de abundantes matorrales, hierbas, plantas epífitas y lianas o bejucos. Killeen et al (1998), determinaron que el número de especies de árboles representan 92% del área basal del bosque. No obstante, la mayor abundancia de especies están representados por individuos <2 m de altura, siendo las herbáceas perennes de mayor abundancia. Además, tan solo el 8% de la superficie del piso del bosque está cubierto por Garabatá (*Pseudoananus sagenarius*), una bromeliácea que forma densas colonias de rizomas. La abundancia de lianas en los árboles se considera normal, aunque hay mayor proporción de lianas en el sotobosque que en la copa de árboles.

La característica general del bosque, es de carácter semidecídulo. La caducidad se presenta en 80-50% sobretodo en especies arbóreas emergentes y especies del dosel, las cuales se caracterizan por tener hojas compuestas. El número de especies con hojas compuestas disminuye con el tamaño del estrato del bosque siendo este mínimo en el sotobosque, por el contrario, las especies de hojas simples aumentan hacia el subdosel y sotobosque (Killeen et al, 1998). Los árboles mas representativos pertenecen a la familia de las leguminosas, siendo las especies mas comunes: tasaá (*Acosmium cardenasii*), curupaú (*Anadenanthera colubrina*), tarara amarilla (*Centrolobium microchaete*), momoqui (*Caesalpinia pluviosa*) y Sirari (*Copaifera chodatiana*) (Pariona, 1995).

Se ha intentado clasificar la vegetación de esta región siguiendo varias líneas de clasificación. Entre ellos tenemos a Navarro y Maldonado (2002), quienes clasifican a esta región desde un punto de vista biológico dentro de la Provincia Biogeográfica del Cerrado, como vegetación de Bosque Semidecídulo Chiquitano; dentro del cual se encuentran una vegetación de Lajas característicos del suroeste chiquitano y bosques higrófilos. Asimismo, Ibisch y Mérida

(2003), consideran a la Chiquitanía como una región ecológica, por tanto su clasificación corresponde a una ecoregión de Bosque Seco Chiquitano, caracterizado por formar un mosaico complejo con otras ecoregiones como el Cerrado y las Sabanas Inundables.

4.2.- Descripción de las Especies

Ajo Ajo, *Gallesia integrifolia* (Sprengel) Harms.

El Ajo Ajo pertenece a la familia Phytolaccaceae, es un árbol de copa irregular y densa, normalmente presenta un fuste ondulado con corteza lisa de color crema café, toda la planta desprende un fuerte olor a ajo. Sus hojas son simples, alternas entre ovadas y elípticas. Tiene las flores dispuestas en panículas terminales vistosas. Sus frutos son sámaras pequeñas entre 2-3 cm y abundantes. Es una especie semidecídua, parcialmente demandante de luz, muy frecuente en bosques de transición entre bosque húmedo y bosque seco.

Curupaú, *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Benth.

Especie de la familia Mimosoideae; es un árbol de copa irregular, poco densa; su fuste es cilíndrico y recto, de corteza lisa de color gris-negrusco, a medida que se consolida presenta ornamentaciones leñosas. Sus hojas son bi-compuestas, alternas y sus flores están dispuestas en cabezuelas axilares de color blancas-cremosas. Los frutos son legumbres alargadas y aplanadas, leñosas, contienen semillas de color marrón brillante y también son aplanadas discoideas. Es una especie decídua muy demandante de luz, común en bosques secos y bosques sub-húmedos estacionales.

Jichituriqui Amarillo, *Aspidosperma tomentosum* Mart.

De esta especie arbórea de la familia apocynaceae, mayormente su copa es redondeada y densa y su fuste cilíndrico y recto, presenta corteza corchosa y fisurada de color crema amarillenta. Sus hojas simples alternas de color verde-amarillo se encuentran en ramas terminales. Sin embargo, las flores pequeñas se encuentran en racimos axilares. Los frutos tienen una forma

cilíndrica, poco aplanados, asimismo contienen numerosas semillas laminares también cilíndricas. Al ser una especie decídua demanda bastante luz. Se encuentra en bosques húmedos de llanura y sobretodo en bosques amazónicos.

Maní, *Sweetia fruticosa* Spreng.

El maní corresponde a la familia fabaceae de las leguminosas, es un árbol con copa irregular, pero de fuste cilíndrico y recto, tiene corteza fisurada de color café-grisáceo. Tiene las hojas alternas imparipinnadas, cuyos folíolos sub-opuestos presentan un ápice indentado. Sus flores suelen estar agrupadas en racimos axilares, el color anaranjado violáceo de las mismas es muy llamativo. Los frutos de sámara son rectos formados por un ala distal y una semilla basal. Especie semidecídua que crece en diferentes bosques del Escudo Precámbrico.

Momoqui, *Caesalpinia pluviosa* DC.

Leguminosa perteneciente a la familia Caesalpiniaceae, árbol de copa globosa a irregular, su corteza rugosa suele tener descamaciones en placas alargadas. Tiene hojas compuestas bipinnadas, algo muy diferenciable en sus hojas es la forma cuadrangular de sus folíolos. Las flores amarillas vistosa están dispuestas en panículas terminales. Sus legumbres son aplanadas y enteras con una consistencia leñosa dura cuyas semillas orbiculares son de color crema-verdosas. Los frutos cuando están maduros y secos se retuercen para ayudar a dispersar sus semillas lo más lejos posible. Su regeneración ocurre por semillas y rebrotes. Es una especie semidecídua, se considera una especie parcialmente demandante de luz que se encuentra en todos los bosques secos y estacionales.

Moradillo, *Machaerium acutifolium* J. Vogel.

El moradillo es de la familia Fabaceae, especie arbórea de copa irregular pero densa, de fuste ondulado e inclinado a la vez, su corteza es más o menos gruesa y áspera. Las hojas alternas compuestas imparipinnadas muestran folíolos cartáceos de ápice agudo. Tiene los frutos indehiscentes de tipo sámara muy comprimida y delgada de color café oscuro cuando está

seco. Presenta caducidad durante cierto período de la época seca por lo que se puede denominar como semidecídua. Se distribuye tanto en bosques estacionales, sabanas húmedas como en bosques abiertos montanos y bosques abiertos de llanuras.

Morado, *Machaerium scleroxylon* Tul.

Esta especie pertenece a la familia Fabaceae, tiene árboles con copa irregular y espinoso, presenta un fuste normalmente cilíndrico con aletones pequeños, tiene placas exfoliantes a lo largo de su corteza escamosa. Sus hojas alternas compuestas con ápice indentado muestran nervaduras reticuladas en los folíolos. Flores aromáticas color liláceas en inflorescencias racimosas. Los frutos de sámara están reticuladas lo que le da un aspecto comprimido. Parcial tolerancia a la sombra, su característica semidecídua lo ubica mayormente en el bosque semidecídulo de la Chiquitanía.

Sirari, *Copaifera chodatiana* Hassl.

Especie correspondiente a la familia Caesalpiniaceae, de copa densa que va desde redondeada hasta irregular, su fuste casi cilíndrico suele ser levemente inclinado y su corteza agrietada, color gris. Las hojas alternas bifolioladas, por ser de color verde intenso y brillante brindan el denso aspecto de la copa. Las flores se sitúan en panículas axilares. Los frutos son legumbres dehiscentes que contienen una o dos semillas rojas con arilo grande. De carácter semidecídulo y parcialmente tolera la sombra, tanto que solo se lo encuentra en bosques de la Chiquitanía.

Tarara Amarilla, *Centrolobium microchaete* Lima ex Lewis.

La Tarara amarilla es una más de las especies de la familia Fabaceae, está formado por una copa asimétrica y alargada, pero de un fuste cilíndrico y recto. Su corteza presenta fisuras longitudinales estando agrietada en forma de placas. Las hojas compuestas imparipinnadas son alargadas, tienen notables escamas en el envés de sus folíolos. Las inflorescencias en panículas terminales son de color amarillo. Los frutos samaroides son grandes con la cabeza espinescente que es donde está ubicada la semilla y el ala es escamosa. A pesar de tener

grandes frutos se regenera por rebrotes en áreas disturbadas. Tiene alta deciduidad y demanda abundante luz, siendo común entre bosque semidecídúo chiquitano y de transición a bosques más húmedos.

Tasaá, *Acosmium cardenasii* H.S. Irwin & Arroyo.

Esta especie pertenece a las fabáceas, de bajo valor maderable, posee una copa irregular de ramas ascendentes, en cuyo fuste anguloso se distingue aletones no muy profundos. A la vez, su fuste agrietado color grisáceo contiene escamas exfoliantes. Sus hojas compuestas se agrupan en el extremo de las ramas. Pero, las flores alargadas color amarillo se encuentran en racimos axilares. El tamaño del fruto aumenta con el número de semillas que es capaz de desarrollar, estas pueden ser entre uno y cuatro, presenta nervios reticulados en su aplanada legumbre. Especie siempre verde tolerante a la sombra, muy abundante en bosque chiquitano.

Yesquero Blanco, *Cariniana ianeirensis* R. Knuth.

Es una especie característica de la familia Lecythydaceae, es un árbol grande conformado de una copa poco densa de ramas verdosas blanquecinas y fuste cónico cilíndrico, la corteza poco estriada contiene numerosas lenticelas dispuestas en filas. Está compuesto de hojas simples, glabras. Sus flores olorosas de color crema verdosas se exponen en panículas terminales. Tiene el tipo de fruto pixidio cónico de color café con lenticelas dentro del cual se encuentran sus semillas formadas por un ala distal para su dispersión. Se considera una especie semidecídúo con una demanda parcial de luz. En Bosques de transición Chiquitano-Húmedo de Llanura-Húmedo del Escudo Precámbrico se lo encuentra tanto abundantemente como esporádicamente.

4.4. Métodos

4.4.1. Ubicación del Sitio de Estudio

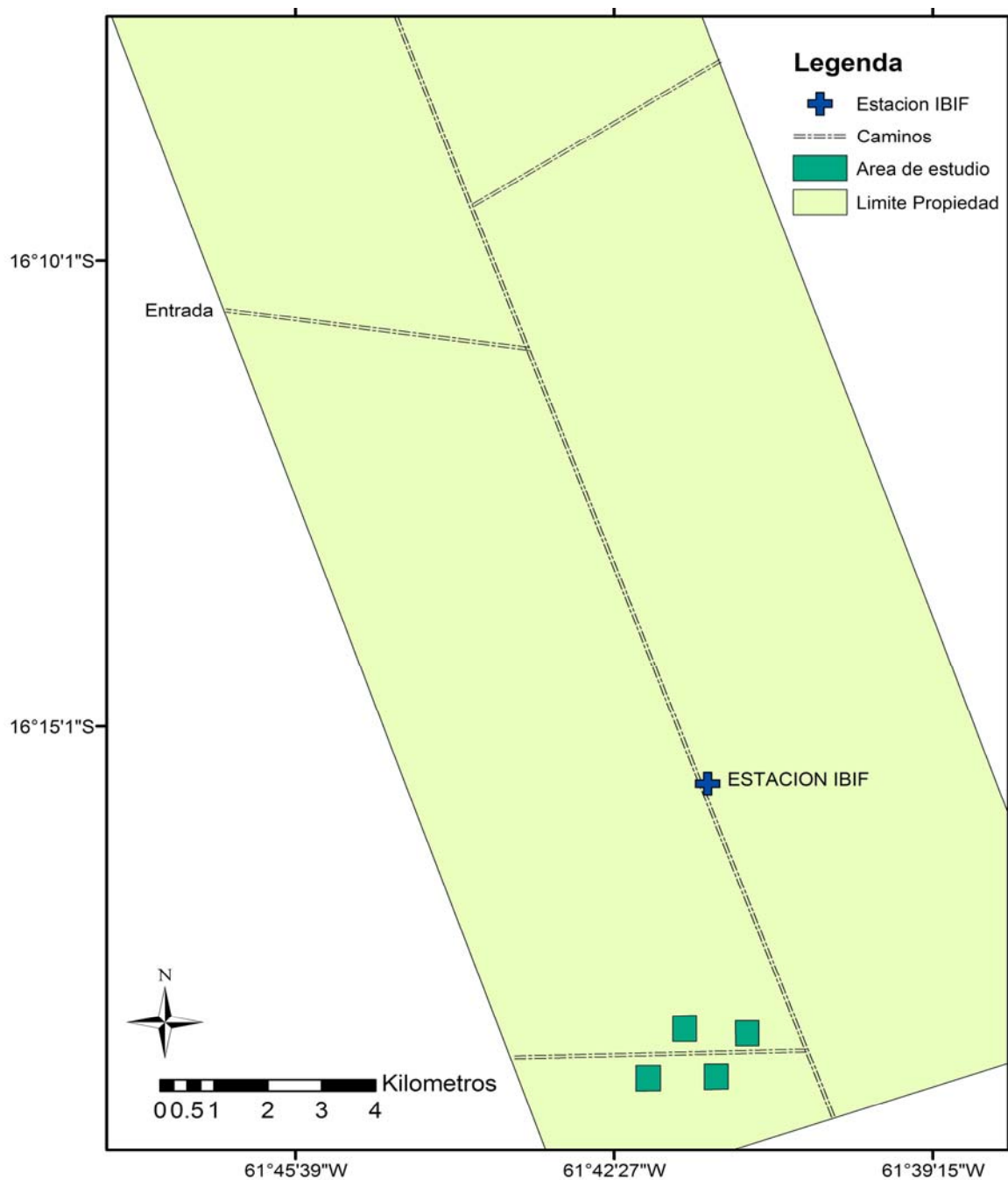


Figura 1. Mapa de ubicación de las parcelas experimentales Industria INPA Parket Ltda., los tratamientos Normal y Testigo del B1 se encuentran dentro del área de estudio que indica el mapa.

Los sitios donde fueron tomados los datos para el presente estudio se encuentran, tanto dentro de las Parcelas Experimentales como en áreas circundantes de la Industria INPA Parket Ltda (Figura 1). Las parcelas fueron establecidas en 2002 por el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR) actualmente monitoreadas por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) para fines de investigación. Dichas parcelas comprenden dos bloques, dentro de cada bloque se establecieron cuatro tratamientos, que se diferencian entre si por el grado de intervención: Testigo (Sin ningún tipo de intervención), Normal (intervenido bajo un aprovechamiento Normal de acuerdo a prescripciones de las Normas Técnicas Forestales), Intensivo (con un grado de aprovechamiento normal duplicado) y Mejorado (tratamiento Normal con prescripciones silviculturales como eliminación de lianas, saneado de troncas).

El estudio fue realizado en dos sitios y dependió de los objetivos planteados. En el bloque 1 de las parcelas experimentales se utilizaron dos áreas con diferentes tratamiento: Normal y Testigo. En estos tratamientos se monitorearon árboles que ya estaban registrados en la Base de Datos de las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) de INPA, los árboles pertenecían a diferentes especies y dentro de un amplio rango de tamaño diamétrico cercanos a las sendas de acceso. Para obtener Semillas de suficientes muestras representativas por especie para todos los tamaños reproductivos, en cuanto a cantidad de muestras y procedencia de nuestro material de estudio, se ha procedido a una búsqueda exhaustiva de dichas muestras tanto dentro de los tratamientos Normal é Intensivo como en el Área de Aprovechamiento Anual (AAA 2004) y a lo largo de los caminos de la propiedad, por presentar mayor disponibilidad de Semillas y facilidad de acceso a dichos sitios.

4.4.2. Toma de Datos

4.4.2.1. Fenología Reproductiva

Las parcelas en las que se encuentran los árboles marcados de todas las especies están distribuidas a lo largo de varias fajas en las que se tomaron datos de aquellos individuos ubicados a aproximadamente 10 metros de la faja izquierda-derecha dentro de los tratamientos Normal y Testigo. La definición de las características de los individuos seleccionados se

encuentran registrados en la base de datos de las Parcelas Experimentales-INPA, las variables seleccionadas de esta base de datos para su identificación y posterior análisis fueron: bloque, tratamiento, especie, DAP, ubicación, y una placa numerada correspondiente. Basándonos en estas variables para su identificación se describieron las características fenológicas: Foliación (En este documento no se interpretó la foliación, porque está enfocado solo a características reproductivas), Floración y Fructificación de 467 individuos para 10 especies forestales:

La fenología en los árboles se presenta sobretodo en la copa de los árboles, por lo que la observación se lo realizó directamente y con la ayuda de binoculares para obtener datos con mayor precisión. Los períodos de observaciones oscilaron entre 1 a 2 meses, durante aproximadamente un año (Marzo, 2004-Abril, 2005). Las tasas de producción para las diferentes fenofases fueron distribuidas dentro de un rango de 1 a 10 (mínimo-máximo), dependiendo de su distribución en la copa. Aunque este rango de composición es adecuado para la toma de datos, los datos fueron transformados en términos de porcentaje para su análisis.

Para la floración se diferenciaron solamente dos fenofases; inicio y pico de floración. En algunas especies no se logró observar ninguna de las fenofases de la floración, posiblemente debido a la corta duración en la que se manifiestan.

La fructificación es considerada como el evento de mayor importancia de nuestro estudio. En esta fase se distinguieron tres fenofases presentes; Fruto verde, Fruto marrón y fruto dehiscente. Paralelamente a la fructificación, se estimó el porcentaje de producción de frutos de los individuos para determinar las categorías diamétricas de mayor producción por especie. Por ejemplo, un árbol que tenía frutos en toda la copa era considerado con el 100% de producción. Al contrario, si los frutos estaban solo en una parte de la copa, se estimaba el porcentaje que cubrían los frutos del total de la copa; la época en la que se encontró mayor porcentaje de frutos presentes en la copa representó la capacidad reproductiva de cada individuo observado.

4.4.2.2. Viabilidad de Semillas en Árboles Reproductivos y su Capacidad Germinativa

En este estudio, un árbol reproductivo fue considerado cualquier árbol que producía semillas. La selección de árboles semilleros se realizó bajo los siguientes criterios:

- Los árboles cuya etapa de producción de frutos y/o semillas se encuentren en el período de “lluvia de semillas”, estos árboles necesariamente deberían tener un DAP mínimo de 20 cm debido a que se asumió que los árboles serían productivos a partir de este tamaño.
- Se tomó en cuenta la ubicación espacial de los semilleros con relación al grado de aislamiento de otros semilleros de la misma especie. Para esto se consideró las características del tipo de dispersión de las especies, y de este modo tener la seguridad de que cada una de las muestras de semilla recolectadas procedan del árbol padre que corresponde.
- Las especies seleccionadas, fueron las que tenían un período de duración de la “lluvia de semillas” más larga. De esta manera fue más probable encontrar un mayor número de semilleros, lo cual significaría abarcar un amplio rango en la distribución de diámetros reproductivos de las especies y así lograr diferenciar claramente la viabilidad de sus semillas.
- Las semillas, en una gran parte, fueron recolectadas de árboles que en ese momento habían sido cortados para su aprovechamiento. En este caso se aseguró que las semillas estuvieran maduras.

El número de muestras de semillas para el estudio de viabilidad de cada especie difirió de acuerdo a la abundancia de semilleros por especie. Para determinar la viabilidad para los diferentes diámetros reproductivos de cada especie se trasladaron las semillas a las instalaciones de vivero del Instituto IBIF en Santa Cruz. Antes de proceder a la siembra de las semillas se vio necesario un pre-secado de las mismas bajo sombra durante aproximadamente dos o cuatro semanas. Solamente las semillas de *Copaifera chodatiana* fueron sembradas

inmediatamente después del secado por ser semillas con latencia recalcitrante. La siembra se realizó en bandejas individuales por cada semillero con sustrato de arena-tierra negra 50:50. El número de semillas sembradas difirió ya sea por la cantidad de semillas colectadas de cada árbol reproductivo (mayor cantidad de semillas-mayor posibilidad de réplica) o por el tamaño de la semilla de cada especie. Las bandejas donde se colocaron las semillas correspondientes a cada árbol semillero fueron regadas periódicamente y debidamente identificadas con un código que a la vez fue registrado en nuestras planillas de evaluación donde se indicaba el árbol semillero al que pertenecía, especie, el DAP correspondiente, fecha de siembra y las fechas en las que fueron evaluadas. La evaluación se realizó semanalmente. De todas las semillas colectadas, para realizar la prueba de viabilidad solo se seleccionaron aquellas sanas y en buenas condiciones.

4.5. Análisis de Datos

Se elaboró una base de datos en hojas electrónicas de Microsoft Excel, tanto de fenología y viabilidad de todas las especies tomadas en cuenta para nuestro estudio, por lo que se midieron diferentes variables para responder a los objetivos del estudio. Se seleccionó esta herramienta por que brinda todas las facilidades de manipulación de datos, tanto que cuenta con su propio paquete estadístico; caso contrario, sería posible transferir los datos a otros paquetes estadísticos de mayor alcance.

4.5.1. Fenología Reproductiva

Para mostrar los patrones fenológicos de las especies se calcularon para la floración y fructificación los porcentajes de las diferentes fenofases del total de individuos evaluados para cada especie, correspondientes a cada fecha de evaluación. El análisis se realizó a partir de la graficación de los mencionados porcentajes.

4.5.2. Capacidad Reproductiva

Para determinar la capacidad reproductiva, se trabajó con el porcentaje máximo de producción de frutos/semillas de los individuos, para lo cual se calculó mensualmente la proporción o porcentaje de frutos que se encontró en la copa de los árboles evaluados, y el mes en el que se observó mayor porcentaje de frutos de un árbol fue considerado la capacidad reproductiva de dicho individuo. Con estos valores se hicieron gráficas de dispersión de puntos en relación al diámetro que tenían los árboles.

Para determinar el efecto del aprovechamiento de madera en la producción temporal de semillas/frutos se hicieron gráficas de producción promedio de semillas de todos los árboles de una especie tomados en cuenta, tanto de un bosque perturbado bajo un aprovechamiento normal como de un bosque no perturbado en relación a la fecha de evaluación correspondiente.

4.5.3. Capacidad Germinativa

Se calcularon los promedios de germinación de semillas para todos los individuos. Una vez obtenidos estos promedios con sus respectivos DAP's se procedió a analizar los datos mediante análisis de regresión lineal y predecir el porcentaje de germinación en función del DAP. Se hicieron análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia del modelo lineal. También se obtuvieron los parámetros para este modelo.

El modelo de regresión lineal simple está expresada en la siguiente ecuación: $Y=a+bX$

Donde:

Y= variable dependiente.

a= coeficiente de intercepción con el eje de % de semillas viables.

b= coeficiente que mide la velocidad o la tasa con que aumenta Y, a medida que se aumenta en X.

X= valor estimado de la variable independiente (DAP).

5. RESULTADOS

5.1. Fenología Reproductiva

Comportamiento de la Floración

Todas las especies produjeron flores durante el ciclo anual que duró nuestro estudio, pero por el hecho de que este evento tiene corta duración, quizá es la fenofase mas corta, solamente se pudieron observar en ocho de las trece especies de nuestra investigación.

La presencia de flores se divide en dos épocas, tal como se muestra en la Figura 2. Es decir, mientras algunas especies como *Gallesia intefrifolia*, *Caesalpinia pluviosa*, *Centrolobium microchaete* y *Cariniana ianeirensis* producen flores entre marzo y abril (cuando comienza la época seca), otras especies como *Aspidosperma tomentosum* y *Sweetia fruticosa* lo hacen entre julio, septiembre y octubre (época seca). Sin embargo, *Acosmium cardesii* produce flores todo el año.

Comportamiento de la Fructificación y Dispersión de Semillas

Todas las especies presentan frutos verdes entre marzo y abril, pero, los frutos maduros se encuentran a partir de mayo hasta julio o septiembre (Figura 3). A pesar de la coincidencia en la época de producción de frutos y/o semillas de la mayoría de las especies, *Sweetia fruticosa* se reproduce en octubre. Dicho de otra manera, esta especie se reproduce cuando la mayoría de las especies han dejado de reproducirse. Por tanto, si la mayoría de las especies suelen reproducirse durante la época seca, *Sweetia fruticosa* lo hace al comienzo de la época húmeda.

La fructificación de *Acosmium cardenasii* se presenta en dos etapas, sobretodo, debido a una asincronía en la producción de frutos de árboles con tamaños reproductivos, ya que los árboles que produjeron frutos en la primera etapa, dejaron de producir en la segunda etapa, o si es que lo hicieron, su producción fue mínima u óptima dependiendo de su producción en la primera etapa.

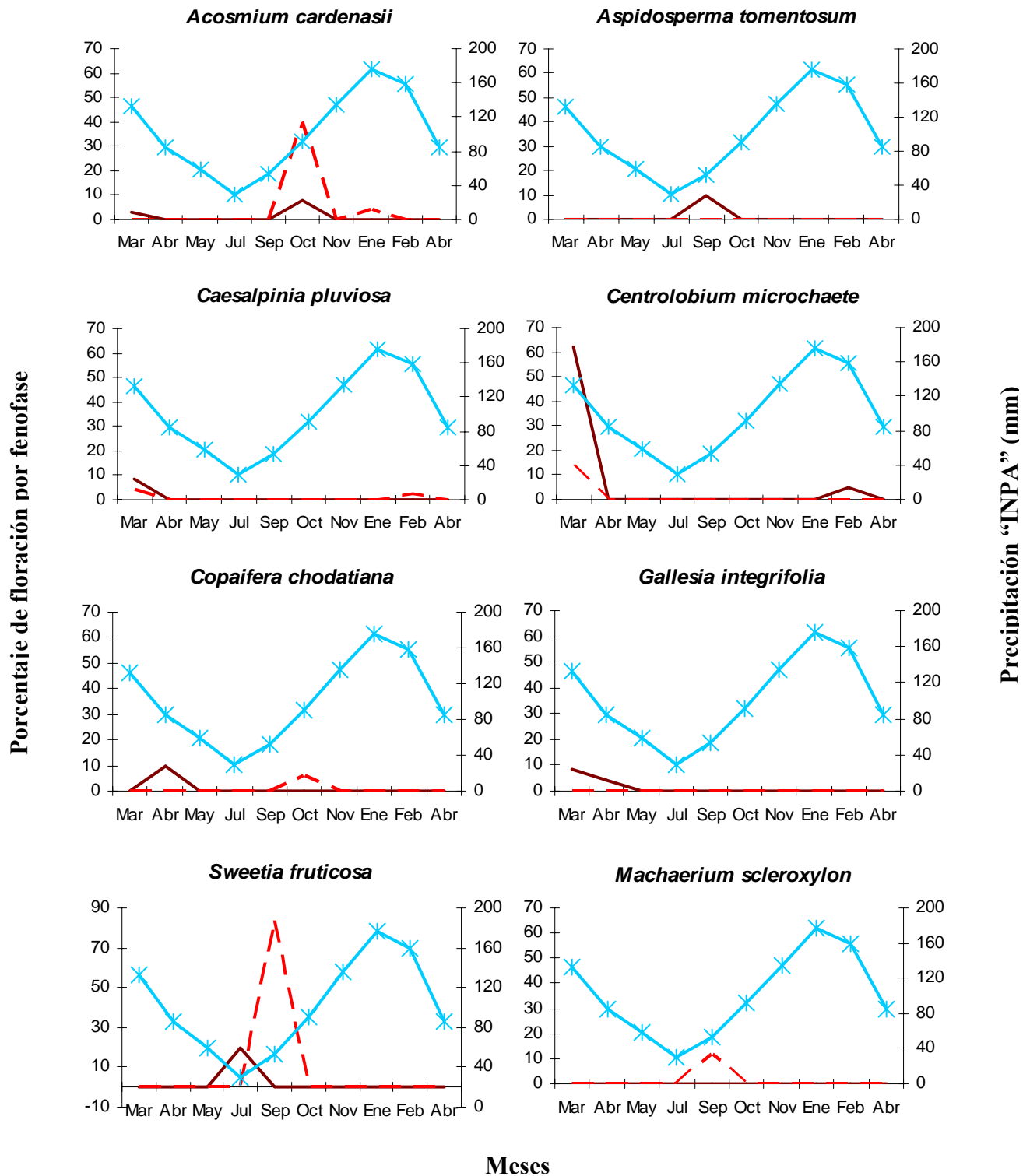


Figura 2. Períodos de ocurrencia y comportamiento de la floración, en relación a la precipitación tomadas en esas fechas, desde Marzo, 2004-Abril, 2005. Leyenda de gráficos: (—) Inicio de floración, (- - -) Pico de floración y (—x—) precipitación.

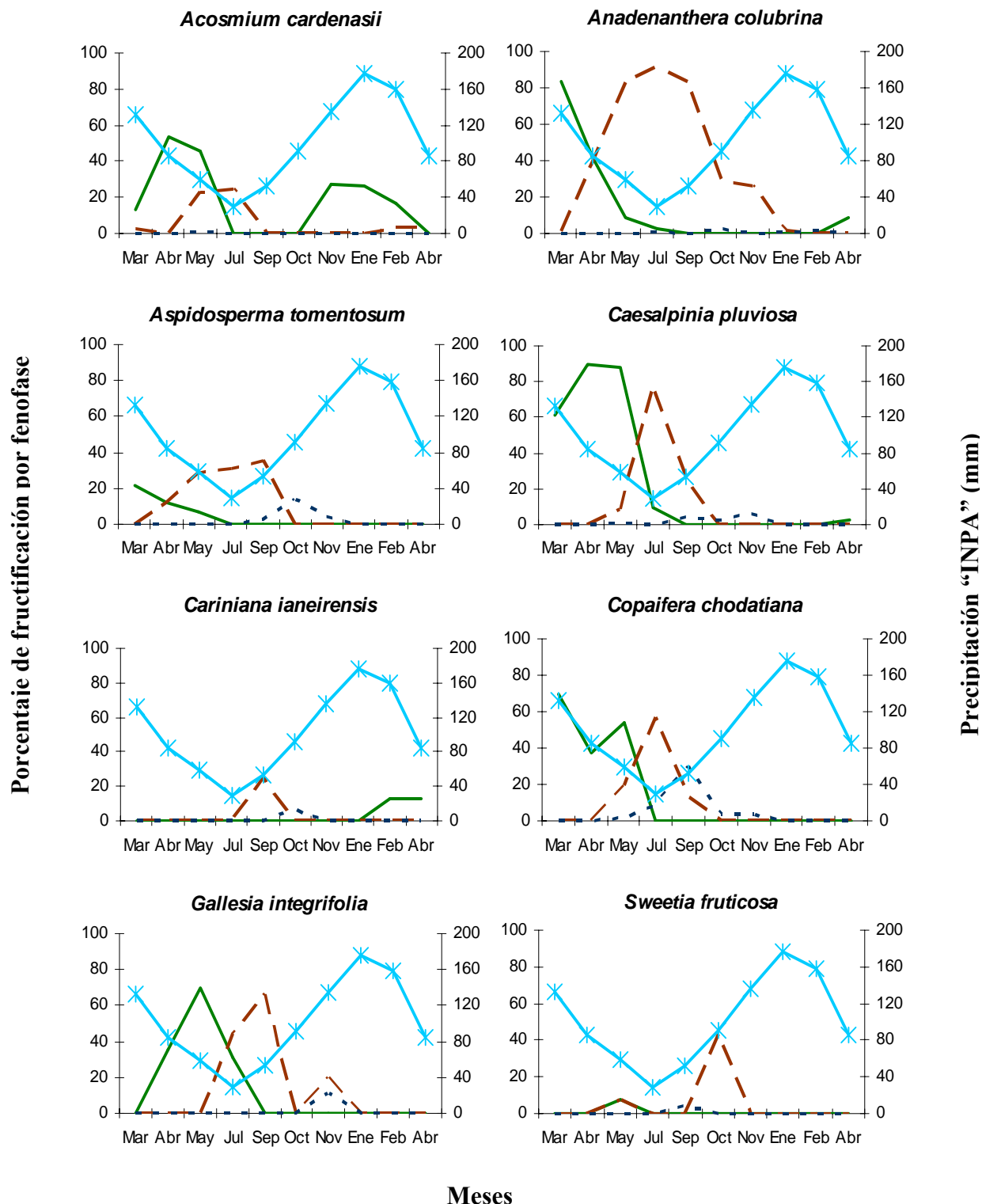
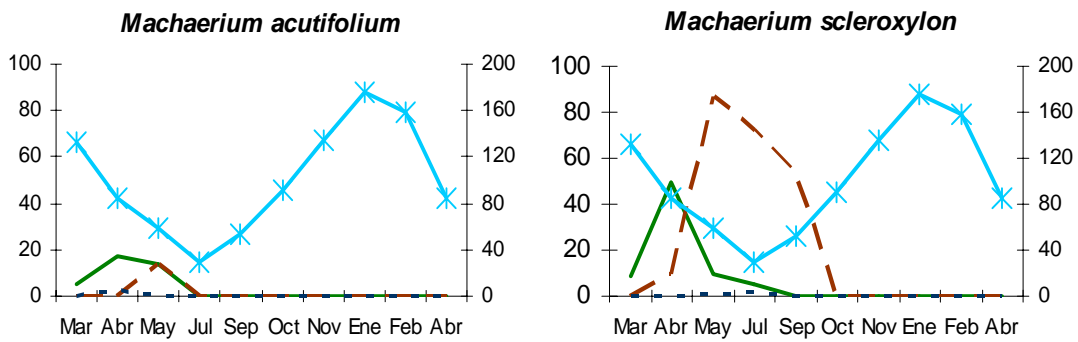


Figura 3. Períodos de ocurrencia y comportamiento de la fructificación en la composición reproductiva de las diferentes especies, en relación a la precipitación tomadas en esas fechas desde Marzo, 2004-Abril, 2005. Leyenda de gráficos: (—) Fruto Verde, (---) Fruto Marrón y (- - -) Fruto Dehiscente. (—x—) Precipitación.

Porcentaje de fructificación por fenofase



Precipitación "INPA" (mm)

Meses

Figura 3. Continuación. Períodos de ocurrencia y comportamiento de la fructificación en la composición reproductiva de las diferentes especies, en relación a la precipitación tomadas en esas fechas desde Marzo, 2004-Abril, 2005. Leyenda de gráficos: (—) Fruto Verde, (---) Fruto Marrón y (- - - -) Fruto Dehiscente. (—x—) Precipitación.

El período de dispersión está determinado por la dehiscencia del fruto. En general, la dehiscencia fue 1-2 meses después de que los frutos llegaron a madurar. En *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma tomentosum*, *Caesalpinia pluviosa*, *Copaifera chodatiana* y *Cariniana ianeirensis* la dispersión de semillas se realizó posterior a la maduración del fruto por el hecho que los frutos de estas especies requieren llegar al punto de ejercer presión por desecación como método de dispersión primaria. Algunas especies no presentaron ningún tipo de dehiscencia, sino que estos frutos cuentan con adaptaciones o alas para su dispersión.

El comportamiento fenológico de la fructificación y de la dispersión de semillas pueden apreciarse tanto en la Figura 3 como en el Cuadro 1. En adelante se mencionarán solamente los nombres genéricos de las especies, en caso de haber más de una especie correspondiente al mismo género se mencionará el nombre científico completo.

Cuadro 1. Resumen de los períodos donde se manifiestan los cambios fenológicos reproductivos de relevancia ecológica en bosque seco chiquitano. Enero (Ene), Febrero (Feb), Marzo (Mar), Abril (Abr), Mayo (May), Junio (Jun), Julio (Jul), Agosto (Ago), Septiembre (Sep), Octubre (Oct) v Noviembre (Nov).

Especie	Número de Árboles Evaluados	Estrato	Tipo de dispersión Primaria	Unidad de dispersión	Meses		
					Flor	Fruto	Dispersión
Ajo Ajo <i>Galesia integrifolia</i> (Sprengel) Harms	15	Dosel	Anemócora	Fruto	Abr	May-Sep	Nov
Curupaú <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Benth	82	Dosel	Autócora	Semilla	—	Mar-Sep	Jul-Oct
Jichituriqui Amarillo <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	18	Sub-Dosel	Anemócora	Semilla	Sep	Mar-Sep	Sep-Nov
Mani <i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	20	Dosel	Anemócora	Fruto	Jul-sep	May-Oct	Sep-Nov
Momoqui <i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	58	Dosel	Autócora	Semilla	Feb-Mar	Mar-Sep	Ago-Nov
Moradillo <i>Machaerium acutifolium</i> J. Vogel	40	Sub-Dosel	Anemócora	Fruto	—	Abr-May	Abr-May
Morado <i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	27	Emergente	Anemócora	Fruto	—	Abr-Sep	May-Sep
Sirari <i>Copaifera chodatiana</i> Hassl.	18	Emergente	Autócora y Zoócora	Semilla	Abr	Mar-Sep	Jul-Oct
Tarara Amarilla <i>Centrobium microchaete</i> Lima ex Lewis	48	Dosel	Anemócora	Fruto	Mar	Abr-Sep	May-Sep
Tasaá <i>Acosmium cardenasii</i> H.S. Irwin & Arroyo Arroyo.	82	Sub-Dosel	Anemócora	Fruto	Oct-Ene	Abr-Jul Nov-Feb	May-Jul Feb-
Yesquero Blanco <i>Carriniana ianeirensis</i> R. Knuth	10	Emergente	Anemócora	Semilla	Mar	Feb y Sep	Oct

5.2. Capacidad Reproductiva

En la capacidad reproductiva, hubo una variación entre especies en el porcentaje de árboles que produjeron frutos durante el período que duró el estudio. Las especies con mayor número de árboles con frutos fueron *Caesalpinia* (93.7%) y *Anadenanthera* (89%). En cambio, *Machaerium scleroxylon* (25%) y *Cariniana* (33%) tuvieron menor proporción de individuos con frutos durante este tiempo (Cuadro 2).

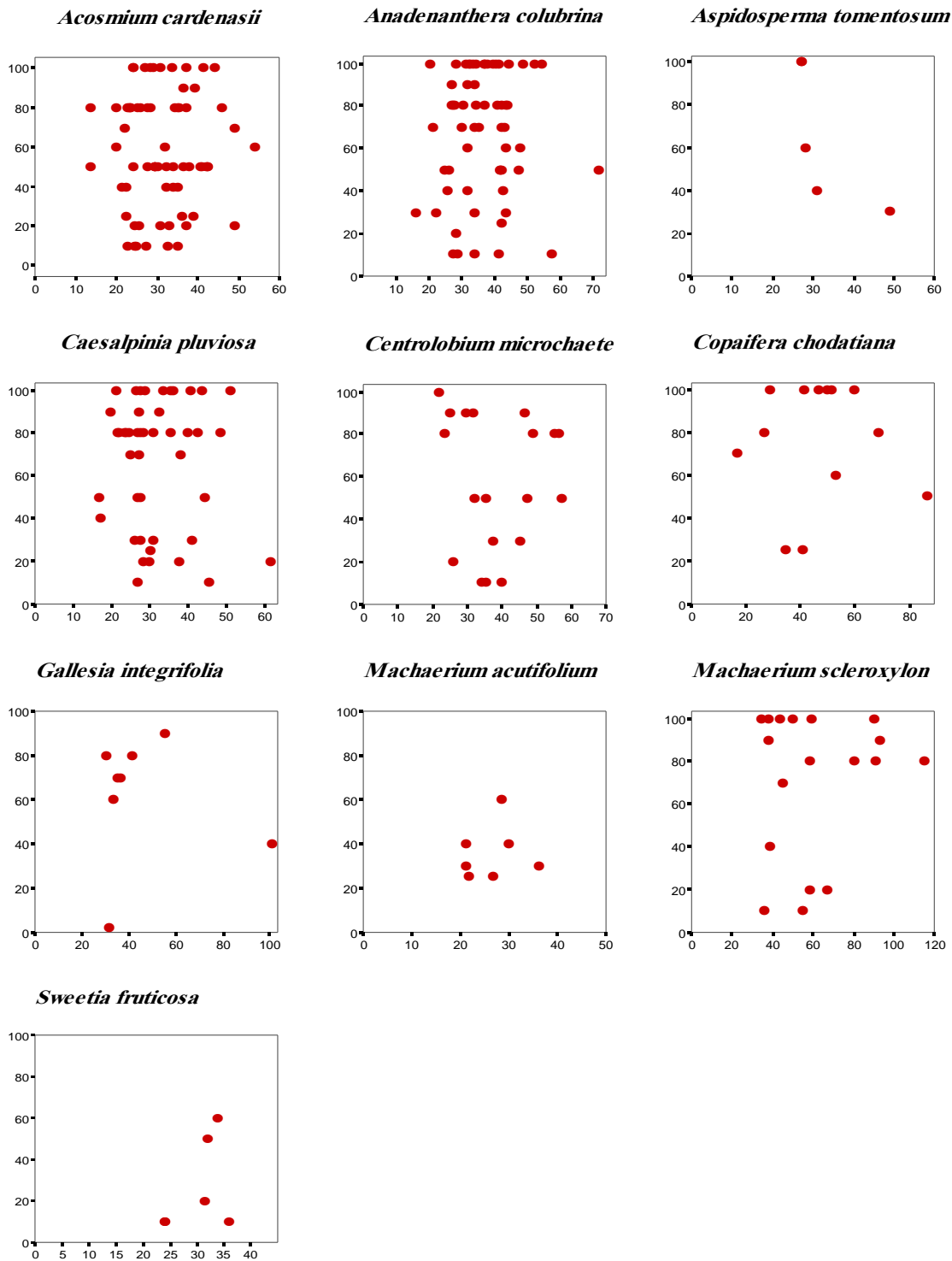
Relación entre Producción y DAP

La capacidad de reproducción de los individuos de todas las especies se encuentran dispersadas en todas las categorías de tamaño (Figura 4). En la mayoría de las especies se encontraron individuos que estaban produciendo buena cantidad de semillas a partir de los 20 cm de DAP. La amplitud de dispersión aumentó progresivamente a medida que los individuos se tornaron más adultos. Por ejemplo; individuos de un mismo tamaño diamétrico pueden producir frutos y/o semillas tanto en menor o mayor porcentaje, sin embargo a mayor tamaño significó mayor posibilidad de alcanzar altas tasas de producción.

En general, el porcentaje de frutos es muy variable según las categorías diamétricas de los árboles. Esta variabilidad es mayor en diámetros de 30-50 cm, donde se encontraron individuos desde 10% hasta 100% de producción de frutos, esto se manifestó más en *Acosmium*, *Anadenanthera*, *Caesalpinia*, y *Centrolobium*. Individuos menores a 20 cm de DAP en general tuvieron porcentajes bajos de producción de frutos.

En algunas especies, se observa un patrón en el que a medida que aumenta el diámetro la producción se incrementa, aunque en categorías diamétricas altas tiende a declinar la capacidad reproductiva. Esto se puede observar principalmente en *Sweetia*, *Machaerium acutifolium*, *Gallesia*, y *Copaifera*.

Porcentaje de la Máxima Producción de Frutos y/o Semillas



DAP (cm)

Figura 4. Distribución del máximo porcentaje de producción de frutos y/o semillas de árboles reproductivos dentro de las categorías diamétricas en la que se encuentran produciendo. El máximo porcentaje de producción es igual a la capacidad reproductiva de un individuo correspondiente a su tamaño.

Cuadro 2. Número de individuos con tamaño reproductivo junto con la variación dentro de las especies del porcentaje de individuos reproductivos frente a aquellos individuos que no produjeron en un año de mayor reproductividad de frutos y/o semillas. Diferenciación de la producción entre bosque bajo aprovechamiento normal y un bosque control sin aprovechamiento.

Especie	Número de Árboles Evaluados	Porcentaje de Individuos Reproductivos 2004	Mes con el Mayor Porcentaje de Producción de Semillas (%)		Porcentaje Promedio de Germinación de semillas.
			Bosque Aprovechado	Bosque sin Intervención	
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	48	93.7	(Abr)62.6	(Jul)67.8	40.1
<i>Anadenanthera colubrina</i>	67	89.5	(Jul)69	(May)50	39.1
<i>Acosmium cardenasii</i>	79	86	(May)34.7	—	1.3
<i>Copaifera chodatiana</i>	16	81.2	(Jul)38	(Jul)75.5	28.3
<i>Machaerium scleroxylon</i>	23	78.3	(May)62	(May)60	5.4
<i>Gallesia integrifolia</i>	13	61.5	—	(Jul)35	—
<i>Centrolobium microchaete</i>	47	40.4	(Abr)11.5	(Jul)73	5.1
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	13	38.4	(May)26	(May)15	—
<i>Sweetia fruticosa</i>	17	35.3	(Oct)11	(May)15	—
<i>Cariniana ianeirensis</i>	9	33.3	—	(Sep)8.75	—
<i>Machaerium acutifolium</i>	28	25	(may)10	—	—

Efecto del Aprovechamiento Forestal en la Capacidad de Producción Temporal de Semillas

En un análisis de siete especies arbóreas, la producción de semillas varió entre bosque aprovechado y un bosque sin perturbación a través del tiempo. La variación se vio especialmente en los primeros meses de producción de semillas. En la Figura 5, se puede diferenciar 4 patrones de producción de semillas.

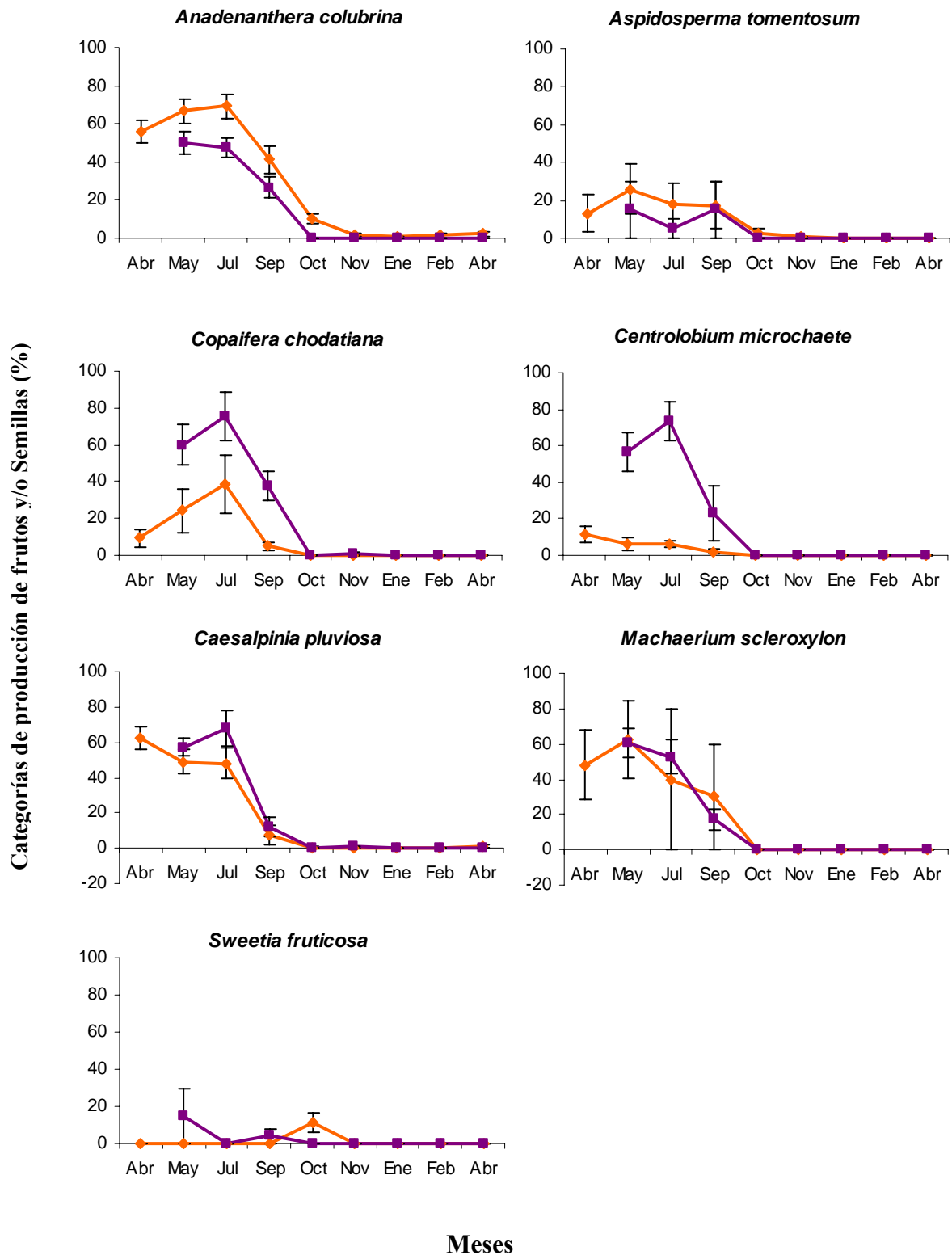


Figura 5. Capacidad de producción de semillas de especies forestales en bosque sin perturbación (—■—) y bosque aprovechado (—◆—). Muestra el grado de error entre los individuos de uno a otro bosque y la variación de la producción en diferente fechas.

Primero, se puede observar que en *Anadenanthera* y *Aspidosperma* hubo mayor producción de semillas en el bosque aprovechado que en el no perturbado, pero la variación fue significativa solamente en *Anadenanthera*. Luego, se observa que en *Centrolobium* y *Copaifera* la producción de semillas fue mayor en el bosque no perturbado, y esta diferencia fue alta entre los tratamientos. En *Sweetia* pudo observarse una variación temporal; en el bosque sin perturbación la producción fue más temprana que en el bosque aprovechado, pero sin ninguna diferencia en la producción. Finalmente, en *Caesalpinia* y *Machaerium scleroxylon* se observa que no hay diferencia aparente en la producción de semillas entre estos dos tipos de bosque.

5.3. Capacidad Germinativa de Semillas de Árboles

La viabilidad de semillas en una especie puede variar entre individuos del mismo tamaño y también entre individuos de diferentes tamaños. Por lo general, en individuos de categorías menores tiende a haber una baja viabilidad pero también la variación entre individuos es pequeña. A medida que aumenta el tamaño de los árboles la viabilidad tiende a incrementarse pero sin una relación significativa con el tamaño diamétrico ($r^2 < 0.5$) (Ver Figura 6).

De manera específica, en *Anadenanthera* la viabilidad de árboles de 20 cm de DAP varió entre 0 a 70%, mientras que a los 60 cm de DAP la viabilidad fue de 2 a 95%. No se observa una relación entre el incremento en categorías diamétricas y la viabilidad. La viabilidad en árboles de 25 cm de DAP de *Caesalpinia*, se encontró alrededor de 20% de semillas germinadas, en cambio a los 60 cm de DAP el porcentaje de semillas viables varió desde 20% hasta 60%, la viabilidad tiene una relación significativa con el incremento de las categorías de DAP. En *Copaifera* la variación de la viabilidad fue de 5 a 40% en árboles de 25 cm de DAP, y de 3 a 75% en árboles de 90 cm de DAP, la relación entre la viabilidad y el incremento diamétrico no es significativa. Los tamaños de los individuos observados en *Machaerium scleroxylon* fueron a partir de los 30 cm de DAP, donde la viabilidad varió de 0 a 6%, mientras que a los 70 cm de DAP la viabilidad mínima se mantuvo en 0% hasta alcanzar la máxima de 15% de viabilidad, no hay relación entre el incremento de las categorías de DAP y la viabilidad.

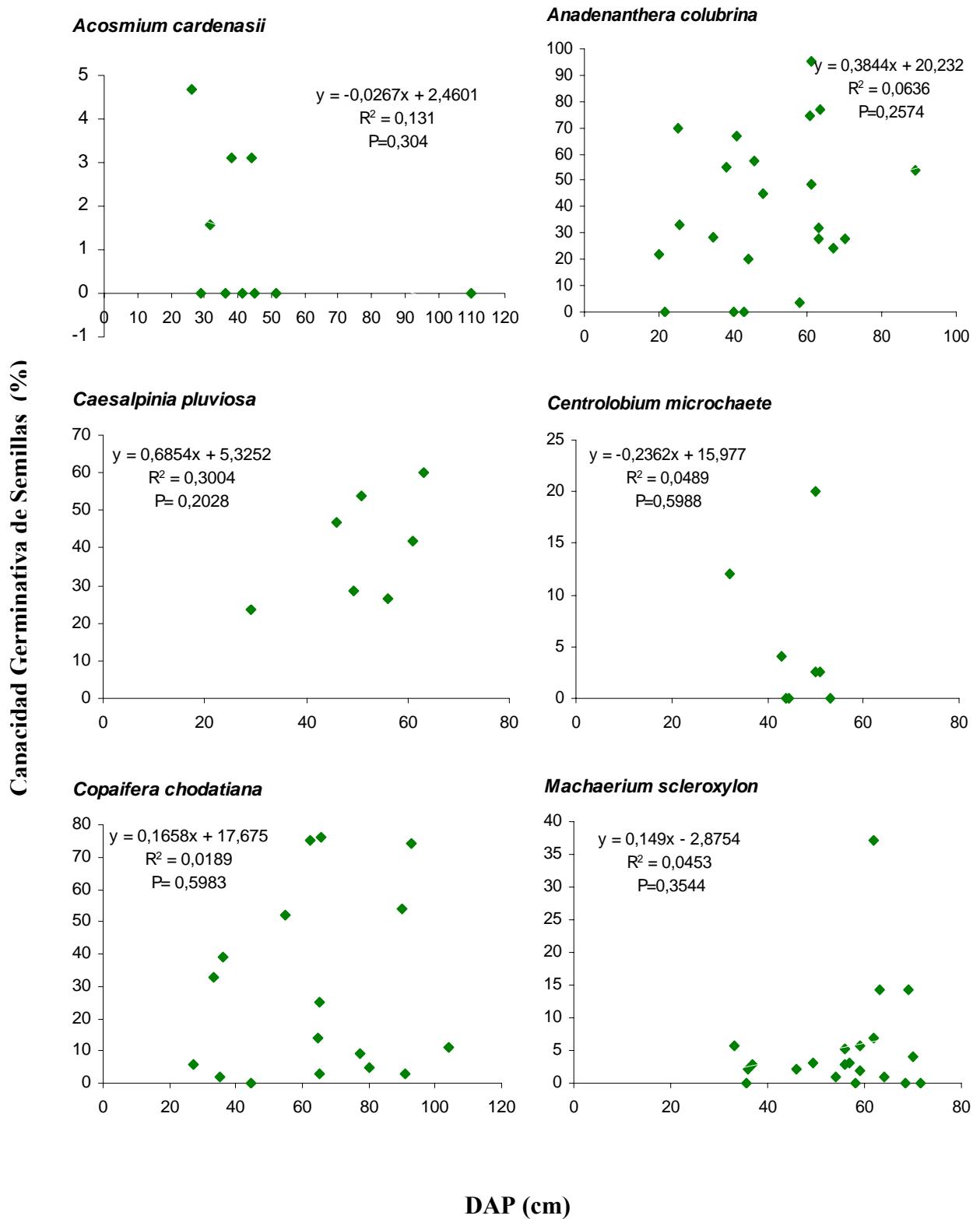


Figura 6. Dispersión del porcentaje de semillas viables respecto al diámetro, con su respectiva tendencia de la línea de regresión indicando, si la capacidad germinativa de una especie puede ser determinada por el DAP.

Tanto en *Acosmium* como en *Centrolobium* la capacidad germinativa disminuye con el incremento diamétrico, es decir que los individuos reproductivos de tamaños diamétricos menores consiguen germinar en mayor proporción. Sin embargo, no puede ser considerado un resultado óptimo porque las muestras no son lo suficientemente representativas para todas las categorías de DAP. En cambio, los datos muestran los niveles de germinación de las especies (Figura 6).

La especie con el mayor promedio de viabilidad fue *Caesalpinia* con 40% de semillas viables, en tanto que el de menor promedio fue *Acosmium* con poco más de 1% de viabilidad (Cuadro 2). Se observa que existen dos extremos o grupos de especies en cuanto al porcentaje promedio de viabilidad, el primero está compuesto por *Caesalpinia*, *Anadenanthera* y *Copaifera* con promedios de viabilidad regulares cuyos valores se aproximan al de mayor viabilidad, el segundo grupo está compuesto por *Acosmium*, *Centrolobium* y *Machaerium scleroxylon* con promedios de viabilidad relativamente cercanos al de menor viabilidad. En el mejor de los casos, la cantidad de semillas viables que podrían proporcionar las especies de menor viabilidad alcanzan hasta un 15% de semillas en el caso de *Centrolobium* y *Machaerium scleroxylon* y no más de 5% en *Acosmium* (Figura 6).

Entre las especies con mayor cantidad de individuos entre los altos porcentajes de viabilidad, el porcentaje de germinación que sobrepasa el 50% de viabilidad ocurre mayormente alrededor de los 60 cm DAP, tal es el caso de *Caesalpinia* y *Copaifera*. Solamente en *Anadenanthera* este mismo hecho sucede alrededor de los 40 cm DAP, viniendo a ser la especie de mayor viabilidad a menor tamaño.

6. DISCUSIÓN

6.1. Fenología Reproductiva

Ciertamente, los eventos fenológicos se manifiestan al mismo tiempo en casi todas las especies del bosque seco chiquitano, floración, fructificación y dispersión de semillas generalmente ocurren durante la época seca o de menor precipitación lo que permite relacionar los cambios fenológicos de este bosque con la precipitación (Justiniano, 1998). Si bien el patrón de producción de flores fue poco antes de la época seca o de menor precipitación para fructificar durante la época seca, *Sweetia* no sigue este patrón, ya que florece en la época seca para fructificar cuando la cantidad de precipitación es mayor, lo cual podría facilitar el establecimiento inmediato de plántulas.

De las 13 especies estudiadas solamente tres presentan variación intra-específica, es así que existe asincronía tanto en la floración como en la fructificación de *Acosmium* y *Cariniana*, al mismo tiempo que se presentan dos veces durante el año que duró nuestra investigación. Este fenómeno es más frecuente en la mayoría de las especies en bosques húmedos (Richards, 1996), una de esas especies es *Cariniana*, que habita en microsítios de mayor humedad dentro del bosque chiquitano. La asincronía no solamente se da en estas especies sino que ocurre también en *Zeyheria tuberculosa*, sobretodo en la etapa de floración, ya que a pesar de existir dos etapas de floración, en ninguna de las etapas ha alcanzado a producir frutos probablemente esta especie suele presentar una variación interanual de su producción (Datos sin publicar). La asincronía de la floración y la variación interanual de la producción de frutos normalmente ocurre en árboles en bosques húmedos tropicales (Nemstrom et al., 1994).

Algunas fenofases pueden ocurrir simultáneamente (Van Shaik et al. 1993 citado por: Williams-Linera & Meave 2002). Pues, la dispersión de los frutos y semillas de casi todas las especies con dispersión anemócora fueron durante el período de maduración de las mismas. Pero, en especies con dispersión autócora se observó después de la maduración de los frutos.

La cantidad de individuos de una especie que fructificaron respecto a los que no lo hicieron varió entre especies. Al respecto, se cree que aquellos árboles que no fructificaron lo harán en el siguiente período de fructificación (Mostacedo, Com. Pers.) o simplemente la fructificación podría ser dependiente de la duración del período seco (Justiniano, 1998). Esta variación no se cree que sea debido al tipo de reproducción de los árboles, ya que casi todas las especies del estudio son de carácter hermafrodita.

6.2. Capacidad Reproductiva

Si bien la producción de semillas de la mayoría de las especies maderables tendió a ser alta (Justiniano, 1998; Mostacedo y Pinard, 2001), esto no ocurre en todos los árboles. Probablemente los árboles que tuvieron baja producción lo harán exitosamente el siguiente período reproductivo de la especie. Por consiguiente, existe variación interanual en la reproducción tanto dentro de árboles de la misma especie como entre especies, dependiendo de factores climáticos (Justiniano, 1998; Mostacedo y Pinard, 2001) y del grado de intervención del sitio.

La mayoría de las especies produjeron abundante semilla a partir de los 20 cm de DAP mientras que algunas lo hacen a partir de los 30 cm de DAP. Se encontró que en bosques húmedos de la amazonía boliviana, los árboles de algunas especies representativas consiguen alcanzar altos porcentajes de producción de semillas recién a partir de 35 cm de DAP (Van Rheenen, 2005), en comparación a los 20 cm de DAP del bosque seco chiquitano. Ambas cifras se correlacionan con lo expuesto por (Añez, 2005), donde encuentra que la probabilidad del tamaño diamétrico (DAP) en la que las especies de un bosque seco chiquitano llegan a reproducirse, es menor que en bosques más húmedos. Entonces, especies que se reproducen en tamaños diamétricos menores tienen mayores posibilidades de garantizar su regeneración.

Asimismo, esta productividad comienza a decrecer más o menos a partir de 60 cm de DAP, únicamente en *Machaerium scleroxylon* se mantiene una alta productividad hasta 100 cm de DAP, podría ser que esta particularidad sea para compensar su baja viabilidad. En cierto punto

dicha aseveración podría ser acertada, pues, a pesar de los intervalos de producción las especies son capaces de adaptarse (Fredericksen et al., 2001).

Hubo una buena producción de frutos y/o semillas de la mayoría de los individuos de tamaños reproductivos. Se encontraron algunas similitudes con lo observado por Justiniano y Fredericksen (2000), por ejemplo, el porcentaje de árboles que presentaron frutos de *Copaifera* dio un porcentaje entre los dos valores que se observaron durante dos años consecutivos en Lomerío. En este mismo sentido, el comportamiento de *Centrolobium* fue relativamente menor a lo observado en Lomerío. En cambio, los árboles de *Machaerium scleroxylon* marcaron una gran diferencia respecto a los datos obtenidos en Lomerío, es decir, 78% frente a 0% de individuos observados con frutos respectivamente. Lo mismo ocurrió en *Cariniana*, pero la diferencia es menor, ya que en Lomerío alcanzó a presentar un mínimo porcentaje de árboles con frutos.

Centrolobium y *Copaifera* muestran mayor porcentaje de diferenciación entre la capacidad reproductiva de ambos bosques, siendo el bosque no perturbado con mayor capacidad reproductiva, lo que demuestra un efecto negativo del aprovechamiento en la capacidad reproductiva de estas especies, pues, en cierto modo puede cambiar la disponibilidad de los requerimientos de estas especies. No obstante, es necesario mencionar que el micrositio donde se encuentra la parcela de bosque no aprovechado, es un sitio de mayor humedad, por ende, la mayor producción de dichas especies podría depender de los factores de sitio existentes. También podría ser a partir de la estimulación de la producción de frutos por los animales (Jansen et al, 2002). Se pudo notar que estas dos especies, de todas las especies arbóreas estudiadas sufren de altas tasas de depredación por animales (Obs. Pers.). En el otro extremo se encuentran *Anadenanthera* y *Aspidosperma*, donde el aprovechamiento ocasiona un aumento en la producción, probablemente dichas especies requieren altas cantidades de luz y menor competencia para aumentar la reproducción.

6.3. Capacidad Germinativa

Se cree que las variaciones en la germinación de árboles del mismo tamaño sea una cuestión hereditaria y de algún modo, de los requerimientos de condiciones ambientales y ecológicas para su germinación. Ciertos factores estarían suprimiendo el adecuado desarrollo de las semillas debido, pues el tamaño y peso de las semillas diferían entre los árboles semilleros correspondientes a la misma especie (Obs. Pers). Algo relacionado a dichas especulaciones se puede ver en Poorter y Rose (2005) a partir de un meta-análisis en especies de árboles de bosques húmedos. Ellos aseguran que existe una fuerte relación entre el peso de las semillas y algunos rasgos fisiológicos y morfológicos de plántulas bajo diferentes cambios de irradiación de luz. Sus resultados apuntan, por un lado a las plántulas de especies de semillas más pesadas, que son más tolerantes a la sombra que las especies de semillas livianas, estas plántulas al estar en el sotobosque donde la cantidad de irradiación es importante, desarrollan mayormente sus rasgos morfológicos, es decir, mayor área foliar y mayor peso del tallo. Por otro lado están las especies de semillas livianas que toleran menos la sombra y reaccionan positivamente a mayor irradiación de luz, de esta manera, los recursos que invierten van a su crecimiento.

En la mayoría de las especies no existe manifestación alguna del decremento de la capacidad germinativa en árboles reproductivos con su tamaño. Más bien, hay una tendencia de incremento continuo en la proporción de semillas viables. Esta tendencia excluye a *Acosmium* y *Centrolobium* que muestran el decremento de su capacidad germinativa en relación con el DAP, además de presentar niveles bajos de germinación.

Aunque la relación entre el DAP y la capacidad germinativa de las especies no es significativa, es posible que intervengan otros factores en la viabilidad de semillas, tanto internos como externos. Es necesario resaltar que tan solo en *Caesalpinia*, el 30% de la variación de la capacidad germinativa de las semillas es explicada por el DAP, similares resultados se obtuvieron para algunas especies en la selva amazónica de Bolivia por Van Rheenen (2005).

Se debe tener en cuenta que en la mayoría de las especies estudiadas, algunos individuos apenas empiezan a tener porcentajes de germinación que sobrepasan el 50%, a partir de los 60 cm de DAP, a excepción de *Anadenanthera* que empieza desde los 40 cm de DAP. Este

suceso es muy importante si consideramos que de acuerdo a las leyes vigentes sobre Manejo Forestal, conforme al DMC de 40 cm de DAP que establece, la mayoría de estos árboles (80%) deberían ser cortados, justamente cuando empiezan a producir mayor cantidad de semillas viables.

7. CONCLUSIONES

En la mayoría de las especies estudiadas, a medida que los frutos van madurando llegan a dispersarse, ambos eventos ocurren simultáneamente coincidiendo en la época más seca, entre julio y septiembre. Algunas especies como *Sweetia*, *Acosmium* y *Cariniana* presentaron una reproducción repartida en dos épocas durante el año que duró el estudio, la fructificación de estas especies tuvo una tendencia a coincidir con un mayor ascenso de la precipitación, particularmente en *Sweetia*.

Las especies alcanzan alta reproductividad a menores diámetros que la viabilidad, a partir de 20 y 30 cm de DAP, más de 30 cm de DAP en *Sweetia*. El tamaño con alta viabilidad comienza alrededor de 50 cm de DAP para la mayoría de las especies. No obstante, existe una diferencia de tamaño bastante amplia en la obtención de buenos niveles tanto de reproducción como de germinación. De hecho, los árboles coinciden en un determinado rango diamétrico reproductivo y germinativo óptimo, este rango se encuentra entre 50 y 70 cm de DAP para la mayoría de las especies. Aunque la viabilidad no decrece a mayores diámetros, la reproductividad lo hace alrededor de 70 cm de DAP. Si la mitad de las especies estudiadas tuvieron porcentajes de viabilidad aceptables, la otra mitad de las especies presentó muy baja viabilidad que sin duda afectaría la abundancia de la regeneración. Estas son: *Machaerium scleroxylon*, *Centrolobium* y *Acosmium* donde el promedio de semillas germinadas resulta en 5.4, 5.1 y 1.3% respectivamente. Sin embargo, los árboles reproductivos de menor tamaño de *Centrolobium* y *Acosmium* muestran mayor porcentaje de semillas viables que los de mayor tamaño, sumando que la regeneración de *Centrolobium* tendría mayor éxito a través de rebrote de raíz y rebrote de tocón. El porcentaje de árboles reproductivos en un año dado varió entre las especies, los valores oscilaron entre 25-93%.

El grado de intervención de un bosque determinó la capacidad reproductiva de la mayoría de las especies estudiadas, afectando negativamente en algunas y positivamente en otras. Dentro de las especies donde decrece la capacidad reproductiva con el aprovechamiento se encuentran *Centrolobium* y *Copaifera*, mientras que para *Anadenanthera* y *Aspidosperma* el aprovechamiento permite alcanzar mayores niveles de reproductividad, es última sin una

diferencia significativa por el grado de intervención. Aunque la producción de frutos en ambos bosques no difería el uno del otro en *Sweetia*, esta mostró variación temporal en la producción de frutos entre un tratamiento y otro, es decir, en uno de los tratamientos fue anterior al otro, en este caso el del bosque aprovechado. Finalmente, la capacidad reproductiva de *Machaerium scleroxylon* y *Caesalpinia* es independiente del grado de intervención.

8. RECOMENDACIONES

Es necesario reconocer los períodos en los que se presentan algunos patrones fenológicos de especies maderables, particularmente el de fructificación, pues los frutos de la mayoría de las especies concluyen su maduración en septiembre. Para tomar las decisiones de un aprovechamiento, se recomienda intervenir el bosque cuando los frutos estén suficientemente maduros, sobretodo porque durante el aprovechamiento se crean claros o aperturas donde la regeneración tiene mayor probabilidad de sobrevivencia, más aún cuando la frecuencia de este patrón fenológico es tan incierta y suele manifestarse cada dos o más años. Si existe suficiente semilla que origine la nueva regeneración, entonces, la sostenibilidad de un bosque aprovechado puede ser garantizada.

Sería útil determinar un rango de DAP en el que los árboles de una especie puedan ser aprovechados sin ningún perjuicio a la sostenibilidad del bosque remanente. Conocemos lo concerniente a reproductividad y viabilidad de semillas y que no todos los árboles producen frutos todos los años. Se debe tener cuidado sobretodo con el aprovechamiento de aquellas especies de baja capacidad reproductiva y germinativa. Ya sea, dejando mayor cantidad de árboles semilleros dentro de los tamaños de DAP (entre 40 y 60 cm) en la que estas especies consiguen mayor producción de frutos y mayor cantidad de semillas viables. Generalmente estos tamaños se encuentran dentro de los DMC establecidos, por lo que se puede reemplazar aquellos árboles aprovechables que se dejan para semilleros por el de los árboles semilleros de tamaños mayores a 60 y 70 cm DAP, ya que a partir de estos tamaños la capacidad reproductiva desciende considerablemente. La declinación de la capacidad reproductiva es un buen indicador de que un individuo ha concluido todas sus funciones ecológicas dentro de un bosque y estaría listo para su aprovechamiento para ser reemplazado por otros árboles que requieren el espacio.

En *Machaerium scleroxylon* y *Centrolobium microchaete*, por su alta importancia maderable y al no tener una adecuada capacidad germinativa de sus semillas, sería razonable considerar en futuras investigaciones tratamientos silviculturales que aumente la disponibilidad de semillas, caso contrario inducir algún tratamiento de germinación para un posterior

enriquecimiento del bosque. Quizá estas recomendaciones resultan ser menos necesarias en *Centrolobium microchaete* debido a que es capaz de regenerarse por rebrotes tanto de raíz como de tocones, aunque el éxito de los rebrotes en tocones aún no está comprobado científicamente.

Se ha observado que para algunas especies, un aprovechamiento puede disminuir considerablemente la capacidad reproductiva, tal es el caso de *Centrolobium microchaete* y *Copaifera chodatiana*. En *Centrolobium microchaete*, los disturbios ocasionados por el aprovechamiento inducen de gran manera su capacidad de reproducción por rebrote, restando importancia a la regeneración a través de semillas. Se debe prestar especial atención en la ecología de *S. fruticosa*, ya que además de que tiene baja capacidad reproductiva, no conocemos su capacidad germinativa; el efecto negativo del aprovechamiento, acarrearía serias dudas de su sostenibilidad en el bosque.

Se recomienda tomar en cuenta para posteriores estudios otros factores como tamaño de las semillas y la competencia por factores ambientales y de sitio de los árboles (futuros semilleros), los cuales afectan la variabilidad de la capacidad reproductiva y germinativa dentro de una categoría de tamaño, lo que no permite determinar una óptima escogencia de los árboles semilleros que deberían ser retenidos como garantía de una buena regeneración.

9. LITERATURA CITADA

- Añez, M. 2005.** Análisis del comportamiento reproductivo de 35 especies arbóreas en un bosque seco chiquitano en el departamento de Santa Cruz, Bolivia. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.
- BOLFOR. 2003.** Ciclos de corta en bosques tropicales de Bolivia: Opciones basadas en investigación sobre manejo forestal. Proyecto BOLFOR-The Forest Management Trust. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Dalling, J.W. 2002.** Ecología de semillas. pp. 345-375. En: Guariguata, M.R. y Katan, G. H. (compiladores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Libro Universitario Regional, Costa Rica.
- Fredericksen, T.S., Mostacedo, B., Justiniano, J. y Ledezma, J. 2001.** Seed tree retention considerations for uneven-aged management in Bolivian tropical forests. *Journal of Tropical Forest Science*. 13(2): 352-363.
- Gentry, A. H. 1995.** Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. pp. 146-194. En: S.H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge University Press.
- Guariguata, M. R. 1998.** Consideraciones Ecológicas Sobre la Regeneración Natural Aplicada al Manejo Forestal. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 304. p. 5-7.
- Guariguata, M.R. 1999.** Biología de Semillas y Plántulas de Nueve Especies Arbóreas Comunes en Bosques Secundarios de Bajura en Costa Rica: Implicaciones para el Manejo Forestal Basado en la Regeneración Natural. CATIE. Informe Técnico No. 309: 1-17.
- Hubbell, S.P. 1987.** La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. En: Clark, D.A., R. Dirzo y N. Fetcher (eds.) *Ecología y Ecofisiología de Plantas en los Bosques Mesoamericanos*. *Revista de Biología Tropical*. 35 (Supl.1): 7-22.
- Ibisch, P.L. y Mérida, G. (eds.). 2003.** Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de

conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra-Bolivia.

Jansen, P.A., Bartholomeus, M., Bongers, F., Elzinga, J.A., Ounden, J. y Van Wieren, S.E. 2002. The role of seed size in dispersal by a scatter-hoarding rodent. pp. 209-225. En Levey, D.J. y Galetti, M. (eds.). *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. CAB International.

Justiniano, M.J. 1998. Comportamiento fenológico de especies maderables en un bosque semidecídulo pluvioestacional de Santa Cruz, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación* 4:99-105.

Justiniano, M.J. y Fredericksen, T.S. 2000. Phenology of tree species in bolivian dry forests. *BIOTROPICA* 32(2): 276-281.

Killeen, T.J., Jardim, A., Mamani, F. y Rojas, N. 1998. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitanía region of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 14: 803-827.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 2000. Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (Inventarios, Planes de manejo, Planes operativos y Mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. Resolución Ministerial N° 248/98. Normas Técnicas Forestales. FAO-PAFBOL. 24.

Moreno, P. 1976. Latencia y viabilidad de semillas de vegetación primaria. pp. 527-548. En: A. Gómez-Pompa, C. Vazquez-Yanes, S. Del Amo y A. Butanda (eds.) *Regeneración de selvas*. CIA. Editorial Continental, S.A. de C.V., México.

Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. 2001. Germinación de semillas en invernadero de 34 especies arbóreas de bosques tropicales de Bolivia. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica* 3(1/2): 213-222.

Mostacedo, B. y Pinard, M. 2001. Ecología de semillas y plántulas de árboles maderables en

- bosques tropicales de Bolivia. pp. 11-29. En: Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. (eds.). Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Navarro, G. 1995.** Clasificación de la Vegetación de la Región de Lomerío en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia. BOLFOR. Documento Técnico Nro10. Santa Cruz, Bolivia.
- Navarro, G. y Maldonado, M. 2002.** Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y Ambientes Acuáticos. Editorial Simón I. Patiño-Departamento de Difusión. Cochabamba, Bolivia.
- Newstrom, L.E., Frankie G.W. y Baker H.G. 1994.** A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. 26(2): 141-159.
- Pariona, W. 1998.** Empresa Industrial Maderera Amazonic Sustainable Enterprises. Plan de Manejo Forestal.
- Pinard, M.A., Putz F.E., Rumíz D., Guzmán R. y Jardim, A. 1999.** Ecological characterization of tree species for guiding forest management decisions in seasonally dry forests in Lomerío, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 113: 201-213.
- Poorter, Lourens y Rose S.A. 2005.** Light-dependent changes in the relationship between seed mass and seedling traits: a meta-analysis for rain forest tree species. *Oecologia* 142: 378-387.
- Richards, P.W. 1996.** *The Tropical Rain Forest an Ecological Study.* Cambridge University Press, Segunda Edición. Cambridge, United Kingdom.
- Schulz, J.P. 1960.** Ecological Studies on Rainforest in Northern Surinam. En: Bazzaz, F.A. y Pickett, S.T.A. 1980. *Physiological Ecology of Tropical Succession: A Comparative Review.* *Annual Review of Ecology and Systematic* 11:287-310.

- Terborgh, J. 1995.** Wildlife in manager tropical forests: A tropical perspective. pp. 331-342. En: A. E. Lugo & C. Lowe (eds.) Tropical forests: Management and Ecology. Springer-Verlag.
- Valerio, J. 1998.** Rendimiento diamétrico en árboles tropicales. Boletín BOLFOR. Edición No. 15: 8-9.
- Van Rheenen, H.M.P.J.B. 2005.** The Role of Seed Trees and Seedling Regeneration for Maintenance in Logged-over Forests - a study in the Bolivian Amazon rainforest. Tesis de doctorado. Universidad de Utrecht. Utrecht, Países Bajos.
- Van Ulf, L.H. 2004.** Regeneration in Natural and Logged Tropical Rain Forest. Modelling seed dispersal and regeneration of trees in Guyana. Tesis de doctorado. Universidad de Utrecht. Utrecht, Países Bajos.
- Williams-Linera, G. y Meave, J. 2002.** Patrones fenológicos. pp. 407-431. En: Guariguata, M.R. y Katan, G. H. (compiladores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Libro Universitario Regional, Costa Rica.