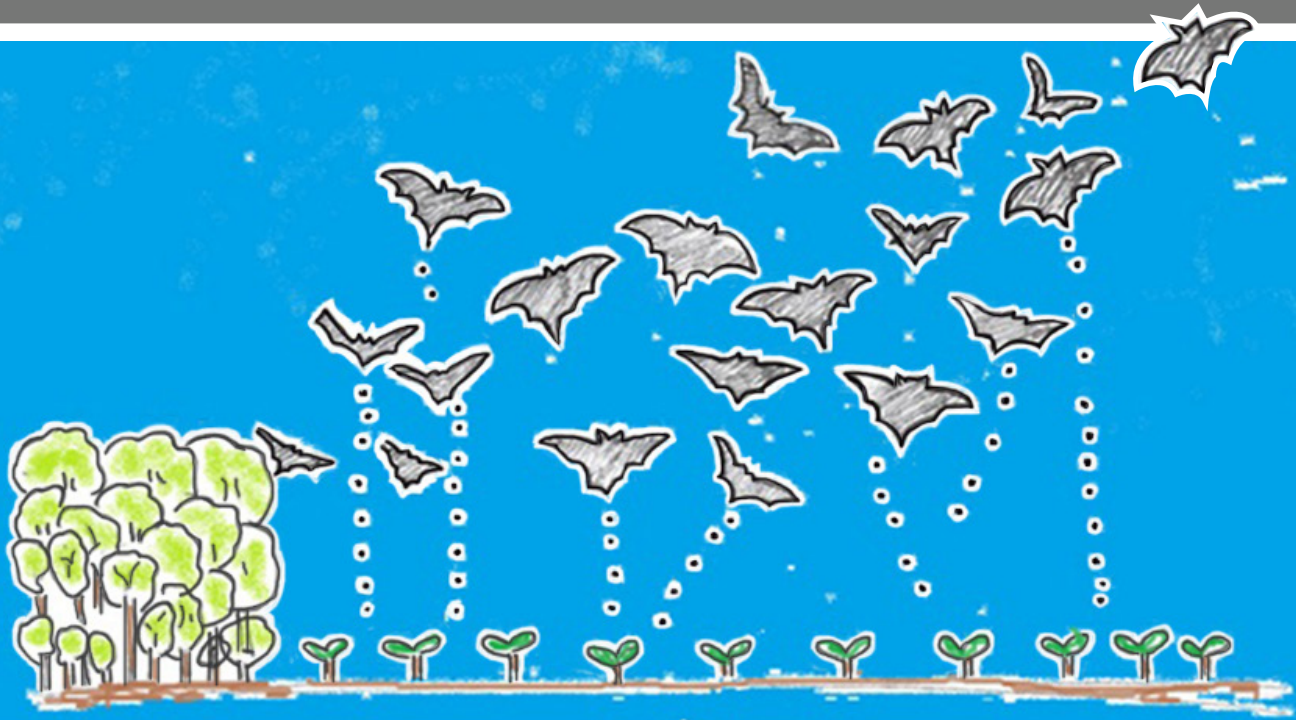
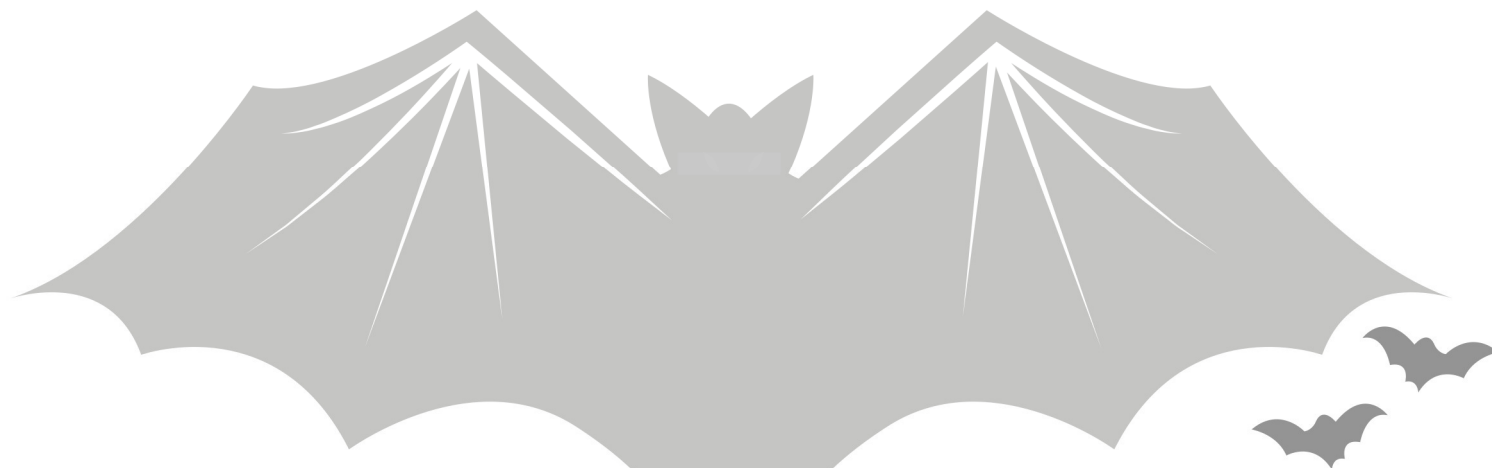


Los murciélagos frugívoros y la regeneración del bosque



Jorge Erwin López
Investigador Principal
FODECYT 13-2013

Ilustraciones:
Raiza Barahona
Textos:
Equipo de investigación



**EFFECTO DE LA MANIPULACIÓN DE LOS PATRONES
DE DISPERSIÓN DE SEMILLAS COMO MECANISMO PARA
POTENCIAR EL ROL DE LOS MURCIÉLAGOS FRUGÍVOROS
EN LA REGENERACIÓN DEL BOSQUE:
IMPLICACIONES EN LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL
Y CAPTACIÓN DE CARBONO ATMOSFÉRICO**

Documento de divulgación del Informe final del proyecto
FODECYT 13-2013

CONTENIDO

7 INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

10 ¿Qué son los murciélagos?

14 Importancia de los murciélagos

CAPÍTULO II

16 Restauración ecológica

21 ¿Por qué son tan importantes los bosques?

CAPÍTULO III

23 Murciélagos Frugívoros

26 Refugio para los murciélagos
¿Qué es un refugio?

CONTENIDO

CAPÍTULO IV

29 Objetivos e Hipótesis

31 Metodología

CAPÍTULO VI

43 Resultados de discusión

CAPÍTULO VII

57 Conclusiones

CAPÍTULO VIII


60 Bibliografía

Introducción

La gestión de modelos de manejo sustentable, restauración ambiental y conservación de los bosques nativos de Guatemala debería de ser una prioridad del Estado en cuanto a las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Son necesarias prácticas de mitigación y adaptación que aseguren servicios ambientales, que permitan que las personas y la biota en general puedan adaptarse a los efectos adversos del cambio climático y así asegurar el bienestar y salud de la población.

Con el fin de contrarrestar los daños ocasionados por la continua pérdida y fragmentación del hábitat, así como de evaluar un método potencial de restauración ambiental, fundamentado en procesos ecológicos naturales de regeneración, esta investigación tuvo como objetivo instalar refugios artificiales para murciélagos frugívoros en áreas degradadas en regeneración, para evaluar el efecto de la presencia de los murciélagos en la tasa de deposición de la lluvia de semillas.

Permitió estimar la tasa mensual de lluvia de semillas y conocer el rol de los murciélagos frugívoros en la regeneración natural de la vegetación, vía la dispersión de semillas.



La dispersión de semillas es uno de los procesos principales en la regeneración natural de los bosques tropicales, se da principalmente vía animales frugívoros que trasladan semillas que van depositando en forma de lluvia de semillas; los murciélagos frugívoros se consideran uno de los mejores dispersores de la región tropical. Propiciar la dispersión de semillas en áreas degradadas de la Ecorregión Lachuá puede llegar a ser una herramienta clave para la regeneración natural de los bosques. Algunos autores han demostrado que una de las variables que más influye en la tasa de reclutamiento de plántulas en los bosques tropicales es la cantidad de semillas depositadas en los sitios de colonización, es decir, la magnitud de la lluvia de semillas es uno de los factores determinantes en el éxito de dispersión de un alto número de plantas de los bosques tropicales (Chapman y Chapman, 1995; Asquith *et al.* 1997; Wright y Duber, 2001).

La manipulación de los murciélagos frugívoros como promotores de la restauración de los bosques tropicales constituye un tema de investigación innovador. En el pasado, únicamente Detlev Kelm (2008) ha diseñado e instalado refugios artificiales para atraer murciélagos frugívoros de forma exitosa en Costa Rica. Por lo tanto, determinar si el atraer a los murciélagos frugívoros a áreas degradadas por medio de la implementación de refugios artificiales incrementa significativamente la lluvia de semillas en estos sitios propensos a regeneración, es fundamental para proponer esta técnica como una herramienta de restauración de bosques tropicales. Esta práctica propiciará las condiciones para que otros animales (aves y otros mamíferos) lleguen a estas áreas y realicen su contribución depositando otros tipos de semillas, aumentando la complejidad de la vegetación.

La importancia de esta intervención experimental radica en potenciar los procesos naturales de restauración para buscar su aplicabilidad en el manejo de áreas protegidas a través del fomento de la conectividad entre remanentes boscosos. Además, esta práctica está enmarcada dentro de las acciones prioritarias de la adaptación de ecosistemas ante los efectos adversos del cambio climático propuestos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el año 2012, teniendo como objetivo principal *mantener y aumentar la resiliencia y reducir*

la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas que se benefician de los mismos. Así mismo, puede funcionar como una alternativa para las autoridades que manejan parques nacionales, biotopos, reservas de usos múltiples, reservas naturales privadas, entre otros, para evitar el aislamiento del área protegida propiciando la conectividad entre remanentes boscosos. Dependiendo de la efectividad del método, con el tiempo podría llegar a complementar a las prácticas de reforestación realizadas en el país y con ello mejorar la capacidad de captación de dióxido de carbono.

El conocimiento y experiencia ganados en relación al rol de los murciélagos en la regeneración del bosque tropical, se ha compartido con los pobladores de la Ecorregión Lachuá. Además se trasladará a otras regiones del país con condiciones similares de fragmentación y aislamiento de parches boscosos para su aplicación en el manejo de las áreas silvestres. El implementar este tipo de prácticas en sitios donde

existen prejuicios acerca de los murciélagos, es vital para sensibilizar a las personas acerca de la importancia de estos animales en el mantenimiento del bosque y regeneración natural de los mismos, rompiendo con paradigmas que han acompañado a la población guatemalteca a lo largo de la historia.



CAPÍTULO I

¿Qué son los murciélagos?

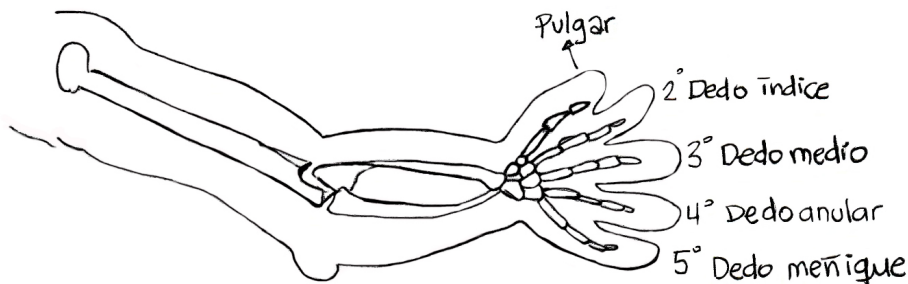
Los murciélagos son mamíferos y al igual que la mayoría de los mamíferos, están cubiertos de pelo y tienen columna vertebral. Las hembras llevan a las crías dentro del cuerpo hasta que nacen. Al nacer las crías, tras un periodo de gestación variable, se alimentan de leche materna en las primeras etapas de su desarrollo. Pero los murciélagos son diferentes de otros mamíferos ya que tienen los huesos más ligeros, tienen alas y hacen lo que ningún otro mamífero puede hacer ¡VOLAR!

Origen, Clasificación y Diversidad

Se estima que los murciélagos habitan en el planeta desde hace unos 60 millones de años, mientras que el registro fósil más antiguo del humano data de tan

solo unos 200,000 años. Como lo evidencian los fósiles encontrados, sabemos que los murciélagos siempre han sido capaces de volar y los que volaban hace millones de años en el cielo nocturno de nuestro planeta son muy parecidos a los que encontramos hoy.

Los murciélagos están entre los mamíferos más diversos y abundantes del mundo. Representan casi la cuarta parte de todas las especies conocidas de mamíferos. Su capacidad de volar les permite explorar recursos a los que otros mamíferos no pueden acceder lo que les ha permitido vivir en todo el mundo, desde el extremo norte de Escandinavia, hasta los desiertos del suroeste de Estados Unidos.



los trópicos y su diversidad a nivel mundial supera las 1,100 especies. Son un grupo importante de la fauna de la región neotropical y un componente de suma importancia en la mayoría de ecosistemas que caracterizan Guatemala, constituyendo cerca del 50% de la fauna de mamíferos de la región. No solo son importantes en los ecosistemas guatemaltecos si no que también fueron parte de la tradición cultural de los mayas que poblaron el territorio guatemalteco en el pasado. Los murciélagos forman parte de la historia, ciencia y literatura de nuestro país y el mundo.

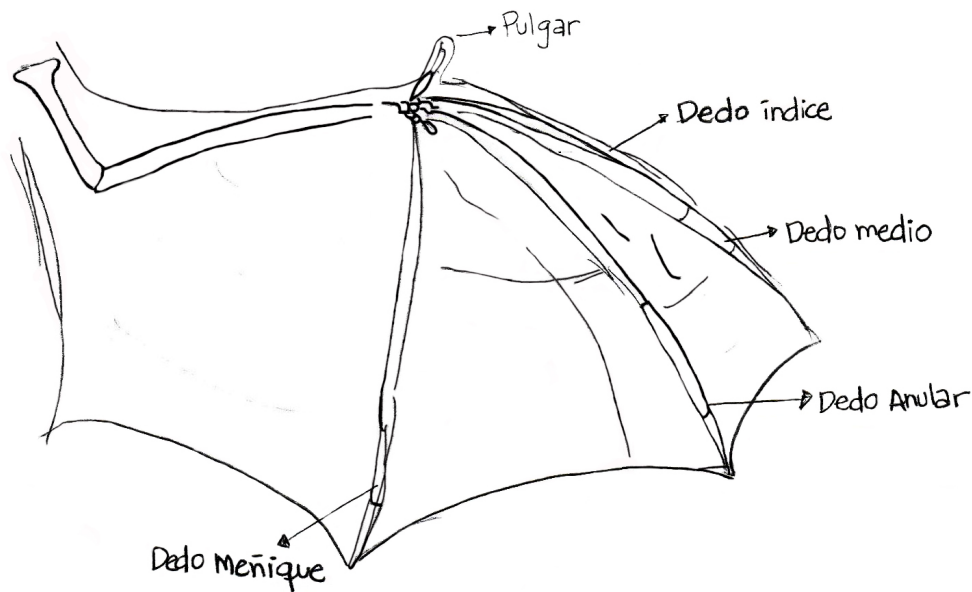


Figura 1. Mano de humano comparada con ala del murciélago

Árbol genealógico

Los murciélagos se agrupan en el orden Chiroptera, que es una palabra que proviene del latín y significa "mano con alas" (Chiro=mano, ptera=ala) (Figura 1).

Este orden se divide en dos grandes grupos: megamurciélagos y micromurciélagos conocidos como Pteropodidos y Filostomidos (Figura 2). El suborden Pteropodidos agrupa a murciélagos de gran tamaño llamados zorros voladores y a los murciélagos frugívoros que se distribuyen en las zonas tropicales y subtropicales Europa, África, Asia y Oceanía. Mientras que los murciélagos del suborden Filostomidos son de menor tamaño y se distribuye en todo el mundo, excepto en ambientes extremos como las zonas polares. Todos los murciélagos de Centroamérica pertenecen a este grupo.

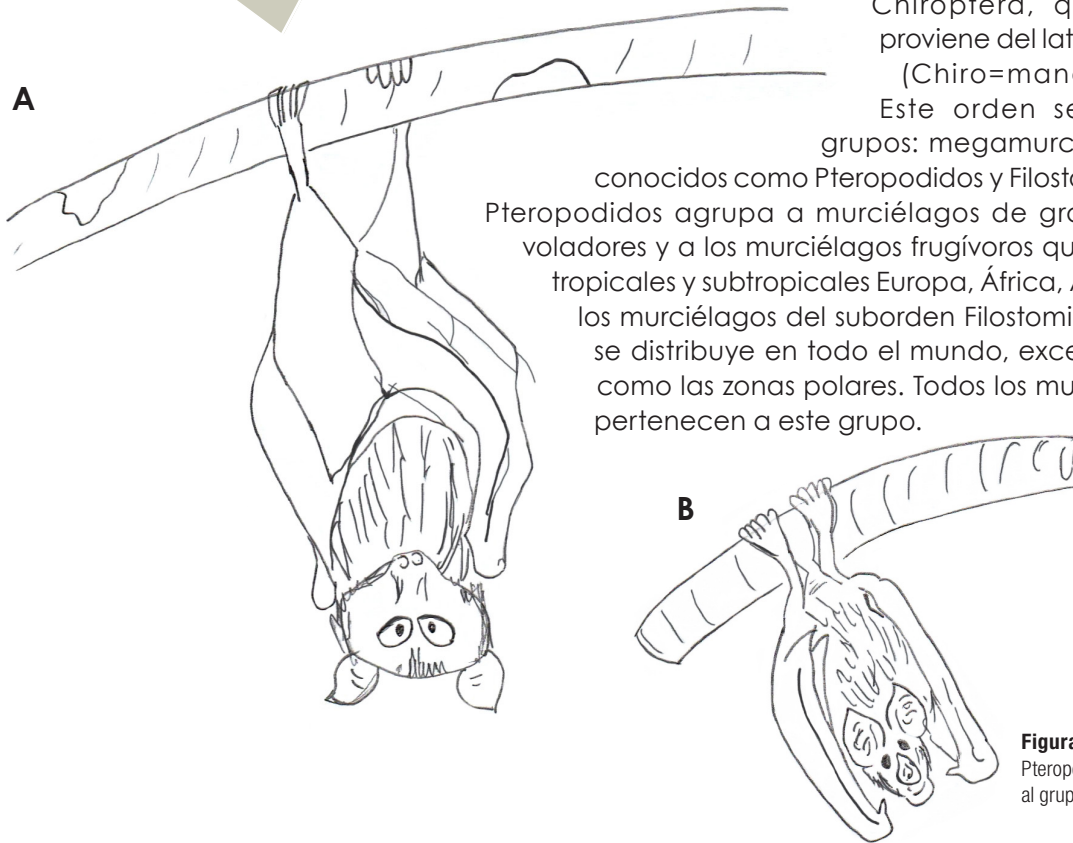


Figura 2. A) Zorro volador perteneciente al grupo Pteropodidos. B) Murciélago insectívoro perteneciente al grupo Filostomidos

La mayoría de los murciélagos son pequeños y livianos. El tamaño varía según la especie, desde una envergadura alar (distancia tomada de punta a punta de las alas) de 12cm y apenas 2kg de peso en las especies más pequeñas, hasta 2 metros y casi 2kg en las más grandes. El cuerpo de los murciélagos fue diseñado para volar, a lo largo de su historia evolutiva, los murciélagos experimentaron un notable alargamiento de los huesos, especialmente los dedos de las manos (Figura 3). Este alargamiento de huesos da el apoyo estructural, así como el punto de unión de los músculos, tendones y vasos sanguíneos necesarios para mover el ala. Las alas están hechas de una piel fina y elástica llamada membrana alar, está formada por dos capas de piel más una pequeña cantidad de tejido conectivo por donde pasan los vasos sanguíneos y los nervios. El cuerpo de cada murciélago está adaptado o modificado para el tipo de alimento que come y el hábitat o lugar natural donde vive. Por ejemplo, las especies que vuelan rápido para capturar insectos durante el vuelo tienen alas largas y angostas (como las golondrinas).

Mientras que los murciélagos que se alimentan de pequeños vertebrados, insectos posados en hojas, frutas, néctar o sangre tienen alas cortas y anchas para volar lentamente y largas distancias.

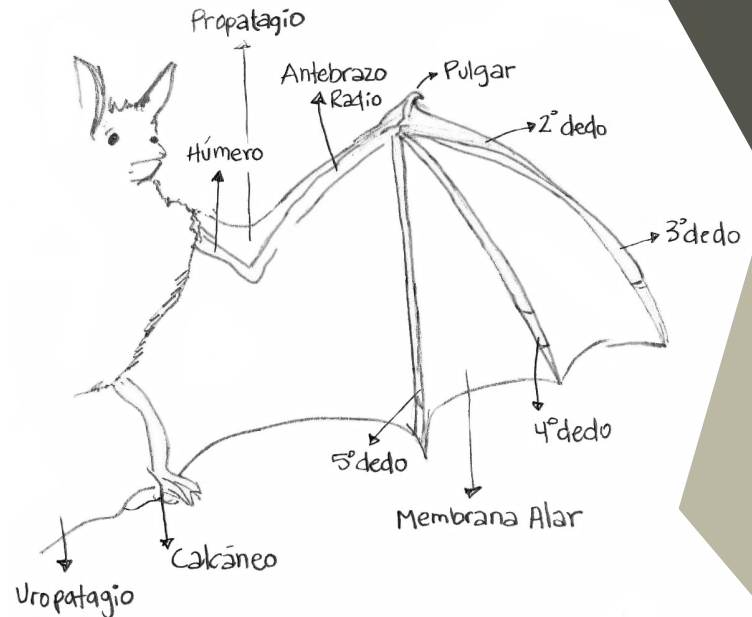


Figura 3. Anatomía externa de un murciélago.

Fuente: Tomado de Medellín, *et al.*, 1997

Importancia de los murciélagos

Los murciélagos son reconocidos no sólo por su riqueza de especies, también por sus interesantes adaptaciones a la vida nocturna y por su alta diversidad ecológica. Las habilidades de volar, única entre los mamíferos, así como de contar con una buena visión y desarrollar un sorprendente sistema de navegación para desplazarse por la oscuridad, llamado ecolocación, les ha permitido dispersarse y ocupar una gran variedad de nichos en todos los ambientes del mundo, excluyendo las regiones polares y grandes desiertos. Los murciélagos desempeñan un papel primordial en la dinámica de los ecosistemas tropicales, al tener especies en todos los niveles tróficos y al establecer relaciones muy estrechas con especies vegetales importantes, tanto a nivel económico así como en el mantenimiento de los ecosistemas.

Los murciélagos son reconocidos por ser el único grupo de mamíferos que tienen hábitos alimenticios muy variados, los cuales responden a la variedad morfológica y fisiológica que

exhibe este grupo. En general, se presentan seis tipos de dieta: frugívoros (se alimentan de frutas), nectarívoros (se alimentan de polen y/o néctar), insectívoros (se alimentan de insectos), carnívoros (se alimentan de vertebrados como ratones, ranas, incluidos otros murciélagos, etc.), piscívoros (se alimentan de peces) y hematófagos (se alimentan de sangre, vampiros) (Figura 4). Gracias a estas características los murciélagos prestan servicios ambientales fundamentales.

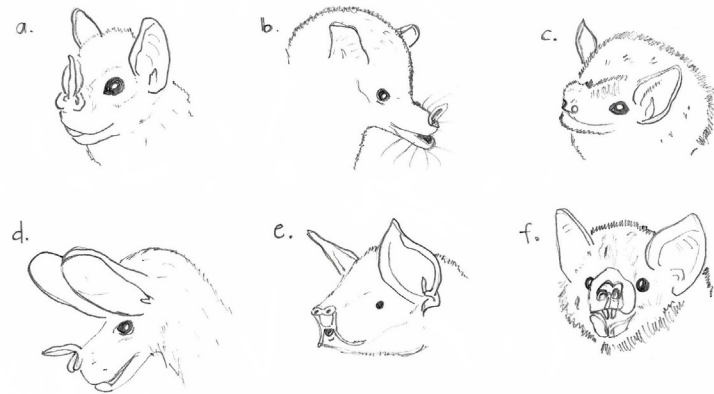


Figura 4. Diversidad morfológica de los murciélagos relacionada con sus hábitos alimenticios. a) Frugívoro (se alimenta de frutas), b) Nectarívoro (se alimenta de néctar), c) Insectívoro (se alimenta de insectos), d) Carnívoro, e) Piscívoro (se alimenta de peces) y f) Hematófago (se alimenta de sangre).



Los servicios ambientales son beneficios que la naturaleza proporciona a la humanidad en su conjunto o a una población local; son gratuitos para la gente que disfruta de ellos. Algunos murciélagos son responsables del control de plagas de insectos que perjudican cultivos y la salud humana, como el dengue. Otros polinizan flores de plantas comerciales y no comerciales entre ellas la Ceiba, el agave entre otros. Existen otros que dispersan semillas que ayudan al sostenimiento de los ecosistemas tropicales, dispersando tanto especies pioneras como especies de bosque maduro (por ejemplo, jocotes, mangos, nísperos, entre otros) (Figura 5). Estos servicios ambientales que proveen los murciélagos contribuyen a la regeneración de hábitats naturales y a cuantiosos beneficios para la agricultura.

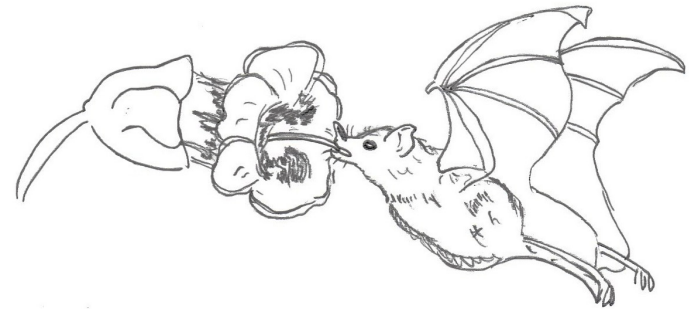


Figura 5. Servicios ambientales proporcionados por los murciélagos. Arriba de izquierda a derecha: Control de plagas (murciélago insectívoro), Dispersión de semillas (murciélago frugívoro). Debajo: Polinización (murciélago nectarívoro)

CAPÍTULO II

Restauración ecológica

Durante las últimas décadas, la reducción, fragmentación y degradación de los ambientes naturales ha aumentado considerablemente.

El proceso de fragmentación en los bosques abarca la pérdida o disminución total del área original creando parches o "islas" de vegetación cada vez más pequeños y aislados entre sí (Figura 6). Este proceso es resultado de las diferentes actividades humanas (por ejemplo, deforestación, agricultura, ganadería), lo cual han provocado alteraciones ecológicas que limitan los procesos de regeneración natural en numerosas especies de plantas dentro de los bosques templados.

Esto ha provocado una crisis ambiental la cual se ha acelerado debido a la reducción rápida de varios servicios ambientales que prestan los ecosistemas, como por ejemplo: producción de agua, secuestro de carbono y regulación del clima, dispersión de semillas, biodiversidad, etc.

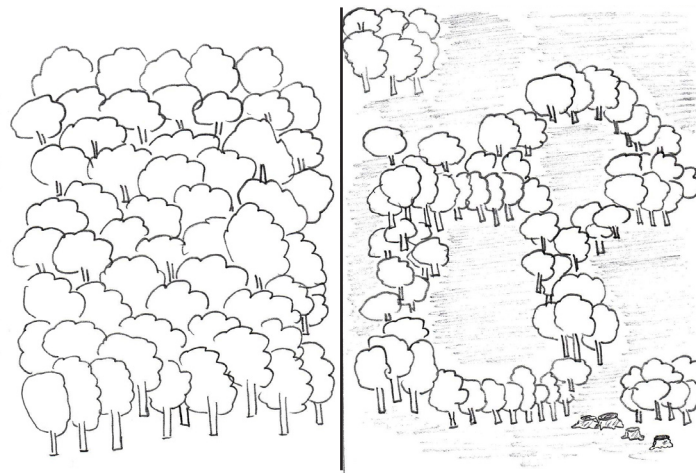


Figura 6. Fragmentación del bosque. Izquierda: Bosque intacto. Derecha: Bosque fragmentado.

El ecosistema a menudo puede responder a dichas perturbaciones a través de la sucesión ecológica. La sucesión ecológica es un término utilizado para identificar los cambios temporales que ocurren en un ecosistema después de que éste es perturbado (Figura 7). Los cambios ecológicos que sufre el ecosistema en sucesión, así como la velocidad con la que ocurren estos cambios, dependen de las características del disturbio (por ejemplo la intensidad y frecuencia), la

disponibilidad de propagulos regenerativos (como semillas y plántulas), del ambiente biótico (ejemplo depredadores, granívoros, herbívoros, patógenos y parásitos, entre otros) y de las condiciones abióticas prevalecientes en el sitio perturbado.

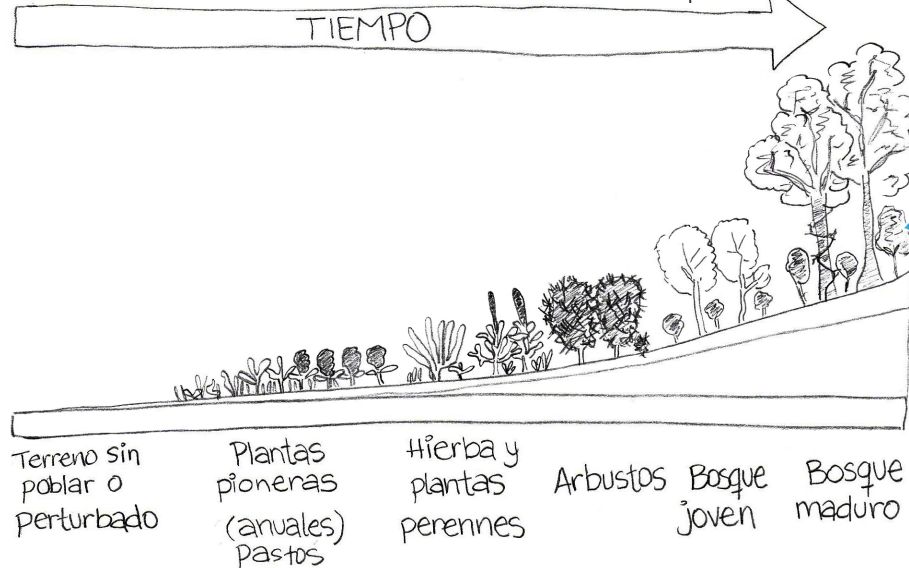


Figura 7. Sucesión Vegetal

Los ecosistemas cambian en el tiempo de manera tal que la comunidad vegetal presenta varios estadios o momentos sucesionales (si las condiciones ambientales son las apropiadas) hasta llegar a un equilibrio o estado de "climax", producto de interacciones ecológicas, en ausencia de la intervención humana.

Las zonas perturbadas, a menudo se regeneran por sí solas con el paso del tiempo. La regeneración natural es la recuperación de un bosque, después de sufrir una degradación o perturbación.

La regeneración puede verse como un ciclo de procesos ecológicos, tales como la polinización, el desarrollo de las semillas y su posterior dispersión y depredación; la germinación y el establecimiento de plántulas, entre otros (Figura 8). De estos procesos ecológicos depende el éxito y la dominancia de las especies de árboles a largo plazo. Existen distintas etapas y

factores involucrados en el ciclo de regeneración de los bosques: 1) la floración en donde se lleva a cabo gracias a la polinización; 2) polinización que es la llegada del polen a las flores para su crecimiento; 3) desarrollo de las semillas en donde las semillas son consideradas los propágulos más importantes que contribuyen a la regeneración de las comunidades arbóreas; 4) dispersión de semillas para la renovación de poblaciones vegetales.

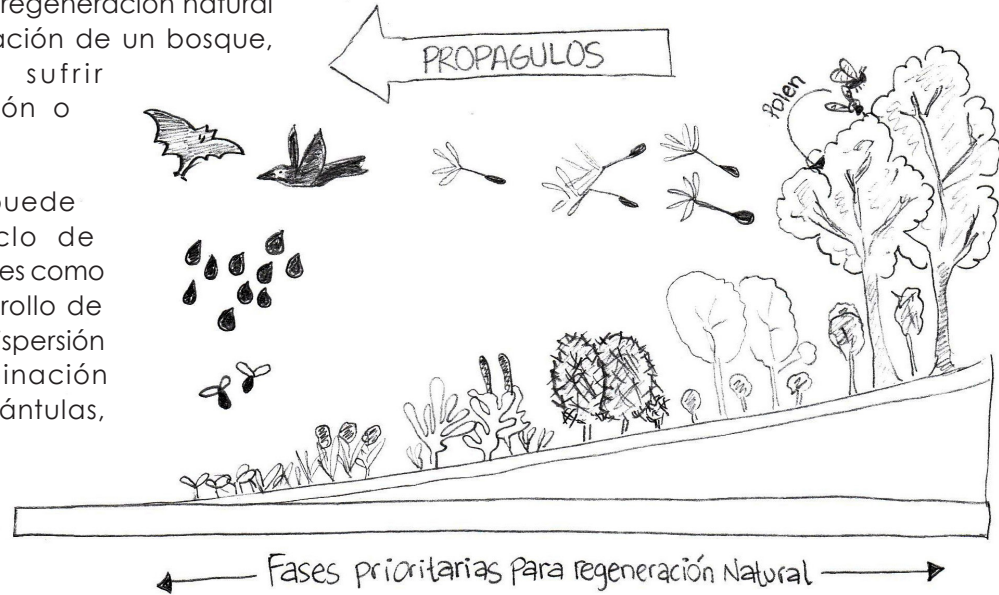


Figura 8. Regeneración natural

En la Ecorregión Lachúa, en Cobán, Alta Verapaz, la cobertura boscosa empezó a perderse a un ritmo acelerado desde mediados del siglo pasado. La región ha sufrido un cambio drástico en el uso del suelo, en el que se han sustituido grandes porciones de selva tropical por cultivos, pastos para ganado o asentamientos humanos. Debido a estas actividades, se ha perdido más del 50% de cobertura boscosa afectando a los distintos grupos de organismos. Este ecosistema es pobre en regeneración natural, por eso la dispersión de semillas es crucial para la regeneración ya que permite la distribución espacial de las semillas y es clave para la recolonización forestal de esta región. También es relevante mencionar el papel que desempeñan los murciélagos frugívoros en el equilibrio de ecosistemas tropicales como Lachúa ya que dispersan semillas, las introducen en bosques con diferentes grados de sucesión y, por supuesto, regeneran la selva y zonas deprovistas de vegetación contribuyendo a mantener la estructura y la diversidad vegetal que caracterizan a estos bosques.

Dispersión de semillas

La dispersión de semillas es un mecanismo importante para las plantas ya que constituye el último paso en su ciclo reproductivo y el primer paso en el proceso de

crecimiento y renovación de las poblaciones vegetales. Las semillas son depositadas en el ambiente a partir de la planta madre, ayudando de esta manera a su distribución, proceso conocido como **lluvia de semillas** (Figura 9). La distribución espacial de las semillas, producto de la dispersión, representa uno de los puntos cruciales para la regeneración de la vegetación.

La dispersión de semillas también representa un evento muy importante en los bosques tropicales. Entre los beneficios ecológicos favorecidos por el proceso de dispersión de semillas, destacan tres aspectos.

1. *Evita la mortalidad de semillas alrededor de la planta madre.*
2. *Ayuda a la colonización de sitios propensos a regeneración.*
3. *Favorece el movimiento de las semillas a sitios con condiciones adecuadas para la germinación.*

Los animales frugívoros (principalmente aves y mamíferos) afectan directamente la dispersión de semillas. Al desplazarse hacia diferentes ambientes ayudan a las semillas a su desarrollo (Figura 9). De los mamíferos, los murciélagos constituyen el grupo más importante de dispersores de semillas. Los murciélagos se consideran dispersores más eficientes para hábitats perturbados en relación a las aves debido a que

dispersan un mayor número de semillas, aportando semillas características de las clases vegetales tardías. Los murciélagos frugívoros son importantes en la lluvia de semilla al interior de bosques, potreros y en las distintas etapas de la sucesión vegetal, estos pueden dispersar semillas de diversos tamaños.



Figura 9. Lluvia de semillas

Bosques para reducir el cambio climático

¿Por qué son tan importantes los bosques?

Los bosques y las áreas naturales cumplen una función muy importante en el mantenimiento de los procesos naturales. Los bosques son de gran importancia para el planeta ya que son uno de los depósitos de carbono más grandes, y como tales ayudan a mantener el ciclo del carbono y otros procesos naturales en funcionamiento y ayudan a atenuar el cambio climático (Figura 10). Son importantes productores del oxígeno que respiramos. Esto se debe al proceso de fotosíntesis en el que los árboles y el ecosistema utilizan el carbono del aire en forma de dióxido de carbono, almacenan una parte de carbono tomado (para que las plantas crezcan), y devuelven oxígeno a la atmósfera (Figura 10). Las especies pioneras, de crecimiento rápido por lo general son las que absorben poco carbono. Por otro lado, las maderas duras son más densas y almacenan más carbono y durante más tiempo, pero por lo general

crecen lentamente. En la madurez, la absorción de las plantas es menor, pero el carbono representa el 20% de su peso en promedio.

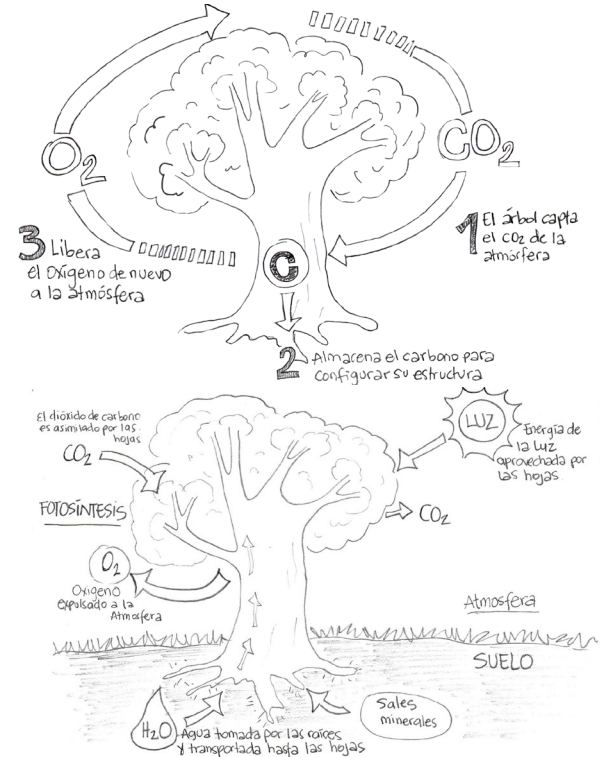


Figura 10. Procesos naturales de los bosques. Arriba: Ciclo del carbono. Abajo: Proceso de Fotosíntesis.

Los bosques también proporcionan medios de subsistencia para las personas: a) proporcionan alimentos, agua, madera y fibras; b) proveen servicios que controlan el clima, las inundaciones, las enfermedades, los desechos y la calidad del agua; c) brindan servicios culturales que son una fuente de creencias, tradiciones y también diversión. Son el hogar de más del 80% de la biodiversidad terrestre del planeta y ayudan a proteger cuencas hidrográficas fundamentales para suministrar agua limpia a gran parte de la humanidad, claro ejemplo de la función del bosque en el suministro de agua es la Eco-Región Lachuá.

Pero los bosques están desapareciendo rápidamente por el avance implacable de la deforestación contribuyendo al cambio climático. Las estrategias de mitigación ante el cambio climático incluyen la reducción de emisiones derivadas de la deforestación; la reducción de emisiones derivadas de la degradación de los bosques; la mejora de la función de los bosques como sumideros de carbono, y la sustitución de productos, empleando por ejemplo madera en vez de combustibles fósiles para la producción de energía y productos de madera en lugar de materiales cuya fabricación conlleva una alta emisión de gases de efecto invernadero.

La restauración natural de los bosques, al ser vegetación en crecimiento, es una forma de fijación de dióxido de carbono constante. La vegetación absorbe las emisiones de gas carbono y lo convierte en carbono que se almacena en forma de madera y partes vegetativas. Por esta razón, este proceso contribuye directamente a la mitigación del cambio climático. Las prácticas de mitigación al cambio climático basadas en la restauración, conservación y manejo sostenible de ecosistemas proveen servicios que permiten a las personas y a la biota adaptarse a los efectos adversos del cambio climático.

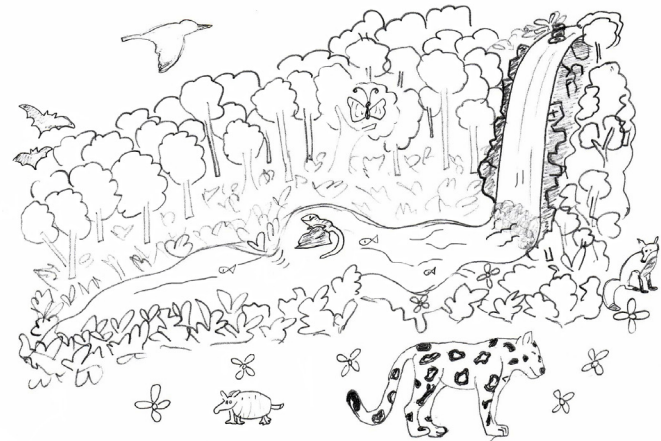


Figura 11. Biodiversidad.

CAPÍTULO III

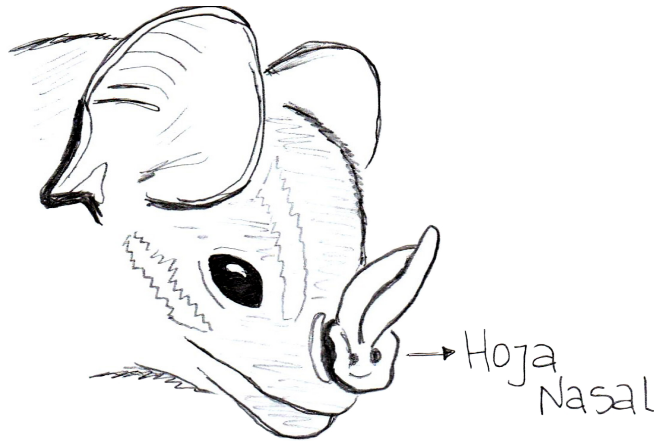


Figura 12. Murciélago Frugívoro.

Murciélagos Frugívoros

Los murciélagos asociados a la frugivoría en el neotrópico pertenecen a la familia Phyllostomidae (Murciélagos Americanos de Hoja Nasal) (Figura 12), 22 de los 56 géneros (90 de las 173 especies) descritos para la familia se alimentan de frutos. Los murciélagos han compartido una larga historia evolutiva con plantas con semillas.

En el neotrópico, los frutos de numerosas plantas presentan características que atraen a los murciélagos por ejemplo, el olor, color y la exposición del fruto (Figura 13). De esta manera se crea una asociación mutualista entre los murciélagos y las plantas ya que los murciélagos obtienen nutrientes de los frutos, y las plantas obtienen movilidad.

Seis de las siete subfamilias Phyllostomidae tienen miembros que incluyen frutos en sus dietas, sin embargo, no todas utilizan este recurso en el mismo grado. Por ejemplo, todas las especies de la subfamilia Carolliinae y Stenodermatinae obtienen la mayoría de su alimento de los frutos. Estas especies son consideradas como frugívoras obligadas. Hay otros murciélagos que son considerados como frugívoros oportunistas ya que se alimentan de fruta periódicamente, por ejemplo algunos miembros de Glossophaginae y Phyllostominae.



Figura 13. Dieta de los murciélago Frugívoro

En ambientes tropicales húmedos, es bien conocido el papel de los murciélagos como **dispersores de semillas**, actividad que permite que los bosques tropicales se regeneren después de haber sido alterados o talados. Las semillas son depositadas en el ambiente mientras los murciélagos vuelan o descansan. Los murciélagos pueden depositar hasta 10 semillas por m² cada noche (100,000 semillas/ha/noche).

Los murciélagos filostómidos que consumen frutas se han especializado en "grupos núcleo de plantas". Muchas especies de plantas pioneras como *Cecropia*, *Solanum* y *Piper*, esenciales en la regeneración de los bosques,

dependen de los murciélagos para la dispersión de sus semillas. Estas especies son clave en los procesos de regeneración de la vegetación después de ocurrido un disturbio, ya que son de rápido crecimiento y alta tolerancia a las condiciones ambientales extremas que presentan los espacios deforestados.

Debido a sus importantes servicios ecológicos a nivel mundial, los murciélagos frugívoros merecen una considerable atención para su conservación. La dinámica de las poblaciones y comunidades de los bosques tropicales sería muy diferente en la ausencia de los murciélagos frugívoros.

Dispersión de semillas por murciélagos

Los murciélagos que se alimentan de frutos son excelentes dispersores de semillas, ya sea volando grandes distancias con la fruta en la boca y luego depositadas en refugios nocturnos al soltarlas, o bien consumiéndola en el lugar y defecando las semillas mientras vuelan. Es por eso que los murciélagos son

llamados **los agricultores del bosque**, pues las semillas que dispersan son vitales en la restauración de claros o ambientes abiertos y bosques dañados (Figura 14). Algunas plantas de valor económico y ecológico dependen casi exclusivamente de los murciélagos, como: los plátanos, papaya, guayaba, chicozapotes, mangos, cedro, distintas especies de cactus, higos silvestres, marañón, guayaba, jocote y muchos otros.

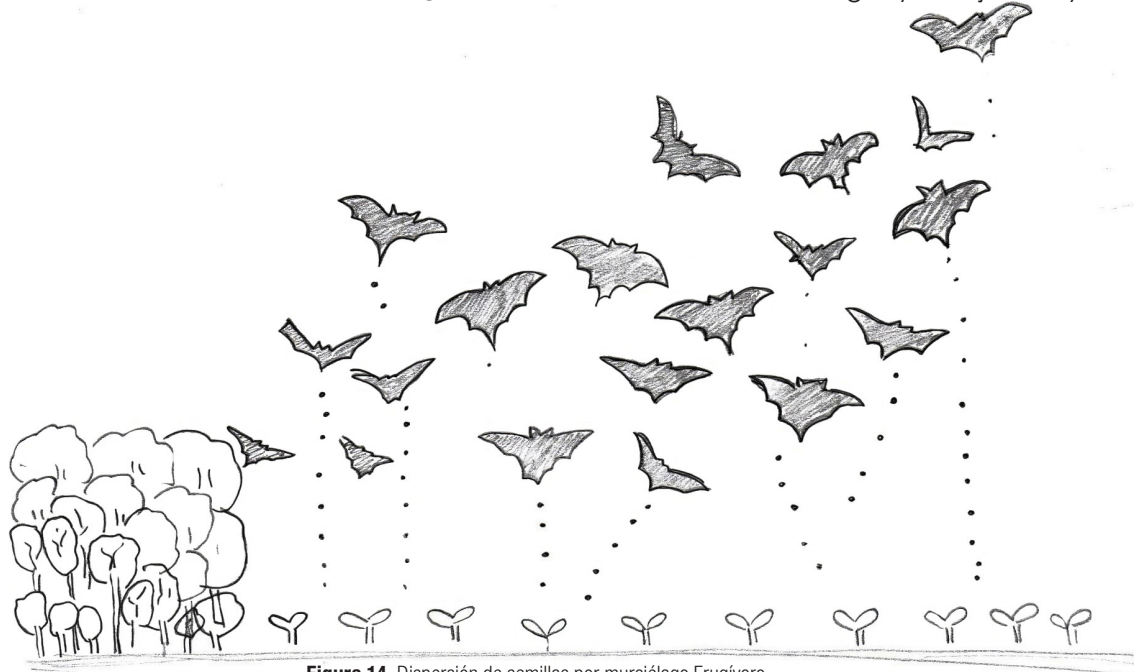


Figura 14. Dispersión de semillas por murciélago Frugívoro.

El hecho de que los murciélagos sean buenos dispersores de semillas en ambientes naturales se debe a que cumplen con las cuatro características primordiales de un "buen" dispersor: 1) El tránsito intestinal no daña las semillas; por el contrario, las beneficia ya que germinan más rápidamente que las que no pasaron por el tracto digestivo de algún murciélago; 2) Estas semillas "digeridas" quedan muy "limpias" y libres de pulpa y azúcares, lo que reduce sustancialmente la posibilidad de que sean atacadas por hongos y bacterias que matarían sus embriones; 3) Las semillas son depositadas en sitios adecuados para su germinación y para que sus plántulas se establezcan, y 4) Las semillas dispersadas lejos del árbol que las produjo pueden escapar de la depredación y de los herbívoros locales, al tiempo que se reduce la competencia entre las plantas de la misma especie (por ejemplo, las progenitoras y sus descendientes). Además, mediante la dispersión se promueve el flujo genético entre las poblaciones de plantas. Estos atributos son factores muy importantes en la estructuración del paisaje y en la dinámica de las poblaciones de plantas y árboles de los ecosistemas.

Dicha efectividad también se ha reconocido desde el punto de vista de la regeneración, puesto que dispersan plantas de distintos hábitos: trepadoras, arbustos pioneros o árboles y palmas de bosque primario. Dado que varias especies de murciélago incluyen especies pioneras en su dieta, y que cada

murciélago puede manipular o ingerir cientos o miles de semillas dependiendo del fruto seleccionado, éstas promueven la regeneración de los bosques tropicales al depositar las semillas en ambientes favorables para la colonización.

En los trópicos americanos, los murciélagos de la familia Phyllostomidae constituyen el grupo más importante de dispersores de semillas, pues dada su diversidad se alimentan de los frutos disponibles tanto en el dosel como en el sotobosque. Además son considerados como indicadores de alteración de hábitats. En diversos estudios se ha comprobado que la alteración en la composición de sus comunidades está directamente relacionada con el tipo de hábitat donde obtienen sus recursos alimenticios y refugio. Una vez que el bosque se encuentre en recuperación, su apariencia se debe en gran medida a la actividad de los murciélagos.

Refugios para los murciélagos

¿Qué es un refugio?

La mayoría de los murciélagos viven en grupos pequeños, pero también pueden vivir solos o en grupos de miles de individuos. Usan una gran variedad de refugios, casi siempre aprovechan lugares que ya están

hechos, como cuevas, troncos caídos o huecos, grietas y hasta en estructuras construidas por el hombre, como en casas (Figura 15). Sin embargo más de la mitad de los murciélagos utilizan plantas para el reposo y hay unas pocas especies de murciélagos que construyen sus propias casas. Los que viven en lugares expuestos a la luz, como en la corteza de los troncos de árboles, en la entrada de una cueva o debajo de las hojas muchas veces tienen líneas blancas en la cara o espalda. Esto les ayuda a que su cuerpo no sea fácil de distinguir por los depredadores. Sin embargo, a pesar de la gran variedad de refugios usados por los murciélagos, cada especie escoge uno o dos tipos de refugios y no pueden sobrevivir en cualquier lugar; más aún, una vez instalados, estos animales son muy fieles al lugar que seleccionaron.




Figura 15. Diferentes tipos de refugios naturales utilizados por los murciélagos.

Los refugios son muy importantes para los murciélagos, ellos pasan más de la mitad de su vida ahí. Es donde descansan durante el día y a veces parte de la noche, pero también es ahí donde crían a sus bebés, se limpian el cuerpo (acicalan) con la boca, ofrecen protección contra depredadores, se comunican con los otros compañeros y algunas veces llegan a estos lugares a comer. Para hacer todo esto, los murciélagos prefieren sitios donde se sienten seguros, donde no se los vayan a comer; pero también el refugio los debe proteger de la lluvia, viento, la luz del sol, etc. Mejor dicho, cada refugio debe tener su clima especial que sea agradable para el murciélago.

Probablemente, las plantas son más utilizadas por los murciélagos debido a su disponibilidad en relación a estructuras como cuevas, aunque proporcionen menor protección ante los depredadores y las condiciones del clima. Por último, los refugios no están por cualquier parte, los murciélagos escogen los refugios. Esto está influenciado en primer lugar por la cantidad de los refugios disponibles, debe estar cerca de la comida y el agua, para que ellos puedan sobrevivir. Por eso se dice que el refugio de un murciélago es como nuestra propia casa.

Sin embargo, producto de la constante pérdida y fragmentación del bosque existen pocos refugios



relacionados con la vegetación. Esto ha provocado alteración y destrucción de sitios de descanso afectando las poblaciones de murciélagos, y como tal, la protección de sus refugios diurnos es de gran importancia para los esfuerzos de conservación de estos mamíferos voladores.

Refugios artificiales

Los murciélagos necesitan refugios adecuados para descansar y realizar distintas actividades. Es tan importante para un murciélago la disponibilidad de los refugios que su distribución geográfica depende totalmente de la presencia de refugios adecuados. En este sentido, los refugios artificiales para murciélagos frugívoros instalados en sitios donde exista escasez de refugio, son la herramienta ideal para aumentar la probabilidad de presencia de murciélagos en paisajes fragmentados de bosque tropical. Los refugios artificiales son diseñados para que los murciélagos puedan establecer sus colonias en ellas en determinados espacios o para ofrecer refugio en ambientes en los que éste escasea, de esta forma, se asegura un aliado efectivo para la agricultura en los bosques perturbados.

Estudios previos han demostrado que la incorporación de este tipo de refugios, ha tenido éxito en atraer a los murciélagos frugívoros a áreas fragmentadas de bosque tropical. Evidenciando que al aumentar la colonización de los refugios por murciélagos también aumenta la cantidad y composición de la lluvia de semillas, además que es una medida de conservación para las especies.

CAPÍTULO IV

Objetivos e Hipótesis

Objetivo General

- Promover, acelerar y evaluar la restauración natural de la vegetación a través de instalar refugios artificiales para murciélagos frugívoros en áreas degradadas con el fin de manipular los patrones de dispersión de semillas para potenciar el efecto en la regeneración del bosque y propiciar condiciones que permitan mayor captación y fijación de carbono atmosférico.

Objetivo Específico

- Evaluar el potencial de restauración natural de la vegetación, midiendo simultáneamente las variaciones temporales en la riqueza y abundancia de especies de semillas, propiciando condiciones que permitan mayor captación y fijación de carbono atmosférico.

- Determinar la tasa de colonización de refugios por parte de los murciélagos determinando y evaluando la riqueza y abundancia de murciélagos que ocupen los refugios.
- Determinar y evaluar el proceso de ocupación de los refugios, enfatizando en las mediciones de temperatura y humedad dentro de los mismos.
- Desarrollar y validar un modelo que describa el potencial de captación de dióxido de carbono de un bosque en regeneración y su importancia como una de las opciones inmediatas y efectivas para mitigar los efectos del cambio climático.
- Sensibilizar a las comunidades humanas de la Ecorregión Lachuá y población en general sobre

la importancia ecológica de los murciélagos frugívoros en la restauración natural de los bosques y su aplicación en el manejo de áreas silvestres protegidas.

- Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.

Hipótesis

- La colonización de refugios artificiales por parte de los murciélagos frugívoros aumenta la deposición de semillas en áreas degradadas.

CAPÍTULO V

Metodología

Eco-Región Lachuá

La Ecorregión Lachuá se encuentra en el Municipio de Cobán, Departamento de Alta Verapaz, Guatemala, localizada entre los ríos Chixoy e Icbolay (al norte, este y oeste) y las montañas La Sultana y el Peyán (al sur). La región pertenece a la zona de mayor precipitación y humedad de Guatemala conformando las verdaderas selvas tropicales lluviosas del país. Esta es un área protegida del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas-SIGAP- y es el único remanente natural que existe antes de la colonización de las tierras en los años setentas.

Dentro de la región se encuentra el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su zona de influencia o amortiguamiento. Alrededor del área habitan 44 comunidades humanas las cuales conforman la

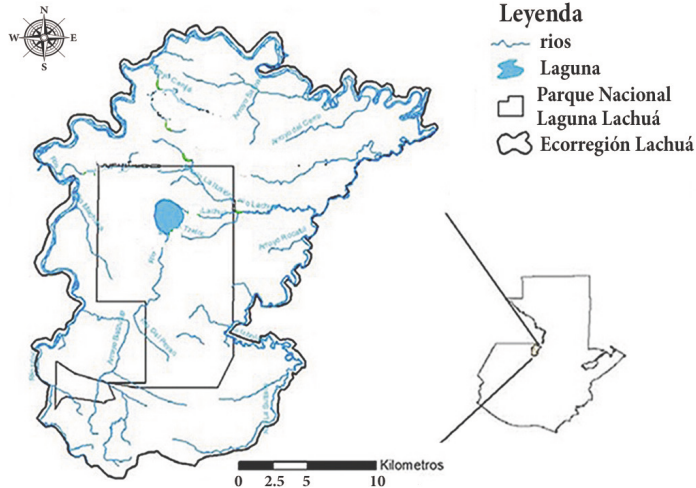




Figura 16. Mapa de ubicación de la Ecorregión Lachuá.
Fuente: García (2008)




denominada zona de influencia. La población presenta unos 13,500 habitantes aproximadamente en su mayoría de ascendencia indígena Q' eqchi', en donde existe producción agrícola de subsistencia y aprovechamiento de algunos productos del bosque y sistemas acuáticos (Ficha RAMSAR, 2004).


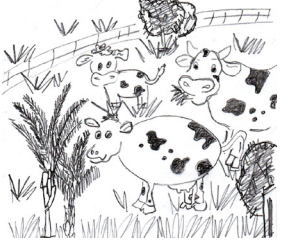

Actualmente el paisaje de la Ecorregión Lachuá ha cambiado, constituyendo un mosaico heterogéneo

en el que interactúa el Parque Nacional Laguna Lachuá con una serie de elementos o condiciones de la vegetación que responden al manejo de los recursos naturales por las comunidades Q' eqchi' que habitan en la zona de influencia. Derivado de este uso y manejo del suelo por parte de la población en general, la vegetación presenta cambios en la estructura y composición que son reconocidas por los pobladores de la región en clases vegetales (Ávila 2004) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clases vegetales identificadas en la zona de influencia del PNLL

No.	Clase Vegetal [Nombre Q'eqchi']	Características	
1	Bosque [K'iche']	Domina el estrato arbóreo. Escaso sotobosque. Incluye las regiones afectadas por incendios y que poseen árboles de crecimiento secundario.	
2	Bosque con cardamom [Ninrú]	Presencia de árboles altos y gruesos que brindan sombra a extensas plantaciones de cardamomo. Sotobosque generalmente ausente.	

No.	Clase Vegetal [Nombre Q'eqchi']	Características	
3	Guamil I (0 – 2.9 años) [Kalemb'il]	Incluye milpa luego de la cosecha. Presenta herbáceas y algunos arbustos, con alturas entre 0.1 a 3 metros.	
4	Guamil II (3 - 5.9 años) [Alk'al]	Dominancia de árboles delgados como Cecropia y Schizolobium. Arbustos de 4 a 6 metros de altura.	
5	Guamil III (6 – 15 años) [Alk'al k'iche']	Dominan árboles y arbustos con altura mayor a los 7 metros. Árboles con diámetros bajos. Presencia de pocas herbáceas.	

No.	Clase Vegetal [Nombre Q'eqchi']	Características	
6	Cultivo [Maíz: ixim Frijol: keenq' Ayote: k'um Chile: ik Arroz: aros]	Complejo de cultivos de maíz, frijol, ayote y con menor frecuencia el chile, arroz, sandía. Ausencia de árboles, escasos o ningún arbusto, presencia de herbáceas pioneras.	
7	Potrero [Alamb'r]	Con o sin presencia de árboles, los que son utilizados para sombra de ganado. Presenta palmas como Orbignya y algunos arbustos pequeños. Ciertas zonas son inundables. Predominancia de gramíneas.	
8	Potrero con guamil	Potrero con al menos un año de abandono. Presenta herbáceas y algunos arbustos altos.	

Fuente: (Ávila, 2004)

Estrategia Metodológica

En las primeras etapas de regeneración de la Eco-Región Lachuá se eligieron seis lugares con vegetación (Guamil I) en donde se colocaron trampas para recoger la lluvia de semillas que los murciélagos frugívoros generan. En tres de las seis localidades se colocaron refugios artificiales para murciélagos, en las otras tres localidades no se colocaron refugios artificiales que sirvió para poder comparar las diferencias entre ellos (Figura 17). Para la replicación espacial del experimento se seleccionaron seis localidades con cobertura vegetal tipo Guamil II.



Figura 17. Disposición de las seis localidades estudiadas. Las de color azul no tuvieron refugios, las de color rojo si tenían refugios artificiales.

Refugios Artificiales

En tres localidades de las seis totales, se colocaron seis refugios artificiales para murciélagos frugívoros. Los refugios fueron instalados en lugares abiertos, es decir en guamiles tipo I (con 0.2-9 años de crecimiento), donde hay milpa, herbáceas y arbustos de hasta tres metros de alto. Estos refugios fueron fabricados de tal manera que se asemejaran a troncos huecos, para poder atraer principalmente a murciélagos frugívoros (Kelm *et al.* 2008).

Para la fabricación se utilizó una estructura de madera, con reglas de madera atornillando cinco planchas de Fibrolit (8mm de espesor) a cada lado para formar una caja (o refugio), y se les colocó hojas de palma encima para recrear un techo y así evitar el exceso de calor y que estuvieran recibiendo luz directamente del sol. El tamaño de cada caja fue de 0.48 x 0.48 x 1.22 m, con una abertura en la parte inferior de 0.28 X 0.48 m, que funcionaba como la entrada al refugio (Figura 18). El interior de cada refugio fue pintado de color negro con una mezcla de carbón y agua (usando una esponja). Por último en cada caja se colocó una red de cedazo plástico en el techo, para proporcionar una superficie de agarre para los animales (Kelm *et al.*, 2008).

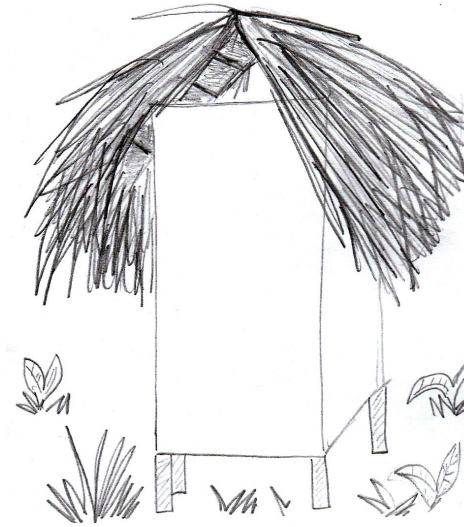


Figura 18. Figura 18. Refugio artificial para murciélagos

Inspecciones de los refugios

Cada mes se revisaban los refugios para ver si los murciélagos la utilizaron. En cada refugio se realizaron varias observaciones directas utilizando un espejo y una linterna con luz roja (esta luz no afecta a los murciélagos en la oscuridad) para contar el número de murciélagos que estuvieran ahí. También se tomaron muestras de humedad y temperatura cada diez minutos en los diez refugios.

Trampas de semillas

Las trampas para coleccionar semillas tenían una superficie de tela de manta 1 m² de área (1 x 1 m). Se ubicaron a una altura aproximada de 70 cm del suelo, se colocaron y revisaron cada mes (Figura 19).

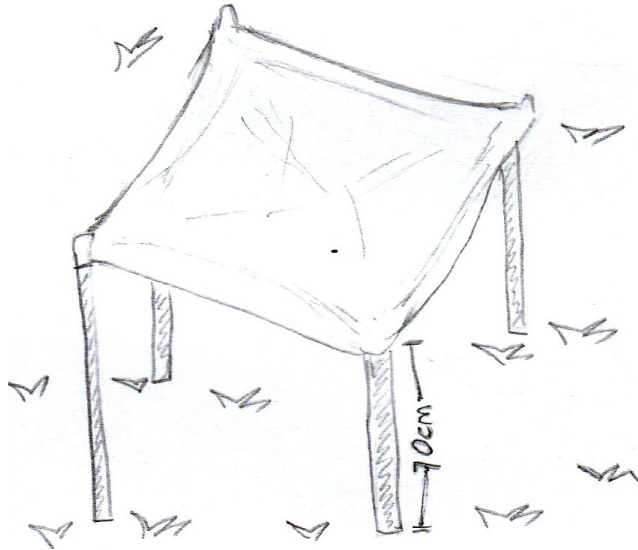


Figura 19. Trampas de semillas.

Disposición de las trampas

Alrededor de los seis refugios (en las tres localidades) se colocaron cuatro trampas de semillas, con lo que se obtuvo un total de 72 trampas para semillas. Se colocaron de la siguiente forma:

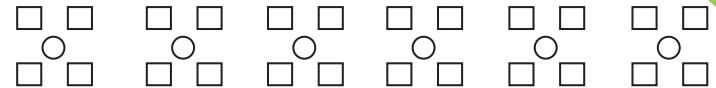


Figura 20. Diagrama que explica la forma en que se colocaron los refugios artificiales y sus respectivas cuatro trampas para semillas, en una localidad (4 trampas x 6 Refugios x 3 Localidades = 72 trampas para semillas).

□ Trampas de semillas

○ Refugios

Simultáneamente, se colocaron otras 72 trampas de semillas en tres localidades donde no se instalaron refugios y así medir la lluvia de semillas en un lugar similar a donde sí habían refugios (Figura 21).

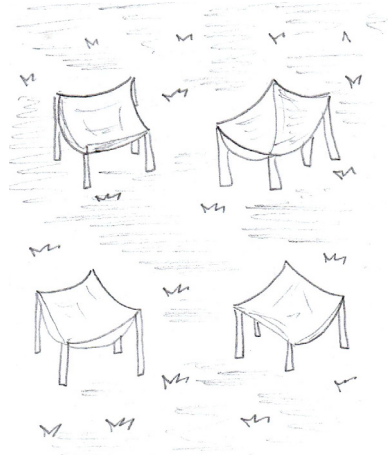
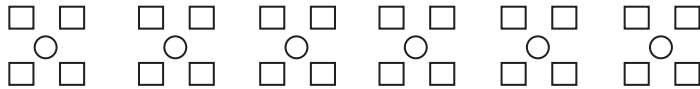


Figura 21. Diagrama que explica la forma en la que se colocaron las trampas para semillas en una localidad donde no se colocaron refugios artificiales (4 trampas x 6 Refugios x 3 Localidades = 72 trampas para semillas).

□ Trampas de semillas

Al sumar las trampas que se colocaron en las seis localidades (con o sin refugios) se obtiene un total de 144 m² de trampas para semillas. Las trampas para coleccionar semillas se revisaron cada mes durante tres días seguidos (de julio del año 2014 a abril del año 2015). Las heces de los murciélagos se recogían con ayuda de una lupa y de pinzas y se guardaban en sobres de papel de cera para ser determinadas luego.

Todas las semillas encontradas en las trampas fueron revisadas para identificarlas con ayuda de expertos y de una biblioteca fotográfica de muestras de semillas coleccionadas antes en la Ecorregión Lachuá (Cajas et al., 2005).

Captación de Carbono

Cantidad de CO₂ que se captó en diferentes etapas de la cobertura vegetal

Para poder estimar la captura de carbono se tomaron muestras de las plantas de diferentes etapas de sucesión de la vegetación presente en la Eco-Región Lachuá. Las clases vegetales que se tomaron en cuenta

fueron Guamil I, Guamil II, Guamil III y Bosque maduro. En cada una de las clases de vegetación se diseñó un tipo de parcela grande o terreno Whittaker. La parcela o terreno Whittaker consiste de un terreno de 0.1 ha que mide 20 x 50m dentro del cual hay 7 parcelas más

pequeñas o subterrenos de diferentes tamaños, de los cuales se tomaron datos de diferentes tipos de vegetación asegurándose que toda la parcela estuviera cubierta de alguna de las clases vegetales.

Parcelas Whittaker

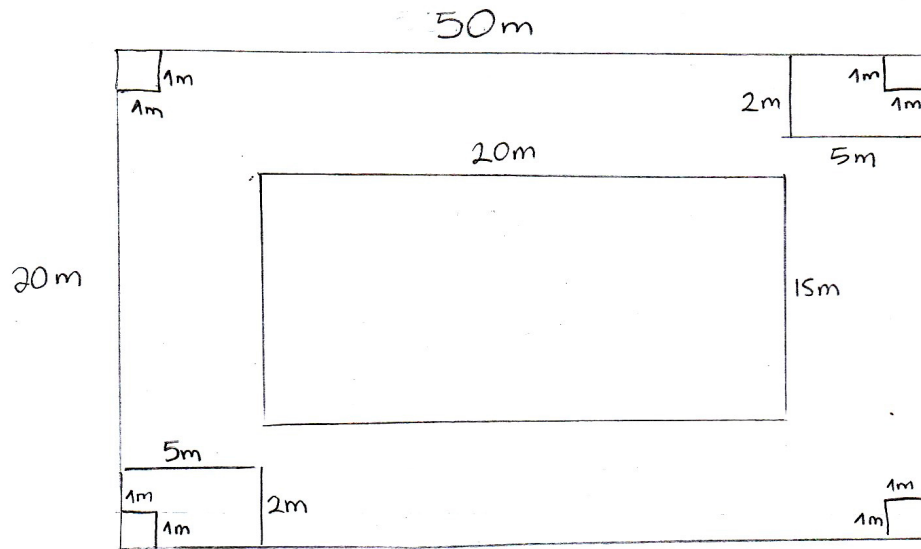


Figura 22. Parcela de Whittaker modificada para la medición de fijación de carbono en estadios de la regeneración de la vegetación en Eco-Región Lachuá.

La toma de muestras para medir el contenido de CO₂ (estimación del contenido de CO₂) en la materia orgánica se realizó de tres formas diferentes (Figura 23):

1. En la materia vegetal sobre el suelo en las clases vegetales Guamil I, Guamil II, Guamil III. En cinco subparcelas (de los cuatro extremos y la del centro) se cortó toda la vegetación y se separó en un plástico extendido para no confundirla con la hojarasca. Luego se trituró para formar una sola masa vegetal que se pesó con una balanza manual. Se tomó un kilogramo de materia vegetal y se guardó en una bolsa plástica donde se anotaron los datos del día que se recogió, la clase vegetal a la que pertenecía, quienes la colectaron y, la ubicación de la parcela. Cada kg de materia vegetal fue analizada para determinar el porcentaje de carbono.
2. En la materia vegetal sobre el suelo en la clase vegetal Bosque maduro.

En esta clase vegetal se implementaron las subparcelas del diseño Wittaker donde se estimó la biomasa de los árboles presentes. Para esto, se midió el diámetro a la altura del pecho de cada árbol (DAP) con una cinta métrica, y se midió la altura con un clinómetro. Cada árbol presente dentro

de la subparcela fue identificado con nombre común y científico. Con estos datos se pudo calcular el peso de cada árbol. Así mismo en cada árbol se cortó una rama de un metro de largo, se cortó en pedazos y se tomó 1kg. A la masa obtenida se le calculó el porcentaje de carbono en el kg. Finalmente, se sumaron todos los árboles de las subparcelas dentro de la más grande y todo el procedimiento se repitió tres veces (3 réplicas).

3. En la materia vegetal en el suelo de las parcelas de las cuatro clases de cobertura vegetal. De las cinco subparcelas de donde se recogió vegetación para la medición de cantidad de CO₂ en el suelo, se tomó una subparcela al azar, donde se realizó una excavación de 50 centímetros de profundidad por 75 centímetros de ancho. Se delimitaron dos capas u horizontes del suelo donde fueron anotadas las excavaciones y de cada capa se tomaron 200 gramos de tierra y se colocaron en bolsas de papel de 5 libras. Se determinó el porcentaje de carbono en cada capa del suelo y el mismo procedimiento se repitió tres veces (3 réplicas).

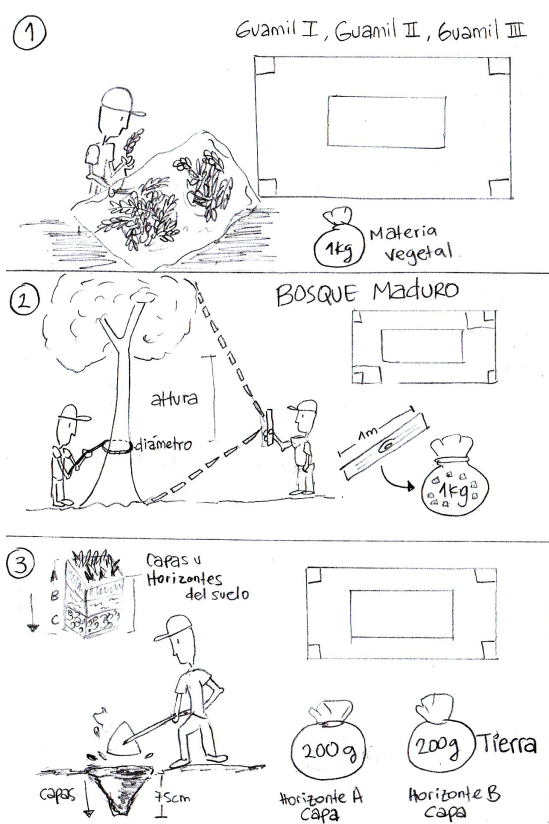


Figura 23. Diagrama que explica la toma de muestras para medir el contenido de CO₂. 1) En la materia vegetal sobre el suelo en las clases vegetales Guamil I, Guamil II, Guamil III. 2) En la materia vegetal sobre el suelo en la clase vegetal Bosque maduro. 3) En la materia vegetal en el suelo de las parcelas de las cuatro clases de cobertura vegetal.

Capacitaciones a la población humana dentro de la Ecorregión Lachuá.

Para sensibilizar a la población acerca de la importancia de los murciélagos se realizaron cuatro talleres y una capacitación, los cuales fueron dados en español y en Q'eqchí. Esto fue realizado con la ayuda de Benjamín Caal, Coordinador del Programa de Educación Ambiental del Parque Nacional Laguna Lachuá. Para estas actividades se utilizó material de enseñanza, como presentaciones audiovisuales y carteles ilustrativos con los siguientes temas: a) generalidades de los murciélagos, sus hábitos alimenticios, hábitos; b) fragmentación del bosque en Lachuá; c) murciélagos frugívoros y dispersión de semillas y; d) rol de los murciélagos en la regeneración natural del bosque.

Una vez cubiertos estos temas se habló sobre el proyecto y el porqué de utilizar los refugios artificiales en parcelas abandonadas y los resultados que esperaríamos.

Por otro lado el taller de capacitación fue realizado para los guardarecursos, técnicos y personal del Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL), el cual fue dividido en dos partes: 1) Restauración ecológica y 2) Cambio climático. Se trataron los siguientes temas: a) Murciélagos, su rol como dispersores y regeneradores naturales de los bosques; b) Restauración Ecológica; c) Cambio Climático.

Técnica estadística e instrumentos

Tasa de deposición de semillas

Para analizar la deposición de semillas en el tiempo se utilizó estadística descriptiva la cual fue expresada de la siguiente manera:

Número de especies de semillas encontradas en las trampas ÷ número de trampas x el número de horas que las trampas permanecieron activas.

Potencial de restauración

El potencial de restauración se calculó como: tasa de deposición de semillas en sitios con refugios tasa de deposición de semillas en lugares con las mismas condiciones donde no haya refugios.

Potencial de captación de carbono

A partir de las muestras de vegetación y suelo se midió la cantidad de carbono presente para analizar el potencial de captación de carbono. Con los datos obtenidos se calcularon algunas medidas de variación (media, desviación estándar y varianza) de captura de carbón por hectárea para cada una de las clases

vegetales. Estos datos fueron utilizados para graficar el carbono fijado en el suelo y en la vegetación. El carbono sobre el suelo y en las dos capas de suelo se unió en un solo dato (kg/Ha) para cada una de las clases vegetales y con estos datos se estimó la fijación de carbono en la Eco-Región Lachuá. A partir de los datos de fijación de carbono total en cada clase vegetal, se calculó la tasa de acumulación de carbono por clase vegetal. Al haber observado un crecimiento lineal en los primeros 10 años, se calculó la tasa de acumulación de carbono por clase vegetal, en esos primeros diez años, y se volvió a calcular entre los 10-13 años y mayor de 13 años.

CAPÍTULO VI

Resultados y Discusión

Lluvia de semillas

En la lluvia de semillas generada por murciélagos se colectaron 1745 semillas durante nueve meses obteniendo el mayor número de semillas de la familia de plantas Solanaceae (647), seguida por Piperaceae (464) y Cecropiaceae (392) (Cuadro 2). Predominaron géneros de plantas pioneras como:

Solanum spp., *Piper* spp. y *Cecropia* spp.

Estos géneros se caracterizan por ser plantas que tienen semillas pequeñas, con una producción muy abundante y una dispersión a gran distancia y son familias de plantas importantes que usualmente son utilizadas como alimento por los murciélagos frugívoros.

Cuadro 2. Abundancia absoluta de las semillas colectadas en la Ecorregión Lachúa

Familia/Especie	Abundancia
Cecropiaceae	
<i>Cecropia</i> sp.	392
Hypericaceae	
<i>Vismia camparaguay</i>	7
Melastomataceae	
Melastomataceae sp. 1	77
Moraceae	
<i>Ficus</i> sp.	26
Piperaceae	
<i>Piper auritum</i>	373
<i>Piper</i> sp. 2	1
<i>Piper</i> sp. 3	88
<i>Piper</i> sp. 4	2
Solanaceae	
<i>Solanum</i> sp.	647
INDETERMINADAS	132
TOTAL	1745

¹Familia de plantas, algunas venenosas, incluye berenjena, chile pimiento, papa, tabaco y tomate, entre otras.

²Familia de plantas con flor, enredaderas leñosas tropicales y plantas herbáceas que tienen aroma.

³Familia de árboles o arbustos, generalmente con látex lechoso, hojas grandes y flores pequeñas. Entre estas se encuentra el Guarumo.

El número o tasa de deposición de semillas fue mayor en los meses de estación lluviosa (entre los meses de julio y diciembre) y disminuyó en la estación seca. Sin embargo, en el mes de febrero no disminuyó la deposición de semillas porque se obtuvo un alto número de semillas colectadas de la especie *Piper auritum* (posiblemente porque se encuentra más esta especie en estos meses). En Lachuá la época lluviosa es todo el año pero entre los meses de julio a noviembre o diciembre llueve más, esto indica que el mayor número de semillas y hallazgos (muestras de heces) se dieron posiblemente porque hubo mucha cantidad de frutos en Lachuá. También se observó que la cantidad de semillas de las especies más frecuentes varió a lo largo del período de estudio. En los meses de lluvia se encontró mayor cantidad de semillas siendo *Solanum* spp. las más frecuentes encontrándose en mayor cantidad en el mes de noviembre, y las de *Cecropia*

spp. en septiembre. Las semillas de *Piper* spp. fueron las más frecuentes en época seca mostraron el mayor número a finales del mes de febrero y principios de marzo (Figura 24).

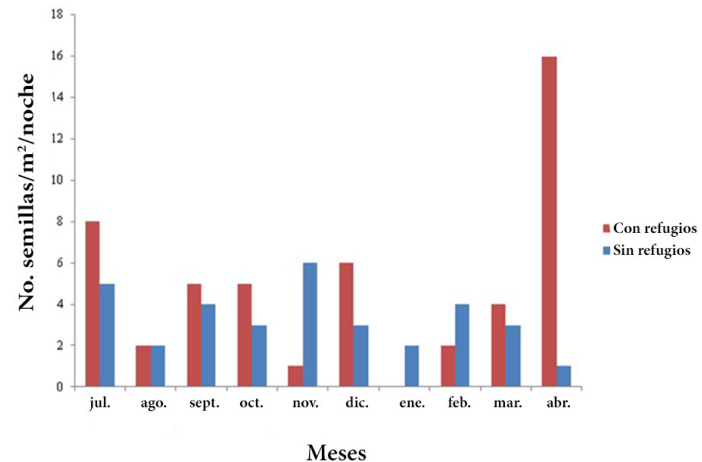


Figura 24. Variación mensual de la riqueza de especies de semillas (no. especies/144 m² en tres noches), en localidades con y sin refugios
Fuente: FODECYT 13-2013

En las localidades con o sin refugios artificiales la cantidad de semillas varió a lo largo del estudio. En donde no se colocaron los refugios artificiales para atraer a murciélagos frugívoros, la cantidad de semillas fue mayor en cinco de los nueve meses trabajados, siendo noviembre el mes donde se capturaron más semillas (Figura 25). En las localidades donde sí se colocó refugios artificiales el número de especies de semillas fue mayor en seis

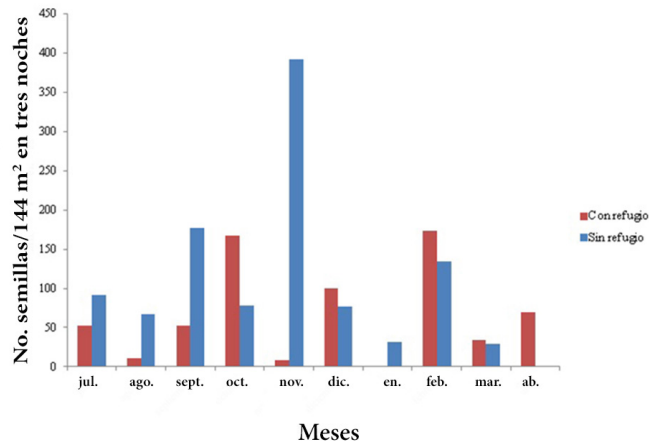


Figura 25. Variación mensual de la abundancia de semillas (no. semillas/144 m² en tres noches), en localidades con y sin refugios Fuente: FODECYT 13-2013

meses, siendo abril el mes donde se registraron más especies de semillas. La tasa de deposición de semillas en localidades con refugio, fue mayor en la localidad 2, habiendo encontrado 3.2 semillas por metro cuadrado por noche; seguida por la localidad 1 encontrado 2.7 semillas por metro cuadrado por noche (Figura 26). En las localidades sin refugios, la cantidad de lluvia de semillas fue mayor en la localidad 1 y 2, encontrando 1.7 y 2,3 semillas por metro cuadrado por noche respectivamente (Figura 27).

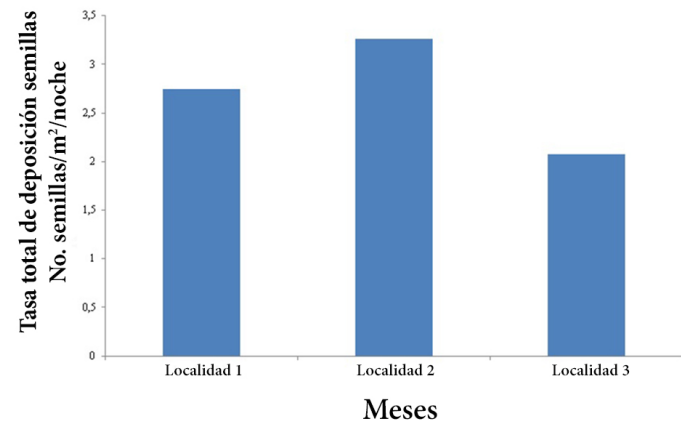


Figura 26. Tasa total de deposición de semillas en las tres localidades Fuente: FODECYT 13-2013

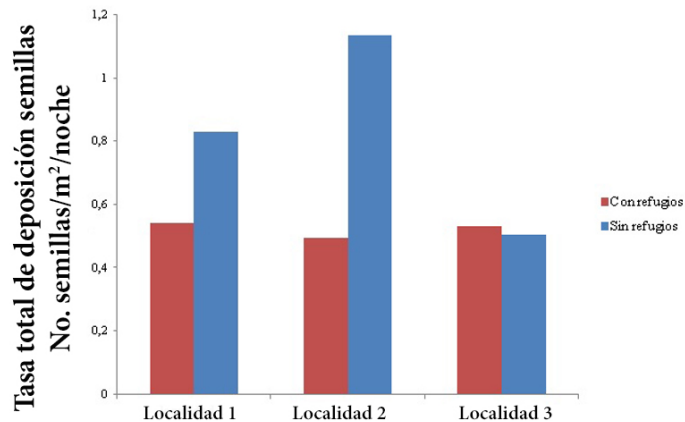


Figura 27. Tasa de deposición de semillas en las tres localidad (con y sin refugio)
Fuente: FODECYT 13-2013

Por otro lado, la tasa de lluvia de semillas varió a lo largo del estudio con valores de 0.07 semillas cada metro cuadrado por noche y 0.93 semillas cada metro cuadrado por noche, correspondientes a los meses de enero y noviembre respectivamente (Figura 28). El número de hallazgos de semillas fue mayor en septiembre, seguido de noviembre y julio. Un hallazgo es una muestra de heces (encontrada en las trampas para semillas) con un número variable de semillas (Figura 29). El número de especies de semillas dispersadas por murciélagos fue mayor durante seis meses

en lugares que tenían refugios artificiales. Esto pudo haber sido porque los refugios artificiales atrajeron a los murciélagos. Se observó que los murciélagos salen del bosque y contribuyen así con la lluvia de semillas a los lugares abiertos y que no tienen muchos obstáculos como los Guamiles (que presenta herbáceas y arbustos entre 0.1 y 3 metros) y que también mejoran la sucesión de lugares con perturbación o que se encuentran en regeneración.

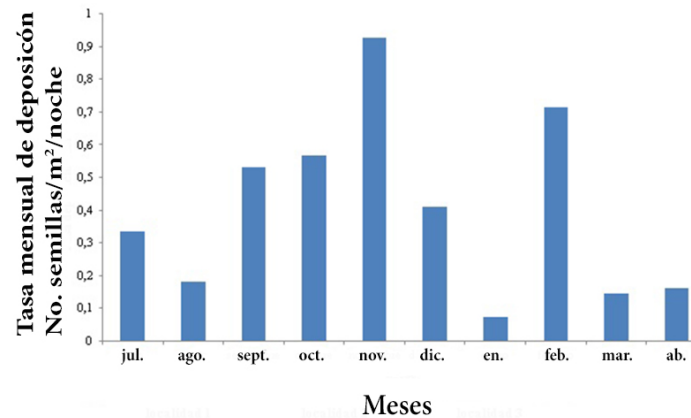


Figura 28. Tasa de deposición mensual de semillas colectadas por mes en las trampas de semillas (no. semillas/144 m² en tres noches, en cada mes)
Fuente: FODECYT 13-2013

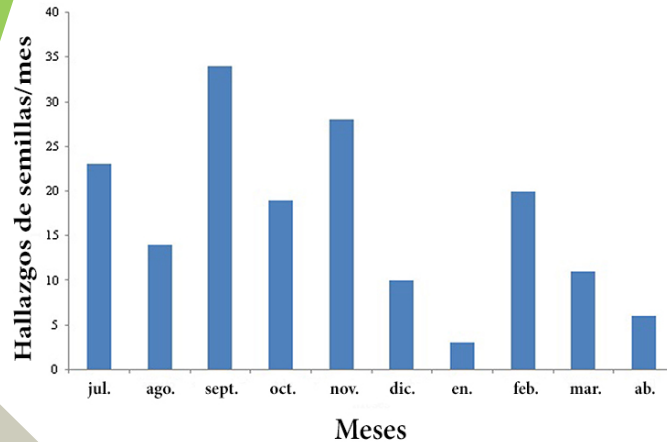


Figura 29. Total de hallazgos (composición) encontrados por mes en las trampas de semillas (no. hallazgos/144 m² en tres noches, en cada mes)
Fuente: FODECYT 13-2013

En general, el que haya mayor cantidad de deposición de semillas en las localidades sin refugio probablemente es debido a que estos lugares estaban desprovistos de vegetación en los alrededores, permitiendo que los murciélagos no gastaran mucha energía al no tener que esquivar obstáculos. El que la cantidad de semillas variara a lo largo del estudio, posiblemente se debe a que los murciélagos pueden volar en sitios relativamente pequeños y sin obstáculos, defecando en pleno vuelo y dispersando las semillas.

También hay que tomar en cuenta que cuando el murciélago vuela atravesando un lugar con muchos obstáculos (ej. bosques) tiene que gastar más energía tratando de no ser comido. Mientras que si vuela por un lugar sin obstáculos (ej. Guamil I) no utilizan mucha energía pero pueden ser fácilmente comidos. Es por eso que la cantidad de semillas dispersadas varía dependiendo de la decisión que tome el murciélago cuando se enfrente a transformaciones del paisaje muy desiguales entre el bosque y zonas abiertas (Estrada-Villegas 2007). Posiblemente las distancias que atravesaron los murciélagos en estas localidades se encuentren dentro de su rango normal de vuelo. La distancia de forrajeo de los murciélagos depende mucho de la época del año y las condiciones del hábitat, de lo distanciado en que se encuentran los parches de bosques y la distribución de los árboles con frutos maduros (Morrison, 1978). Por ejemplo, la distancia de forrajeo durante una noche de *Carollia perspicillata* varía entre 6.4 a 13.2 kilómetros (Fleming y Heithaus, 1981; Fleming, 1988), y la de *Artibeus jamaicensis* entre 1 a 8 km Morrison, 1978).

Refugios Artificiales

El hallazgo de restos de frutos comidos o heces en las paredes de los refugios fue considerado evidencia de

que los murciélagos habían utilizado los refugios y se consideró como "uso". Mientras que si los murciélagos se encontraban descansando dentro del refugio artificial durante el día se consideraría como "colonización". Además, con el fin de evaluar la ocupación o colonización de los refugios por murciélagos se hicieron mediciones de temperatura y humedad dentro de uno de los refugios artificiales (durante el mes de noviembre).

En este estudio se observó que los refugios artificiales no fueron utilizados para descansar durante el día pero sí fueron "usados" durante la noche para alimentarse. En uno de ellos había un fruto mordido de *Solanum* sp. y en el otro se encontró uno de *Ficus* spp., pues habían partes del fruto que comieron. Durante los nueve meses de observaciones no se registró ningún refugio colonizado por murciélagos. Además se obtuvo que la medición de la temperatura en los refugios fue de 40.7°C, con humedad mínima de 48.1%.

Registrando una temperatura promedio máxima de 31.7°C y mínima de 20.8°C.

Colonización de refugios artificiales

La ausencia de colonización de los refugios artificiales como sitios de descanso diurno pudo ser debido a varios factores:

- 1) Tiempo de colocación de los refugios. Es posible que si los refugios hubieran estado por más tiempo colocados, los murciélagos hubieran llegado más seguidos y hubieran contribuido con la dispersión de semillas en lugares perturbados. Este tipo de comportamiento en el cual sólo se alimentaron en el refugio también se dio en otro estudio realizado en Costa Rica. Esto pudo haberse dado porque los murciélagos no se sintieron seguros en los refugios, con clima poco adecuado para ellos, que no lo detectaron como refugio por el diseño o por falta de alimentación.
- 2) Cantidad de refugios colocados. Es posible que por falta de un número mayor de refugios artificiales colocados, los murciélagos no hayan llegado. En otros trabajos realizados en Costa Rica, colocaron 30 refugios en pastizales degradados y otros 18 en fragmentos de bosque, mientras que en otro estudio se colocaron 45 refugios: 22 en bosque continuo y 23 en fragmentos. La Eco-región Lachuá aún tiene refugios naturales para murciélagos frugívoros, por lo que se cree que prefieren estos naturales a otros. Se ha encontrado que sus refugios siempre están dentro de fragmentos de bosque maduro, aunque puedan volar sobre paisajes fragmentados. Se recomienda hacer los refugios más cortos para facilitar la entrada de los murciélagos, así como

colocar aceites con un olor atractivo para ellos, como de frutos. También se sugiere aumentar el número de refugios y el tiempo que estén colocados.

- 3) Microclima dentro de los refugios. El microclima dentro de los refugios puede no haber sido el indicado. El microclima es un factor determinante para el uso de refugios en los murciélagos (Boyles, 2007). Los murciélagos dependen mucho de su alimentación para poder regular su temperatura del cuerpo. Algunos más grandes físicamente pueden regular mejor su temperatura corporal y los pequeños no. Esto explica que la temperatura en sus refugios puede ser muy importante para elegir a cuál meterse y si usarlos o no.

Modelo de Potencial de Captación de Dióxido de Carbono de un Bosque en Regeneración

Fijación de Carbono en la regeneración de la vegetación en Eco-Región Lachuá

La regeneración natural de los bosques brinda una fijación de carbono todo el tiempo por su crecimiento regular de masa vegetal. Para la Eco-Región Lachuá

esto se evidencia al observar un incremento en la fijación de carbono en la vegetación a la vez que aumenta la edad o estadio vegetal. La fijación de carbono promedio estuvo entre 2, 906 kilogramos por hectárea (kg/Ha) en el Guamil 1 (de 2 años) hasta 1, 353, 533 kilogramos por hectárea (kg/Ha) en el bosque (mayor a 15 años).

El porcentaje de carbono presente en un kilogramo de vegetación por cada clase vegetal no cambió mucho a lo largo de la sucesión vegetal (aproximadamente 36% de carbono en un kilogramo de vegetación para Guamil 1 y Bosque). En la Eco-Región Lachuá, por su paisaje heterogéneo de bosque, cultivos, potreros y guamiles, la captación de carbono, al parecer, depende totalmente de la cantidad de biomasa y no de la vegetación presente que fija el carbono. La biomasa promedio estuvo desde 18,400 kilogramos por hectárea (kg/ha) en Guamil 1 hasta 9, 055,694 kilogramos por hectárea (kg/ha) en el Bosque, encontrando que la cantidad de carbono aumenta a lo largo de la regeneración natural. Estos datos concuerdan con otros estudios realizados previamente en donde muestran que el carbono fijado sobre el suelo estaba relacionado con la edad de regeneración de la vegetación aumentando de un sitio joven a uno más viejo. Además, estos autores encontraron que la mayoría de carbono fijado sobre el suelo en los primeros estadios de regeneración natural

estaba concentrada en la biomasa de la superficie combinada con la biomasa de los arbustos, lianas y árboles delgados (menores de 10 cm de DAP).

Por su lado, el bosque presenta una disminución en la presencia de carbono.

Hubo variedad en el carbono que se fija en la vegetación de acuerdo a la medición por estadio vegetal, la variedad es mayor en la clase vegetal bosque. La captura de carbono se midió en Guamil I: (2 años); Guamil II: (3años); Guamil III: (5 años); Bosque: (15 años), en 1 hectárea (10,000 m²). La regeneración natural se tomó como tiempo en años que toma a la vegetación crecer, siendo esta: Guamil I: (0 a 2 años); Guamil II: (2-5años); Guamil III: (5-10 años); Bosque: más de 15 años.

Los murciélagos son dispersores de semillas de especies que se encuentran comúnmente en los Guamiles I y II (entre 0 y 5 años) como solanáceas, piperáceas y guarumos. Los Guamiles II y III pasan por más años antes de entrar al siguiente estadio vegetal (2 a 4 años) y el Guamil III (entre 5 a 10 años). Los guamiles II y III que tienen más plantas que sus semillas son dispersadas por murciélagos, están más tiempo captando y fijando carbono y acumulan mayores cantidades de carbono

sobre el suelo. Los murciélagos también dispersan semillas en el bosque, siendo estas diferentes especies de las mismas familias dispersadas en sitios perturbados. La dispersión de semillas por murciélagos en los bosques es menor, ya que la abundancia de dichas plantas (y sus frutos consecuentemente) es menor debido a que hay desplazamiento por la vegetación dominante, como árboles grandes característicos de bosque (caobas, rosul, 7 camisas). Sin embargo, sigue habiendo dispersión de semillas por murciélagos en los bosques, que en su crecimiento aporta un % de fijación de carbono a la captación de carbono total en el bosque liderada por grandes árboles (mayores de 10 cm DAP).

En comparación con otros estudios, se observa que la Eco-Región Lachuá presenta una mayor biomasa sobre el suelo y por tanto, una mayor fijación de carbono a lo largo de la regeneración vegetal. Esto se debe a que, durante los primeros 20 años de regeneración natural, los bosques en zonas húmedas, como la Eco-Región Lachuá, tienen periodos de tiempo más rápidos de acumulación de carbono, seguida de los bosques secos y sub-húmedos. El estudio en el que se basó el cálculo de acumulación de biomasa tomaba en cuenta intervalos de años más grande (con esto se sabe mejor la edad exacta de la sucesión vegetal y la acumulación de biomasa a lo largo de la sucesión vegetal). Para el presente estudio el intervalo de tiempo

es muy corto, por lo que la biomasa que se midió es una combinación de diferentes años de regeneración. Además se encontró que en los guamiles de la Eco-Región Lachuá, había potreros. En otros estudios se estimó que el bosque secundario que crece en lugares que habían sido previamente degradados por pastoreo o por presencia de potreros acumula biomasa y carbono en mejores cantidades. Esto puede indicar que los valores altos de acumulación de biomasa y carbono en la Eco-Región Lachuá, pueden sólo ser de bosques en regeneración cuyo uso del suelo de antes sean otros que no sean potreros.

En muchos bosques tropicales secundarios hay fuerte evidencia que la acumulación de biomasa por encima del suelo esta inversamente relacionada a la duración y tipo del uso del suelo anterior al abandono y comienzo de la regeneración natural. Se observó en otros estudios que los bosques secundarios que van saliendo de cultivos abandonados acumulan mayores tasas de biomasa y carbono, en comparación a bosques secundarios que salen de un uso de pastoreo. Si hay poca diversidad de plantas en las primeras etapas de la sucesión natural, incrementa la susceptibilidad a plagas o incendios. Las plantaciones de especies nativas son beneficiosas para esta regeneración debido a que mantienen luz, temperatura y humedad que permite la germinación y crecimiento de semillas.

Fijación de carbono en suelo

A pesar que aún no es clara la distribución de carbono que se acumula en el suelo y plantas, se sabe que el carbono se acumula más rápido sobre el suelo que por abajo (Silver et al., 2000). A lo largo de la regeneración natural en la Eco-Región Lachuá la acumulación de carbono en el suelo para los horizontes 1 y 2 es poca, lo que significa que el suelo tiene potencial para almacenar carbono a largo plazo. En otros estudios también encontraron que el carbono en el suelo muestra pocas diferencias entre las diferentes edades del bosque en regeneración y estas no son consistentes con el tipo o tiempo de uso del suelo anterior al abandono. Además, el total de carbono a un metro de profundidad varía a lo largo del tiempo encontrándose que para el presente estudio en la Eco-Región Lachuá las concentraciones de carbono en los primeros 30 cm del suelo varían de 3 a 6%.

En cuanto al carbono presente en el suelo, se encontró que el horizonte 1 tiene mayores concentraciones de carbono almacenado que el horizonte 2, ya que en el horizonte 1 se concentra la mayoría de materia en descomposición (humus) y este disminuye conforme la profundidad. En general se observa para el horizonte 1 que la cantidad de carbono

aumenta cuando aumenta la regeneración natural. Para el horizonte 2, la regeneración es similar en las primeras tres etapas de sucesión vegetal. Por su lado, el bosque presenta menor presencia de carbono y al igual que lo encontrado para la vegetación, la clase Bosque muestra una mayor variación para el horizonte 1. También se observa en el Horizonte 1 para la clase vegetal Bosque, un dato atípico (%15.62 C), lo cual se puede explicar debido a que este bosque es uno de los que no ha tenido ningún cambio por un aproximado de 80 años.

Se muestra el porcentaje de carbono en relación a la materia orgánica por cada uno de los estratos vegetales estudiados, siendo: a) horizonte 1 con una profundidad media de 8 centímetros para Guamil 1, 16 centímetros para Guamil 2, 11 centímetros para Guamil III y 12 centímetros para Bosque; b) horizonte 2 con una profundidad media de 17 centímetros para Guamil 1, 18 centímetros para Guamil 2, 22 centímetros para Guamil 3 y 19 centímetros para Bosque.

La composición y estructura del bosque, la historia de uso de suelo y clima son los factores que afectan la tasa de acumulación de carbono (Silver et al., 2000). Los cambios que ha sufrido ha sido por las talas ilegales que ocurren en los bordes del Parque, por lo tanto, se considera que ese dato raro se dio porque es de un

bosque que ha pasado mucho tiempo en el mismo estado sin ser alterado, almacenando grandes cantidades de carbono. En otros sitios donde se realizaron las repeticiones (las 3 réplicas), la réplica 1 de Bosque, si tuvo intervención e incluso tala. La réplica 2 de Bosque se ubica a orillas del Parque, por lo que también sufrió de tala por comunidades cercanas. La deforestación por tala provoca pérdida de carbono en el suelo debido a que al momento que se corta un árbol, las tasas de erosión o entrada de especies se reduce o hay diferencia en la calidad de las herbáceas contra el manto leñoso que entran.

Previamente un autor (Monzón, 1999) determinó los tipos de suelo de la Eco-Región Lachuá, para qué se utilizan y determinó que son bastante sensibles a la erosión. En este estudio se observa que en los bosques de réplica 1 y 2 son jóvenes (aproximadamente entre 15 y 27 años) con perturbaciones de alguna población, por lo que la concentración y el almacenamiento de carbono son menores. Si un lugar tiene poco almacenamiento de carbono, no se nota mucho en el suelo, la forma en la que se utilizó antes el suelo no afecta los primeros 20 años de regeneración pero sí son importantes en los siguientes 80 años de crecimiento.

El almacenamiento de carbono en el horizonte 1 aumenta si hay regeneración natural pero en el horizonte 2, hay menos almacenamiento en el bosque. En otros estudios previos se ha encontrado que en el suelo el carbono se acumula por 1, 320 kilogramos por hectárea por un año durante los primeros 20 años. En la Eco-Región Lachuá se muestra una baja en la tasa de acumulación en el suelo, lo cual es similar a otro estudio en el cual se muestra que en los bosques húmedos acumulan menor carbono en el suelo (5100 kilogramos por hectárea) en comparación con los secos.

En cuanto al carbono total (vegetación + suelo) a lo largo de la regeneración natural en la Eco-Región Lachuá, los resultados oscilaron desde 3, 485, 219 kilogramos por hectárea (kg/ha) en el Guamil I hasta 8, 180, 603 kilogramos por hectárea (kg/ha) en el Bosque. En todas las clases vegetales en el carbono total (suelo y vegetación) el suelo aportó la mayor cantidad de carbono. Para todas las clases vegetales, el carbono total (vegetación + suelo) el suelo aportó la mayor cantidad de carbono. Posiblemente si se toma en cuenta toda la vegetación sobre el suelo (incluyendo árboles más viejos, palmas, lianas y plantas aéreas o epífitas) se observaría que el carbono sobre el suelo aporta más al valor total de carbono almacenado en la clase vegetal Bosque.

Fijación y acumulación de carbono en la Eco-Región Lachuá

La importancia del carbono en el suelo se manifiesta al conocer que los suelos contienen más carbono que la suma existente de carbono en la vegetación y en la atmósfera (Swift, 2001), por eso es tan importante, el carbono orgánico del suelo es importante en el ciclo del carbono. En este estudio se observó la capacidad de fijación y de almacenamiento de carbono en la regeneración natural en la Eco-Región Lachuá, también se observó que el carbono en el suelo aporta más de un 70% al carbono total. Se ha encontrado que el carbono en el suelo aporta más cantidad al carbono total en el área.

En estudios previos se encontró que el conjunto de carbono sobre el suelo y debajo del suelo estuvo entre 156, 000 hasta 331, 000 kilogramos por hectárea, aportando estos entre el 58 y 91% del total. Además el carbono total en el suelo es importante porque forma parte de los ciclos naturales del ecosistema y en mantenimiento en producción primaria neta (la cantidad de producción vegetal que se produce). La materia orgánica del suelo, de la cual la mitad es carbono, es una fuente de nutrientes y agua para plantas, además de un sitio para retener agua. Los bosques húmedos y subhúmedos tropicales tienen

mayores cantidades de carbono en suelo por área que en los bosques secos tropicales por la misma Productividad Primaria Neta (NPP) (Brown y Lugo 1982). Estos bosques tropicales húmedos como la Eco-Región Lachuá son capaces de alcanzar niveles de acumulación de biomasa y carbono de por lo menos un 90% de los bosques primarios en poco tiempo en comparación a otros bosques en regeneración.

La Eco-Región Lachuá tiene una extensión de 535.23 km², a la cual pertenecen bosques, bosques con cardamomo, guamiles y potreros. Investigadores para

el monitoreo de la dinámica de la vegetación para la Eco-Región Lachuá reportaron para el año 2003 un 31.01% de cobertura por Guamil (Incluye Guamil I, II y III, potrero con Guamil) y un 50.09 % de Bosque (incluye Bosque maduro, Bosque y Bosque con cardamomo) (Garnica, 2007). Por otro lado, se observó que durante los primeros diez años la acumulación de carbono anual en la vegetación seguía un modelo lineal, es decir que el carbono va aumentando anualmente. Así, se obtuvo el cuadro siguiente para observar los valores de carbono total en guamiles y en bosque, los cuales se dan en kilogramos por hectárea. (Cuadro 1).

Cuadro 3. Almacenamiento de carbono (kg/ha) en cada una de las clases vegetales de la Eco-Región Lachuá (Avila, 2004) en la regeneración natural.

	Guamil I	Guamil II	Guamil III	Bosque
Vegetación	2,906.667	9,993.333	22,946.667	1,353,533.333
Suelo Horizonte I	5,651,426	10,020,160	12,460,759	18,704,888
Suelo Horizonte II	4,801,324	5,297,052	11,626,560	4,483,387
TOTAL	10,455,656	15,327,206	24,110,266	24,541,808
Tasa anual vegetación	1,224	3,830	25,214	228,061

Fuente: FODECYT 13-2013

Los bosques tropicales también tienen altas tasas de producción primaria sobre el suelo y almacenan gran cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo. Para este estudio no se tomó en cuenta árboles delgados y más jóvenes, lianas, plantas aéreas (epífitas) y arbustos; y de acuerdo con otros estudios, varios de estos tienen mayor captación de carbono. Aún así, la fijación y almacenamiento de carbono en la Eco-Región Lachuá fue mayor de lo esperado, lo cual también puede deberse a que en el bosque, el carbono sobre el suelo no siempre se toma en cuenta, pero ese mismo compensa el carbono que no se calculó y que tienen un valor similar al valor del Guamil III.

La Eco-Región Lachuá tiene gran potencial de almacenamiento de carbono en la regeneración natural (desde 2, 485, 219 kilogramos por hectárea hasta 8, 180, 603 kilogramos por hectárea), siendo más que en otros bosques tropicales cercanos. Todo esto se debe a que hay muchos procesos que se dan durante la regeneración natural. Por eso se sugiere aumentar la cantidad de carbono teniendo una mayor biomasa, que puede hacerse con grandes extensiones de monocultivos, también un enfoque de conservación implica que debe promoverse los procesos naturales para que la regeneración natural ayude a llegar a altas tasas de acumulación de biomasa y carbono

como la de los bosques primarios que no han sido perturbados.

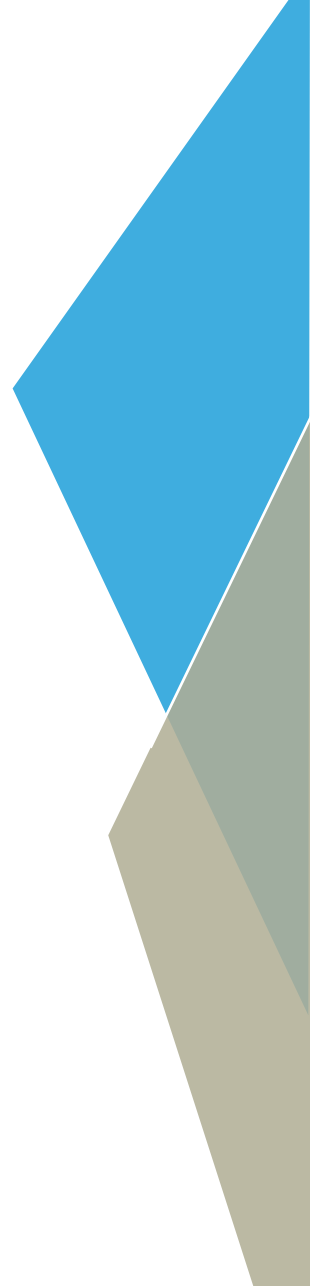
Sensibilización de actores clave dentro de la Ecorregión Lachuá y población en general

Los talleres de sensibilización se realizaron en las comunidades de San Benito I, San Marcos, Las Tortugas y Santa Lucía Lachuá y se les presentó la información general sobre el proyecto e importancia ecológica de los murciélagos frugívoros en la restauración natural de bosques y el papel que tienen en la dispersión de semillas y cómo esto sirve para el manejo de áreas silvestres protegidas. El taller sobre restauración ecológica y cambio climático contó con la participación de 21 guarda-recursos del Parque Nacional Laguna Lachuá.

Así mismo, se realizaron documentos de enseñanza como Folleto de Actividades para Colorear: Artiberto y sus amigos y Manual para Maestros (para que sepan utilizar el libro de actividades). El folleto se realizó para educar a los niños sobre lo que hacen los murciélagos en los ecosistemas y cómo son importantes para las personas y que no crean que son dañinos, y así, se puede enseñar lo importantes que son estos mamíferos voladores. También se quiere crear un folleto para

enseñar sobre las generalidades de los murciélagos y sobre su importancia, para los ecosistemas y para las personas, incluyendo la información que se haya generado en este proyecto.

El proceso de divulgación fue importante para poder enseñar que los murciélagos son animales beneficiosos y no son malos, lo que no todos los comunitarios pensaban. Al haber realizado dichos talleres, se logró tener una mejor aceptación para la instalación de refugios y así evitar que fueran dañados por actos de vandalismo o por miedo a los murciélagos (Figura 30-35).



CAPÍTULO VII

Conclusiones

- 1) La abundancia de semillas fue mayor en cinco meses en las localidades sin refugios; mientras que la riqueza de especies de semillas fue mayor durante seis meses en las localidades con refugios. En general, la cantidad de lluvia de semillas fue mayor en dos de las localidades sin refugios, posiblemente porque los murciélagos toleraron volar en sitios abiertos (sin obstáculos) pero relativamente pequeños, defecando en pleno vuelo y dispersando las semillas
- 2) A pesar de que los refugios artificiales no fueron colonizados (utilizados como refugios diurnos para descansar), si fueron usados como refugios de alimentación durante la noche, ya que hubo rastros de frutos de los que se alimentaron los murciélagos
- 3) Las temperaturas de los refugios muchas veces sobrepasaron los 24°C, llegando a alcanzar en algunos refugios los 41°C (temperatura máxima durante el día), lo que posiblemente dificultó la colonización (utilización como refugios diurnos para descansar) de los mismos. Los bajos porcentajes de humedad también pudieron haber dificultado la ocupación de los refugios artificiales durante el día.
- 4) La tasa de fijación de carbono aumenta al aumentar la edad o estadio vegetal de la regeneración natural. La Eco-Región Lachuá, por sus altas tasas de acumulación de biomasa y carbono, tiene un importante rol en la mitigación de los efectos del cambio climático por los bosques tropicales.
- 5) El proceso de divulgación del proyecto fue esencial pues al trabajar con murciélagos se hace necesario

crear conciencia sobre su importancia para los ecosistemas y para el ser humano. Se realizaron talleres en varias comunidades de la Eco-región Lachua: San Benito, San Marcos, Las Tortugas, Santa Lucía Lachuá. También se realizó una capacitación para guarda-recursos en el PNLL.

Recomendaciones

- 1) Aumentar el esfuerzo de muestreo, colocando un mayor número de refugios artificiales y colocando un mayor número de trampas para semillas. Las trampas para semillas también pueden ser colocadas por un mayor número de días.
- 2) Probar con otros diseños para los refugios artificiales, posiblemente acortándolos para facilitar la entrada de los murciélagos en la parte de abajo. Utilizar aceites esenciales de frutos preferidos por los murciélagos frugívoros como posibles atrayentes hacia áreas degradadas y a los refugios.
- 3) Colocar los refugios en áreas donde haya menor cantidad de refugios naturales, por lo que la probabilidad de que los murciélagos los ocupen aumentaría.
- 4) Los refugios artificiales como los usados en este proyecto deberían permanecer más tiempo en el área degradada para que sean utilizados para descanso y alimentación nocturnos, y que al mismo tiempo permitan la dispersión de semillas
- 5) Utilizar otros materiales de construcción que eviten que los refugios se sobrecalienten durante el día. Mejorar el sistema de protección del refugio, tratando de que lo aisle mejor del calor y otras condiciones climáticas. Colocar un mayor número de termohigrómetros, para incluir uno por cada refugio.
- 6) Promover la restauración de la vegetación con especies nativas con frutos de plantas pioneras y de bosque maduro.
- 7) Para la medición de secuestro de carbono, aumentar las réplicas del muestreo, tanto en suelo como en vegetación, para mejorar la precisión y poder dilucidar de una mejor manera el comportamiento de la captación de carbono a lo largo de la regeneración natural de la vegetación.
- 8) Incluir al modelo de fijación de carbono, además de las variables de carbono en el suelo como en la vegetación, la variable "historia de uso de suelo previo", para ajustar de mejor manera el

modelo pues la historia de uso puede ser determinante en la acumulación de carbono en el suelo.

- 9) Elaborar proyectos específicos para la evaluación de actitudes en comunidades

que conviven con murciélagos, que incluyan sensibilización en las escuelas para favorecer su conservación, mediante la promoción de su conocimiento con actividades como: talleres, elaboración de materiales de apoyo con información general, además de juegos y manualidades.

- 10) Desarrollar campañas de educación y sensibilización a las comunidades para la disminución del uso de herbicidas y plaguicidas que comprometan la existencia de los murciélagos.



CAPÍTULO VIII

Bibliografía

- Aguilar R, Quesada M, Ashworth L, Herrerías-Diego Y, Lobo J. (2008). Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: susceptible signals in plant traits and methodological approaches. *Molecular Ecology*, 17: 5177-5188.
- Aguilar, D. (2005). Dispersión de semillas en cuatro estados sucesionales de una localidad subandina. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Ávila, C. (2004). Estudio base para el programa de monitoreo de la vegetación en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá. (Tesis de Biología). Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Bawa, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* Vo. 21, (399-422).
- Bizerril, M. X. y Raw, A. (1998). Feeding behavior of bats and the dispersal of *Piper arboreum* seeds in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 14:109-114
- Boyles, J.G., (2007). Describing roosts used by forest bats: the importance of microclimate. *Acta Chiropterologica*, 9: 297–303.
- Brooke, A.P. 1994. Diet of the Fishing Bat, *Noctilio leporinus*. *Journal of Mammalogy*.
- Brown, S., Gillespe, A.J. y Lugo, A.E. (1989). Biomass estimation for tropical forest with applicatios to forest inventory data. *Forest Science* 35(4): 881-902
- Brown, S., Gillespe, A.J. y Lugo, A.E. (1989). Biomass estimation for tropical forest with applicatios to forest inventory data. *Forest Science* 35(4): 881-902

Cajas, J.O., Ávila, R., Grajeda, A.L., Machuca, O. y Benítez. L. 2005. Aves y murciélagos dispersores de semillas en tres etapas sucesionales de la regeneración del bosque en la Ecorregión Lachuá, Alta Verapaz, Guatemala. Proyectos de Investigación, Dirección General de Investigación (DIGI), Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Dey DC, Spetich MA, Weigel DR, Wiegel DR, Johnson PS, Graney DL, Kabrick JM. (2009). A suggested approach for design of oak (*Quercus L.*) regeneration research considering regional differences. *New Forest*, 37: 123-135.

Estrada-Villegas, S., J. Pérez-Torres y Stevenson P. (2007). Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. *Ecotropicos* 20 (1): 1-14.

Fahrig L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515

FAO. (2002) Evaluación de los recursos forestales mundiales Informe Principal, Estudio FAO: Montes No. 140, Roma. Disponible en www.fao.org/forestry/site/fra2000report/sp. Consultado el 15 de febrero 2014.

FAO. (2010). La gestión de los bosques ante el cambio climático. Organización de las Naciones Unidas

para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: www.fao.org/forestry. (FAO, 2010).

Fenton, MB. (1997). Science and the conservation of bats. *Journal of Mammalogy* 78:1-14

Ficha RAMSAR. Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional. (2006). Sitio Eco-región Lachuá. Editado por el Programa de Investigación y Monitoreo de la Ecorregión Lachuá.

Fleming, T.H. (1988). The short-tailed fruit bat. A study in plant-animal interactions. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

Fleming, T.H., y E.R. Heithaus. (1981). Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of the tropical forest. *Biotropica* 13(Supplement):45-53.

Fleming, T.H., y J.S. Sosa. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* Vol. 75, No. 4, (845-851).

Galindo-González, J., S. Guevara, y V. J. Sosa. (2000). Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a

tropical rainforest. *Conservation Biology* 14:1693–1703.

García, P. (2008). Análisis de la distribución de macroinvertebrados acuáticos a escala detallada en la Ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. (Tesis de Biología). Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Garnica, R. (2003). Distribución de Epifitas en Clases Vegetales Definidas por el Uso Local de la Tierra en la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá. Informe de EDC. Apoyado por el Programa de Investigación y Monitoreo de la Ecoregión Lachuá. Informe de EPS. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología. 25 pp.

Hodgkison, R. Zubaid, A y Kunz, T. 2003. Fruit bats as seed dispersor and pollinators in a lowland Malaysian rain forest. *Biotropica*. 35(4): 491-502.

Kalko, E. (1998). Organization and diversity of tropical bats communities through space and time. *Zoology*. 101: 281-297 Patterson et al., 2003

Kelm, D., Wiesner, K. y von Helversen. (2008). Effects of artificial roosts for frugivorous bats on seed dispersal in a neotropical forest pasture mosaic. *Conservation Biology*, 2 (1): 1-9.

Kunz, T y Lumsden, L. (2003). Ecology of cavity and foliage roosting bats. En: T. H. Kunz y M. B. Fenton (Ed.). *Ecology of bats*. The University of Chicago Press.

Kunz, T. (1982). Roosting ecology of bats. En: T.H. Kunz (Ed.). *Ecology of bats*. Plenum Press, New York. USA.

Lobova, T. A., Geiselman, C. K., y Mori, S. A. (2009). Seed dispersal by bats in the Neotropics. *New York Botanical Garden* (Romo, 1996; Kalko y Handley, 2001).

López, J. y Vaughan, C. (2004). Observations on the role of frugivorous bats as seed disperser in Costa Rican secondary humid forests. *Acta Chiropterologica*, 6(1): 111-119. Simmons et al., 2002

López, J. y Vaughan, C. (2004). Observations on the role of frugivorous bats as seed disperser in Costa Rican secondary humid forests. *Acta Chiropterologica*, 6(1): 111-119.

Martínez-Ramos M, Soto-Castro A. (1993). Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio*, 107: 299-318

Medellin, R. y Gaona, O. (1999). Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 31(3): 478-485.

Meyer, C. (2007). Effects of rainforest fragmentation on neotropical bats. Land-bridge Island as a Model System. (Tesis de Doctorado). Universidad de Ulm. Alemania.

Monzón, R. (1999). "Estudio general de los recursos agua, suelos y del uso de la tierra del Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz". Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 98pp

Morrison, D. W. 1978. Foraging ecology and energetic of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59:716-723.

Muscarrella y Fleming. (2007). Rol de los murciélagos frugívoros en la sucesión vegetal de los bosques tropicales. Departamento de Biología. Universidad de Miami. Coral Gables, Florida, USA. 1-18 pp.

Patterson, B., Willig, M. y Stevens, R. (2003). Trophic strategies, niche partitioning and patterns of ecological

organization. En: T. H. Kunz y M. B. Fenton (Ed.). *Ecology of bats*. The University of Chicago Press.

Silver, W., Ostertag, R. y Lugo, A.E. (2000). The Potential for Carbon Sequestration Through Reforestation of Abandoned Tropical Agricultural and Pasture Lands. *Restoration Ecology*. (8) 4: 397-408.

Swift R.S. 2001. Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci.*, 166: 858-871.

Tovar-Sánchez E, Cano-Santana Z, Oyama K. (2004). Canopy arthropod communities on Mexican oaks at sites with different disturbance regimes. *Biological Conservation*, 115: 79-87.

UICN. (2010). Bosques y cambio climático. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de: http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_bosquesam/sur_bosques_cambio_climatico/

