



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

INFORME FINAL

**Estudio de la dispersión de semillas y uso de refugios artificiales como mecanismo para orientar la quiropterocoria (traslado de semillas por murciélagos frugívoros):
Contribución a la investigación de la restauración ambiental en
la Eco-región de Lachuá**

Equipo de Investigación:

Coordinador: Julio Rafael Morales Álvarez

Investigadora: Ana Lucía Grajeda

Investigador: Jorge Ascensión del Cid

Auxiliar de Investigación I: Pablo José Lee

Fecha 10 de Enero del 2017

Unidad de Investigación Avaladora
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Facultad de CC. QQ. y Farmacia

M. Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador del Programa de Investigación

Julio Rafael Morales
Coordinador del proyecto

Ana Lucía Grajeda
Investigadora

Jorge Ascensión del Cid
Investigador

Pablo Lee
Auxiliar de Investigación I

Partida Presupuestaria
4.8.63.4.02
Año de ejecución: 2016

Índice General

Resumen:.....	1
Abstract:	2
1.0 Introducción	3
1.1 Planteamiento del Problema:	3
1.2 Preguntas de investigación.....	6
1.3 Objetivos	7
1.4 Hipótesis	7
2.0 Marco teórico y estado del arte:.....	8
3.0 Materiales y métodos	15
<i>4.0 Resultados</i>	23
5.0 Análisis y discusión	40
6.0 Conclusiones	46
7.0 Referencias.....	47
8.0 Anexos	52
9.0 Actividades de gestión, vinculación y divulgación.....	58

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Ecorregión Lachuá.	15
Figura 2. Disposición de los sitios con y sin refugios en las localidades estudiadas en la Eco-región Lachuá.....	17
Figura 3. Diagrama ejemplificando la disposición de refugios artificiales y sus respectivas cuatro trampas para semillas.....	19
Figura 4. Diagrama ejemplificando la disposición de las trampas para semillas en una localidad donde no se colocaron refugios artificiales.....	19
Figura 5. Tasa de deposición mensual de semillas colectadas por mes en las trampas de semillas.....	24
Figura 6. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de <i>Cecropia peltata</i>	25
Figura 7. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de semillas.....	26
Figura 8. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de <i>Solanum torvum</i>	27
Figura 9. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de.....	28
Figura 10. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de <i>Solanum jamaicense</i>	29
Figura 11. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia... ..	30
Figura 12. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de <i>Piper auritum</i>	31
Figura 13. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de semillas.....	32
Figura 14. Variación mensual de la temperatura en los refugios S3R2 no visitados por murciélagos.....	35
cuamurciélagos.....	35
Figura 16. Variación mensual de humedad relativa en el refugio S2R2 visitado por murciélagos.....	37
Figura 17. Variación mensual de la humedad relativa en el refugio S2R2 visitado por murciélagos.....	37

Índice de Tablas

Tabla 1. Número de muestras con semillas y abundancia absoluta de semillas colectadas en la Eco-región Lachuá.....	23
Tabla 2. Registro mensual del uso por murciélagos de los refugios artificiales.....	33
Tabla 3. Actividad detectada en refugios experimental y control en ocho meses de muestreo de marzo-abril 2016.....	33

Estudio de la dispersión de semillas y uso de refugios artificiales como mecanismo para orientar la quiropterocoria (traslado de semillas por murciélagos frugívoros): Contribución a la investigación de la restauración ambiental en la Eco-región de Lachuá

Resumen:

Esta investigación se desarrolló en los mosaicos agropecuarios y agroforestales al norte y sur de la comunidad de Santa Lucía Lachuá al este del Parque Nacional Laguna Lachuá donde se instalaron: (a) 24 refugios artificiales de murciélagos, 12 con hojas y frutos de la planta Santa María (*Piper auritum*) como atrayente, y 12 sin atrayente, (b) un transecto de 1 km de longitud por 4 m de ancho (4,000 m²) para monitorear la fenología de las plantas nutricias de murciélagos y (c) 168 trampas de semillas, 96 al norte y 72 al sur. Como resultado se obtuvo un total de 68 muestras con 1007 semillas colectadas en las trampas de semillas, las cuales pertenecían a cuatro familias, siendo las más abundantes Cecropiaceae, Solanaceae y Piperaceae, todas de especies pioneras, que tienen mayor probabilidad de establecerse fuera del bosque. Se estimó una tasa mensual de lluvia de semillas de que varió entre 0.37 y 0.008 semillas/m²/noche, no se encontró diferencia significativa entre la época seca y lluviosa. Existe una relación entre la fenología de la fructificación y la lluvia de semillas producida por murciélagos, solo que este fenómeno es complejo y presenta fluctuaciones en el comportamiento dadas las variantes climáticas y antrópicas. A pesar de que los refugios artificiales no fueron ocupados durante el día, se encontraron rastros de uso por murciélagos frugívoros, sugiriendo que los frutos de *Piper auritum* posiblemente funcionaron como atrayente para que los murciélagos visitaran durante la noche a los refugios, principalmente para alimentarse.

Palabras claves: lluvia de semillas, fenología, regeneración natural, frugivoría, fenología, *Piper auritum*

**Seed dispersal and use of artificial roosts as tools to favour the chiropterocory
(transport of seeds by frugivorous bats): Contribution to the investigation
of forest restoration in the Lachuá Eco-region**

Abstract:

This study was conducted in the agricultural landscapes of north and south Santa Lucía Lachuá community, located east of the Laguna Lachuá National Park. The field survey included: (a) the installation of 24 artificial bat roosts (12 with bunch of leaves and fruits of *Piper auritum* to attract frugivorous bats and 13 without these plant parts); (b) a transect of 1 km length by 4 m width (4,000 m²) to monitor the phenology of bat food plants and (c) the placement of 168 seed traps, 96 of them installed north Santa Lucía Lachuá and the others 72 south of this community. A total of 68 samples with 1707 seeds were collected, belonging to four different plant families. Most of these seeds belonged to the families: Cecropiaceae, Solanaceae and Piperaceae. All belonged to pioneer species, which have a greater probability of establishing outside the forest border. The monthly rate varied between 0.008 and 0.37 seeds/m²/night along the study months, however no statistical difference between dry and rain season was detected. We found a relationship between fruiting phenology and bat generated seed rain, but this connection is complex and fluctuates in behavior given climatic and anthropic variants. Although no day roosting bats were observed in the artificial roosts (occupancy), signs of use by frugivorous bats during night were found in some roosts, suggesting that fruits of *Piper auritum* may have served to promote the visit and use by frugivorous bats, primarily for their nocturnal feeding.

Key words: seed rain, phenology, frugivory, natural regeneration, *Piper auritum*

1.0 Introducción

1.1 Planteamiento del Problema:

1.1.1 Antecedentes

La Eco-región Lachuá, ubicada en el arco húmedo propuesto por Wendt (1987), corresponde a la zona con mayor precipitación y humedad de Guatemala. La mayoría de sus bosques se encuentran fragmentados o degradados a potreros, cultivos o guamiles. Los procesos de pérdida y fragmentación del hábitat se consideran amenazas a la biodiversidad y la causa de crisis de extinción actual (Laurance & Cochrane, 2001).

Se estima que desaparecen 10 millones de ha/año de bosque tropical (Laurance et al., 2002). Estos bosques cambian a cultivos que se abandonan por la baja fertilidad, no contienen elementos que favorecen la regeneración pues los dispersores naturales no las visitan regularmente (Meli, 2003). Los procesos de pérdida y fragmentación del hábitat se consideran amenazas a la biodiversidad y la causa de crisis de extinción actual (Laurance & Cochrane, 2001). Los modelos de restauración tradicional han tenido como base un contexto mecanicista-determinista (Reis & Tres, 2004). En esta concepción, las áreas recuperadas han tomado forma de plantaciones forestales, introduciendo especies por lo general plantadas en líneas que uniformizan el área restaurada (Reis & Kageyama, 2003).

La dispersión de semillas por vertebrados es un fenómeno dominante en los bosques tropicales, dependiendo del tipo de hábitat entre el 50% al 90% de árboles y arbustos son dispersados por animales (Howe & Smallwood 1982). Entre los mamíferos más importantes que dispersan semillas están los murciélagos frugívoros, estos consumen frutos y los dispersan, fenómeno denominado quiropterocoria, especialmente la familia Phyllostómidae puede dispersar semillas en rangos de 1 a 20 km de distancia de los sitios de forrajeo (Galindo-Gonzalez, 1998). Factores como la distribución espacial, las propiedades físicas y nutricionales de los frutos, y los patrones de forrajeo son fundamentales en los patrones de dispersión de las semillas (Suarez-Castro, & Montenegro 2015).

La manipulación de murciélagos frugívoros como promotores de restauración de los bosques tropicales constituye un tema de investigación innovador. En el pasado, únicamente Kelm, Wiesner, & von Helversen (2008) diseñaron e instalaron refugios artificiales para atraer murciélagos frugívoros de forma exitosa en Costa Rica y determinar si el atraer a murciélagos frugívoros en áreas degradadas al implementar refugios artificiales incrementa significativamente la lluvia de semillas en sitios propensos a regeneración, es fundamental para proponer esta técnica como una herramienta de restauración de bosques tropicales.

Una manera de integrar a los murciélagos frugívoros en áreas con diferentes grados de sucesión, es instalando refugios artificiales que atraigan a este tipo de quirópteros. Un aumento en la presencia de murciélagos produce un incremento en la lluvia de semillas, constituyendo una manera de acelerar la regeneración natural de la vegetación (Kelm et al., 2008). La restauración natural de bosques contribuye directamente a la mitigación del cambio climático, un bosque en regeneración absorbe el dióxido de carbono de la atmósfera y lo convierte en carbono que almacena en forma de madera y vegetación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012). La restauración aumenta la resiliencia y reduce la vulnerabilidad de los ecosistemas y personas que se benefician de los mismos (Lhumeau & Cordero, 2012). Esto orienta a considerar la importancia de manipular los patrones de quiropterocoria en la Eco-región de Lachuá como una forma de propiciar la regeneración natural.

En el estudio desarrollado por López (2015), la lluvia de semillas en la Eco-región de Lachuá se estimó en 0.007 semillas/m², información obtenida en el muestreo realizado de julio de 2014 a marzo del 2015. En el presente estudio se monitoreo la fenología (floración y fructificación), de cinco especies nutricias de murciélagos *Cecropia peltata*, *Piper auritum*, *Vismia camparaguey*, *Solanum torvum* y *S. jamaicense*. Se instalaron 24 refugios de murciélagos 12 con hojas y frutos de *P. auritum* como atrayente y 12 sin atrayente natural de murciélagos. Además, se instalaron 168 trampas de semillas de 1m², 96 al norte y 72 al sur. El proyecto evaluó la tasa de uso y ocupación de refugios artificiales por murciélagos frugívoros y la relación de la fenología de plantas nutricias con la lluvia de semillas.

1.1.2 Justificación:

La necesidad de efectuar acciones para mitigar y resarcir los impactos negativos provocados por la pérdida y fragmentación del hábitat llevan a evaluar la eficacia de métodos que ayuden a dar un manejo sustentable a los reducidos y altamente fragmentados hábitats silvestres. Implementar refugios artificiales enfocados en murciélagos frugívoros puede ser una estrategia con beneficios en dos sentidos. Los murciélagos reciben nuevas opciones de refugio, lo cual aumenta la probabilidad de presencia de los murciélagos en áreas perturbadas fomentando la conservación; y el hecho de atraer murciélagos frugívoros a áreas degradadas aumenta la probabilidad de incrementar la lluvia de semillas provocando un impacto en la restauración natural de la vegetación. Kelm y colaboradores (2008) demostraron que implementar refugios para murciélagos frugívoros incrementa significativamente deposición de semillas en las áreas alrededor de los refugios.

Este método alternativo de restauración ambiental se encuentra enmarcado dentro las acciones de mitigación y adaptación de ecosistemas ante el cambio climático propuesto por la UICN y está alineado con las estrategias de: el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), la Convención sobre los Humedales (Convención de Ramsar), la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (DNUDPI) y el Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB) (Lhumeau & Cordero 2012).

Este trabajo representa un instrumento de importancia para fomentar la restauración natural, mediante la promoción de los servicios ecológicos proporcionados por los murciélagos. Potenciar la naturaleza dispersora de los murciélagos frugívoros para mitigar los impactos por pérdida y fragmentación del hábitat en los bosques de Guatemala, representa una herramienta ideal para el manejo de paisajes tropicales, promoviendo la restauración de la vegetación, la conectividad entre remanentes boscosos y contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la captación y fijación del dióxido de carbono libre en la atmósfera (FAO, 2012).

1.1.3 Delimitación en tiempo y espacio

El proyecto se desarrolló en dos mosaicos de paisaje con características agropecuarias y agroforestales en la Eco-región de Lachuá con un área aproximada de 6 Km², localizados al norte y sur de la comunidad de Santa Lucía Lachuá, ubicada a 355 Km de la ciudad de Guatemala. La temporalidad del proyecto fue de enero a octubre del año 2016. Se realizaron 11 visitas de campo de cuatro días al área de estudio, para un total de 44 días efectivos de trabajo, durante los cuales se habilitaron las trampas de semillas, se realizó el monitoreo de fenología y se llevó a cabo el experimento de uso de frutos y hojas como atrayente de la planta (*P. auritum*) Santa María, a 12 de los 24 refugios artificiales (para evaluar el uso y ocupación de los refugios artificiales por murciélagos frugívoros).

1.2 Preguntas de investigación

1.2.1 ¿La dispersión de semillas por murciélagos frugívoros se ve afectada por los patrones fenológicos de las especies nutricias en la Eco-región de Lachuá?

1.2.2 ¿Las hojas y frutos de Santa María (*Piper auritum*) son un atrayente efectivo que orienta el uso y ocupación de murciélagos frugívoros en refugios artificiales?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Contribuir al estudio de la dispersión de semillas por acción de murciélagos frugívoros (quiropteroecoria), en la Eco-región de Lachuá como mecanismo para la restauración del bosque.

1.3.2 Objetivos Específicos

Monitorear la quiropteroecoria relacionada a los cambios fenológicos de las especies nutricias de murciélagos frugívoros en dos mosaicos de paisaje en la Eco-región de Lachuá.

Comparar la tasa de uso y ocupación de refugios artificiales utilizando hojas y frutos de *Piper auritum*, como atrayente de murciélagos frugívoros.

1.4 Hipótesis

Las hojas y frutos de Santa María (*Piper auritum*) aumentan la tasa de uso y ocupación de los refugios artificiales por parte de los murciélagos frugívoros.

2.0 Marco teórico y estado del arte:

2.1 Regeneración natural de los bosques:

En una visión particular del fenómeno, la regeneración natural de los bosques es el proceso por el cual la comunidad vegetal llega hacia un estado “clímax” a partir de un estado de degradación o perturbación, mediante varios estadios o momentos sucesionales producto de interacciones ecológicas (Aguilar, 2005).

La regeneración natural de las poblaciones de árboles es fundamental para el mantenimiento a largo plazo de las comunidades boscosas. 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. De estos procesos ecológicos depende el éxito y la dominancia de las especies arbóreas a largo plazo. En cada uno de estos procesos, hay factores que determinan el éxito de la regeneración. Los factores que modulan la regeneración natural del bosque se han descrito como bióticos y abióticos. Se entienden como factores bióticos todas aquellas interacciones bióticas que las especies vegetales pueden sostener con otras especies microbianas, vegetales o animales. Por su parte, los factores abióticos son las condiciones ambientales, derivadas de las características propias del suelo, por ejemplo, disponibilidad de agua, compactación, infiltración, etc.; del microclima como la disponibilidad de luz, humedad, temperatura, etc.; o relacionadas con el uso del espacio, que las especies vegetales tienen que enfrentar, así como las relaciones de estos factores con los factores bióticos antes mencionados (Pérez, López, García, Cuevas, & Gonzalez, 2013)

2.2 Importancia de los murciélagos:

Los murciélagos son un componente de suma importancia en la mayoría de ecosistemas que caracterizan Guatemala, en donde constituyen con sus 100 especies cerca del 50% del total de mamíferos silvestres terrestres (McCarthy & Pérez 2006; Pérez, López, & McCarthy 2012). Forman parte de la historia, ciencia y literatura de nuestro país y el mundo. Pictografías y representaciones en piedra son evidencias que muestran que los murciélagos fueron parte de la tradición cultural de los mayas que poblaron el territorio guatemalteco en el pasado (Muñoz, 2006).

Alrededor del mundo, los murciélagos han despertado el interés de numerosos investigadores. Se han realizado investigaciones fisiológicas que abarcan la descripción de los sentidos de la vista, el olfato y la ecolocalización (Balmori, 1998); la descripción de mecanismos de sobrevivencia como la hibernación y el torpor (Neuweiler, 2000); y su papel como vector de enfermedades como la rabia (Flores-Crespo, 1978). Se han realizado cuantiosas investigaciones acerca de la ecología de estos organismos. La historia natural y el comportamiento; la ecología funcional; y la macroecología representan las principales áreas de la investigación actual sobre la ecología de murciélagos (Kunz & Fenton, 2003).

En Guatemala se han realizado varios trabajos investigación sobre estos mamíferos, entre los cuales se pueden mencionar: López (1992), que comparó la diversidad altitudinal de filostómidos en los volcanes Zunil y Santo Tomás Pecul, Quetzaltenango; Pérez (1994), que describe los murciélagos de las colecciones zoológicas de la Usac. Así mismo, Valle (1997) y Rodríguez (2000), estudiaron la distribución de las comunidades de murciélagos en Sierra de la Minas e Izabal. Cajas (2005) estudió el polen transportado por murciélagos nectarívoros en el Valle del Río Motagua; Lou y Yurrita (2005) analizaron la dieta de murciélagos frugívoros en Yaxhá, Petén; y Cajas, Ávila, Grajeda, Machuca y Benítez (2005) trabajaron colectando las semillas en las heces de murciélagos y aves en tres tipos de vegetación; Landaverde y Calderón (2012)

realizaron un estudio con murciélagos filostómidos del Biotopo San Miguel la Palotada El Zotz, en Petén.

2.3 Biología y Fenología de las especies estudiadas:

Los patrones fenológicos tienen gran influencia en las comunidades ecológicas, los estudios muestran que los principales picos de producción de frutos carnosos ocurren entre el período seco y la mitad de la época seca (Stevenson, 2004). Dependiendo del hábitat se estima que entre el 50 y 90 % de los árboles en los trópicos requieren de animales para dispersar sus semillas (Loayza, Rios & Larrea-Alcazar, 2006). En este estudio se trabajó con cuatro especies que además de brindar frutos que alimentan a murciélagos frugívoros, son pioneras de la regeneración *Cecropia peltata*, *Solanum torvum*, *Solanum jamaicense* y *Piper auritum*.

Cecropia peltata:

Las especies del género *Cecropia* están ampliamente distribuidas en la región Neotropical, presentan crecimiento rápido y son abundantes en áreas perturbadas y en estadíos iniciales de procesos sucesionales. Se caracterizan por ser especies perennifolias y heliófitas y sus frutos carnosos son apreciados por muchas especies de aves y mamíferos responsables de la dispersión de sus semillas (Bocchese, de Oliveira, & Laura 2008). La fructificación ocurre en los meses de mayo, julio, agosto, octubre y noviembre.

Solanum torvum

Esta especie está distribuida del norte de México hasta en norte de Suramérica y Brasil, ampliamente distribuida en África, Asia, Australia y Estados Unidos. Planta ruderal de sitios perturbados, potreros, plantaciones, orillas de camino. Sus frutos son apreciados por aves y murciélagos que dispersan sus semillas. Esta planta florece y fructifica todo el año (Nee, 1993).

Solanum jamaicense

Especies considerada invasora distribuida en norte, centro y Suramérica. Se le encuentra en sitios de regeneración, potreros, cerca de plantaciones y caminos. Existe escasa información de su fenología, a pesar que se sabe que sus frutos sirven de alimento para aves y mamíferos (Diaz, Overholt & Langeland 2008).

Piper auritum

Arbusto que crece en áreas de regeneración con propiedades culinarias y medicinales al usar la tintura de la planta entera para tratar el asma, bronquitis, laringitis y disnea. Está distribuida desde la porción noreste de Estados Unidos hasta Panamá. Produce flores y frutos la mayor parte del año es utilizada por la etnia maya-q'eqchi' para la elaboración del pachay que es pescado con chile y achote envuelto en hojas de *P. auritum* o santa maría (García-Mendoza & Meave, 2011).

2.4 Dispersión de semillas por murciélagos:

La importancia de la quiropterocoria fue dada a conocer por Huber (1910) cuando publicó sus observaciones de la dispersión de semillas y murciélagos frugívoros en los bosques del Amazonas de Brasil. Después, basado en datos del Nuevo y Viejo Mundo, Ridley (1930) consideró a los murciélagos como los mamíferos dispersores de semillas más importantes en los bosques tropicales. En su primera compilación de interacciones planta-animal, van der Pijl (1957) identificó 67 especies en 53 géneros de 27 familias de plantas Neotropicales dispersadas por murciélagos. Veinte años después, Gardner (1977) listó 103 especies de 89 géneros de 43 familias de plantas en la dieta de murciélagos filostómidos. Más recientemente, Lobova y colaboradores (2009) presentaron una recopilación de información sobre todas las plantas, conocidas hasta hoy, que son dispersadas por quirópteros en los bosques tropicales del Nuevo Mundo. Este trabajo se enfocó principalmente en las plantas angiospermas y quiropterofauna de los bosques maduros del centro de la Guayana Francesa. En total, presentaron 549 especies de

plantas dispersas por murciélagos en el Neotrópico, pertenecientes a 191 géneros y a 62 familias, incluyendo 112 especies propias de la Guayana Francesa.

Se han realizado varios estudios en el Neotrópico en los que se muestra la relevancia de los murciélagos frugívoros como dispersores de semillas; ya que varios de estos incluyen especies de plantas pioneras en su dieta, promoviendo la regeneración de los bosques tropicales al depositar las semillas en ambientes propicios para la colonización (Fenton et al., 1992; Gorchov et al., 1993; López & Vaughan 2004; Lovoba et al., 2003; Schulze et al., 2002). En Guatemala, se han llevado a cabo muy pocos estudios sobre frugivoría y dispersión de semillas por medio de quirópteros. En los bosques húmedos tropicales de Cobán (Cajas et al., 2005) e Izabal (Lou, 2007) se realizaron sendos trabajos sobre dispersión de semillas por murciélagos en tres estadios sucesionales diferentes. En Lachuá, ubicada en el departamento de Cobán, se trabajó tanto aves como murciélagos y se encontró que dichos mamíferos dispersaron mayor cantidad de semillas en los tres tipos de vegetación estudiados (Cajas et al., 2005). En Chocón Machacas (Izabal) se concluyó que existió un mayor flujo de semillas, dispersadas por murciélagos, desde las comunidades vegetales en estado temprano de sucesión hacia los hábitats de mayor edad. Por otra parte, en los bosques secos se ha registrado que los murciélagos nectarívoros migratorios (*Leptonycteris yerbabuena*) actúan como potenciales dispersores de semillas de cactus columnares (Cajas, 2005).

2.5 Refugios artificiales de murciélagos:

La implementación de refugios artificiales para murciélagos ha sido objeto de estudios en el pasado. Por ejemplo: Tuttle, Kiser y Kiser (2004), Kiser y Kiser (2002) y Long, Kiser y Kiser (2006), realizaron investigaciones acerca del beneficio de refugios en la agricultura, enfocándose en quirópteros de hábitos insectívoros. Por otra parte, los refugios artificiales para murciélagos frugívoros se han sugerido como una herramienta eficaz para facilitar la colonización de las áreas deforestadas, mejorando así la dispersión de semillas y una reforestación más acelerada. En este caso Kelm (2008), evaluó los efectos de la instalación de refugios en la lluvia de semillas en un

paisaje agroforestal de Costa Rica, donde la instalación de dichos refugios atrajo a murciélagos frugívoros e incrementó la entrada de semillas en sitios degradado. En Guatemala, a partir del año pasado se implementaron refugios artificiales en áreas perturbadas de la Ecoregión Lachuá para tratar de potenciar la naturaleza dispersora de los murciélagos frugívoros y mitigar los impactos producidos por la pérdida y fragmentación del hábitat en dicha región (López, 2015).

2.6 Restauración ecológica:

La reducción, fragmentación y degradación de los ambientes naturales es un proceso que ha aumentado considerablemente durante las últimas décadas. La crisis ambiental se ha acelerado debido a la reducción rápida de los múltiples servicios ambientales que prestan los ecosistemas, como por ejemplo: producción de agua, secuestro de carbono y regulación del clima, dispersión de semillas, biodiversidad, etc. Ante esta situación, el manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica toma fuerza cada día como solución para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad. Ya no basta conservar y proteger áreas representativas, sino que se debe aprender a restaurar paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones de plantas y animales, para garantizar sustentabilidad de sistemas naturales, seminaturales y sociales en grandes extensiones, y de esta forma garantizar la disponibilidad de servicios ambientales regionales, los cuales mantienen las economías funcionando (Vargas, 2011).

Las estrategias de restauración ecológica se pueden dividir en dos grandes categorías: (1) la restauración pasiva: donde los factores de estrés ambientales o disturbios, como el pastoreo de ganado y la agricultura, son eliminados y la colonización por arbustos y árboles, y, por lo tanto, la sucesión secundaria puede tener lugar naturalmente y (2) la restauración activa: donde es necesario ayudar o asistir al ecosistema para garantizar que se puedan desarrollar los procesos de recuperación. En este caso, se puede hacer un manejo de la tierra mediante la plantación de vegetación, deshierbes, quemados y/o claros, de tal manera que se logra la estructura deseada (Morrison & Lindell, 2011).

La recuperación de ecosistemas dañados o destruidos es una tarea que se ha convertido en prioridad a nivel e internacional. Acciones de restauración se están aplicando cada vez más en todo el mundo, con el apoyo de iniciativas políticas globales tales como la Convención sobre Diversidad Biológica, los Objetivos de Desarrollo del Milenio, la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas y el Desafío de Bonn. En Guatemala, la Política y la Estrategia Nacional de Biodiversidad ejecutada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), contempla la restauración como un eje de trabajo (Martínez & Velázquez, 2014). Así mismo, el año pasado se presentó la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal liderada por diversos actores, tales como: el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el CONAP y el Instituto Nacional de Bosques (INAB), representados en la Mesa de Restauración Forestal. Bajo el marco de esta Estrategia, se elaboró el mapa de áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal del país, con una estimación de 3.9 millones de hectáreas (aunque el área donde se priorizaría la recuperación de ecosistemas sería de 1.2 millones de ha degradadas). El objetivo general de la Estrategia es restablecer, hasta donde sea posible, los servicios ecosistémicos generados por los bosques en dicha extensión de territorio (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015).

3.0 Materiales y métodos

3.1 Localización geográfica de la investigación

La presente investigación se desarrolló en la Ecoregión de Lachuá, más específicamente en un área de 2 km² (1 km² al norte y 1 km² al sur), de la comunidad de Santa Lucía Lachuá Cobán Alta Verapaz, localizada a 355 km de la ciudad de Guatemala (Figura 1). Esta comunidad colinda con la porción noreste del Parque Nacional Laguna de Lachuá (PNLL), y está integrada por 95 familias pertenecientes a la etnia Q'eqchi'.

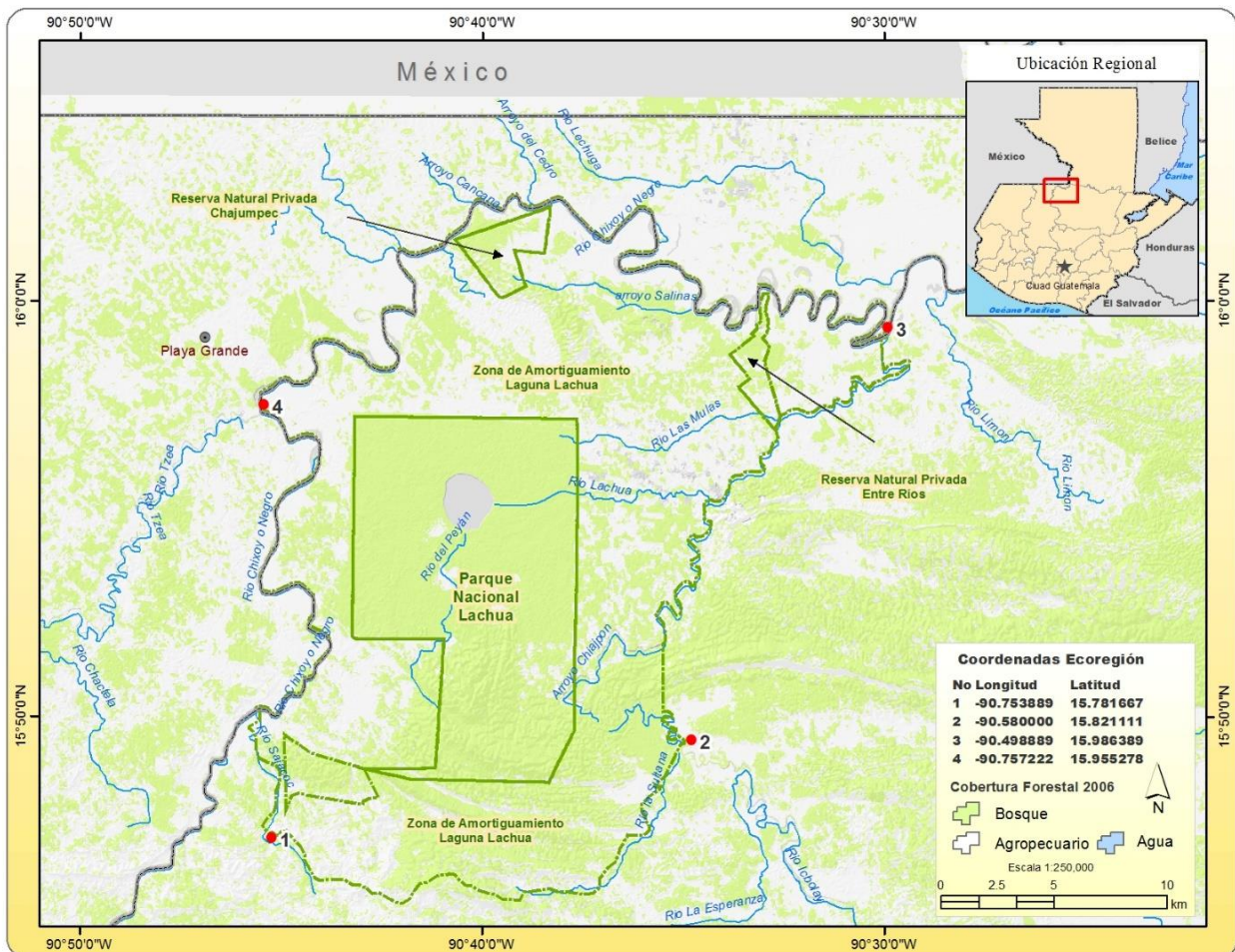


Figura 1. Ubicación de la Ecoregión Lachuá.

3.2 Tipo de investigación:

La presente investigación tuvo dos enfoques el primero observacional o *Post facto* y fue fundamentalmente descriptiva y de correlación, en el cual se relacionó los patrones fenológicos de especies nutricias de murciélagos y la lluvia de semillas. En el área de estudio existen familias de plantas muy apetecidas por murciélagos: Moraceae, Piperaceae, Solanaceae, Cecropiaceae, entre otras (Bonaccorso, 1979; Fleming et al., 1972; Giannini y Kalko 2004; Van der Pijl 196), las cuales están representadas con al menos cinco especies (*Piper auritum*, *Solanum jamaicense*, *Solanum torvum*, *Vismia camparaguey* y *Cecropia peltata*), que son plantas dispersadas por murciélagos frugívoros en la Ecoregión de Lachuá (Cajas et al., 2005). Los patrones fenológicos (producción de flores y frutos), están relacionados con la dispersión de semillas. La variable independiente de esta investigación fue la fenología y la variable dependiente la lluvia de semilla (semillas/m²).

El otro enfoque fue de tipo experimental, en el cual se trató de probar la eficacia de las hojas y frutos de *P. auritum* como atrayente de murciélagos frugívoros hacia los refugios artificiales. El experimento consistió en dos tratamientos: uno experimental y el otro control, constituidos por dos rejillas, una de 12 refugios para el grupo control y otra de 12 refugios para el grupo experimental (Figura 2). Al grupo experimental de refugios se le incorporó en su interior un ramo de hojas y frutos de Santa María (*P. auritum*) para comprobar su eficacia como atrayente para inducir el uso y ocupación por parte de murciélagos frugívoros.



Figura 2. Disposición de los sitios con y sin refugios en las localidades estudiadas en la Eco-región Lachúa

3.3 Fenología

3.3.1 Técnicas e instrumentos:

El registro fenológico de las especies nutricias de murciélagos frugívoros, se realizó por medio de la observación y registro de eventos fenológicos utilizando una boleta (Anexo 1), en la cual se registró los datos de floración y fructificación de las especies nutricias contenidas en un transecto de 1 Km por 4 m de ancho (4,000 m²). Estas parcelas se localizarán en parches de

bosque que rodean a los refugios artificiales de murciélagos y trampas de semillas.

3.2.2 Muestreo Fenológico:

En el transecto se seleccionaron 10 individuos correspondientes a las 7 especies de árboles y arbustos identificados como de importancia alimenticia de los quirópteros. Se registró su estado reproductivo (estéril o inmaduro, con flores o con frutos), y el tamaño (t) relativo de cada individuo (1 = 0 - 2m; 2 = 2 - 4m; 3 = 4 - 6m; 4 = 15 - 20m; 5 = > 20m). Para los individuos con fruto, se asignó un valor entre 1 y 5 que representa el porcentaje de ramas con fruto (f) (1 = 0-20%; 2 = 21-40%; 3 = 41-60%; 4 = 61-80%; 5 = 81-100%) (Loayza, Rios y Larrea-Alcázar, 2006).

3.4 Quiropterocoria

3.4.1 Técnicas e Instrumentos:

Las trampas de semillas consistieron en rectángulos de tela de 1m x 1m colocadas sobre cuatro estacas de madera a 40 cm del suelo. Las trampas se instalaron en grupos de cuatro por set; cada una de estas trampas, se colocó en dirección a cada punto cardinal. Cada manta dentro de un set estuvo separada de la otra por 5 m de distancia y la distancia entre cada set fue aproximadamente de 30 m. Los bloques de sets de trampas se dispusieron de la siguiente forma: 96 m² (equivalentes a 24 sets de trampas) al norte de la comunidad de Santa Lucía Lachuá y 72 m² (equivalentes a 18 sets de trampas) al sur de la comunidad, para hacer un total de 168m² de trampas. Algunos sets de trampas se colocaron alrededor de los refugios artificiales (Figura 3) y el resto (que funcionó como control) se instalaron sin refugios artificiales (Figura 4).

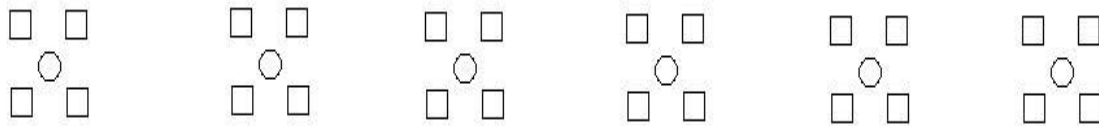


Figura 3. Diagrama ejemplificando la disposición de refugios artificiales y sus respectivas cuatro trampas para semillas, (2 x 6 x 4 = 48 trampas para semillas en localidad norte) y (2 x 6 x 4 = 48 trampas para semillas en localidad sur). Círculos = refugios; Cuadrados = trampas de semillas



Figura 4. Diagrama ejemplificando la disposición de las trampas para semillas en una localidad donde no se colocaron refugios artificiales (2 x 6 x 4 = 48 trampas en localidad norte) y (2 x 6 x 4 = 48 trampas en localidad sur) . Cuadrados = trampas de semillas

Las trampas se abrieron durante cinco noches seguidas por mes, de 18:00 a 6:00 de la mañana (12 horas activas), y se revisaron por la mañana a las 6:00 horas. Las muestras de semillas dispersadas se colectaron y etiquetaron, las cuales fueron identificadas en gabinete.

3.4.2 Método de colecta de semillas

Se formaron tres equipos de dos personas que realizaron la apertura y revisión de las trampas con las semillas colectadas producto de la actividad de los murciélagos. Cada manta tuvo un código que se forma con las letras RS o solo S más un número que identifica el sitio que corresponde a localidad con refugio o sin refugio. Las trampas se abrían por la tarde una hora antes del atardecer y se revisaban en la madrugada del día siguiente. Se repitió el procedimiento de modo de registrar cinco noches de actividad. Las semillas se colectaron con pinzas entomológicas y se depositaron en un sobre de papel parafinado por trampa y etiquetándolo con el código correspondiente a cada trampa y fecha correspondiente. Las muestras se colocaron en bolsas de papel manila con el código y la fecha correspondiente para trasladarlas al gabinete.

3.4.3 Identificación y cuantificación de semillas

Cada sobre de papel con las muestras de las semillas encontradas en las trampas, se revisó utilizando un estereoscopio Konus Diamond 5420 (40 X), en algunos casos se utilizó agua destilada a la muestra, para separar las semillas. La identificación taxonómica de las semillas, se realizó con la ayuda de bibliografía especializada (Cornejo & Janoves; Lobo et al., 2009) y una biblioteca de fotos de muestras de semillas colectadas en la Eco-región de Lachuá (Cajas et al., 2005).

3.5 Uso y ocupación de refugios artificiales

3.5.1 Instalación y monitoreo de refugios con atrayente y sus controles

A 12 de los refugios (experimentales) se les instaló mensualmente un ramillete de hojas y frutos de (*P. auritum*), y 12 refugios (controles) no tuvieron atrayente. La disposición espacial fue de cuatro bloques de refugios, a lo largo de un trayecto de 4 km en dos mosaicos de paisaje al norte y sur de la comunidad de Santa Lucía Lachuá. Cada bloque tuvo 12 refugios (seis controles y seis experimentales). Se obtuvieron datos de temperatura y humedad dentro de los refugios artificiales mediante el uso de *data loggers* (modelo LogTag Recorders). Se colocaron entre 7 a 10 de dichos aparatos, dependiendo de si los sitios donde estaban ubicados los refugios eran seguros y había menor probabilidad de que fueran robados o vandalizados. El intervalo de registro de los data loggers fue de 36 a 48 h por visita de estudio.

3.5.2 Inspecciones de los refugios

Se realizaron inspecciones mensuales para determinar el uso y ocupación de los refugios en cada localidad. Se realizaron observaciones directas en cada refugio para revisar si estaban ocupados por murciélagos durante el día. A partir del mes de agosto se colocó una manta de 50 x 50 cm., en la parte inferior de los refugios (de las localidades nombradas como Sitio 1 y Sitio 2) para coleccionar evidencia de que estaban siendo usados por murciélagos frugívoros. Durante las mañanas se revisaron las mantas bajo el refugio, coleccionando excretas y semillas de murciélagos en algunos casos se tomaron fotografías para documentar el registro.

4.0 Resultados

Lluvia de semillas

Durante un período de ocho meses se encontraron 68 muestras en las trampas de semillas las cuales contenían un total de 1007 semillas dispersadas por murciélagos. El 85% de las muestras se determinaron a nivel de familia, género o especie. La familia Cecropiaceae presentó el mayor número de semillas (380), seguida por Solanaceae (283) y Piperaceae (90) (Tabla 1). Existen 218 semillas indeterminadas, correspondientes a 11 morfotipos.

Tabla 1.
Número de muestras con semillas y abundancia absoluta de semillas colectadas en la Eco-región Lachuá

Familia/especie	Muestras con semillas	Abundancia absoluta de semillas
Cecropiaceae		
<i>Cecropia peltata</i>	20	380
<i>Cecropia obtusifolia</i>	5	10
Melastomataceae		
Melastomataceae 1	4	26
Piperaceae		
<i>Piper auritum</i>	2	24
<i>Piper</i> sp.5	1	40
<i>Piper</i> sp.2	2	26
Solanaceae		
<i>Solanum jamaicense</i>	14	214
<i>Solanum torvum</i>	5	45
<i>Solanum</i> sp.	4	24
INDETERMINADAS	12	218
TOTAL	68	1007

La tasa de lluvia de semillas vario a lo largo del estudio con valores entre 0.008 semillas/m²/noche y 0.37 semillas/m²/noche, correspondientes a los meses de mayo y abril respectivamente (Figura 5).

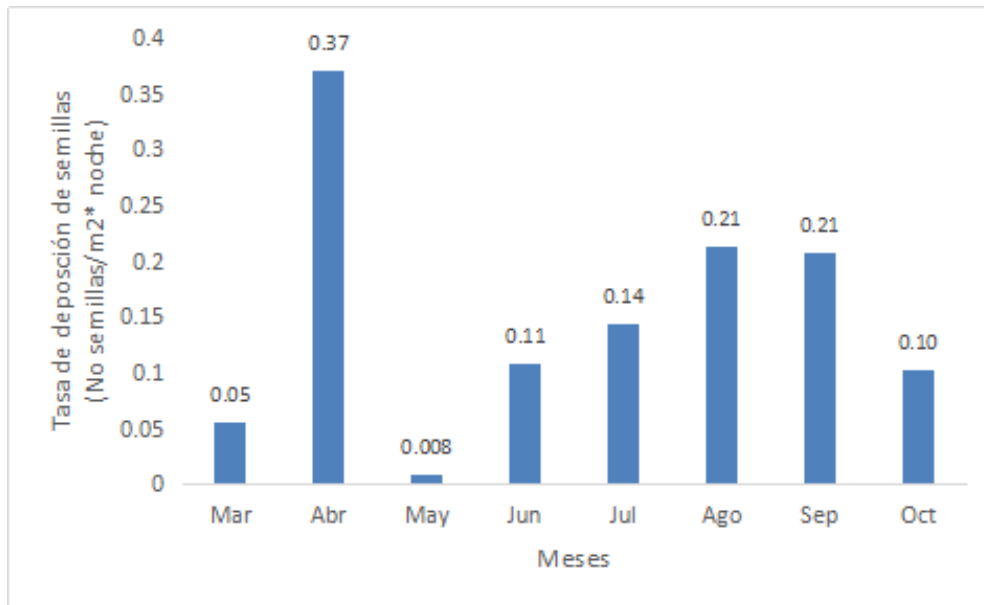


Figura 5. Tasa de deposición mensual de semillas colectadas por mes en las trampas de semillas (no. semillas/168 m² en cinco noches, en cada mes)

Fenología y quiropterocoria:

La Figura 6 muestra los resultados mensuales de la lluvia de semillas de *Cecropia peltata*, la cual presenta un comportamiento estacional que muestra dos detalles importantes: el dato cero en el mes de mayo a pesar de la disponibilidad de frutos. El otro aspecto es la inflexión de las gráficas en el mes de junio que mantiene el % de lluvia de semillas en cero. Fueron los meses de agosto y septiembre los que presentan el mayor porcentaje de lluvia de semillas.

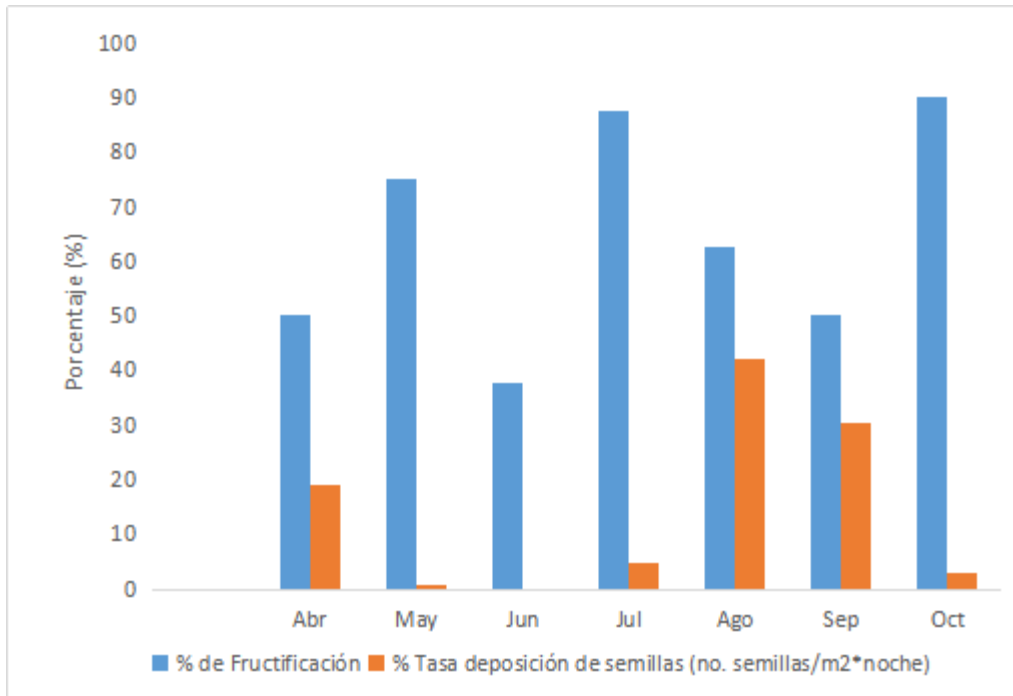


Figura 6. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de *Cecropia peltata*

En la Figura 7 se observa que la lluvia de semillas inicia cuando el porcentaje de fructificación está por arriba del 40%. Son los meses de abril, agosto y septiembre los que presentan mayor lluvia de semillas, mientras que julio y octubre presentan valores bajos. La correlación entre porcentaje (%) de fructificación y el porcentaje (%) de lluvia de semillas presenta un $R^2 = 0.85$.

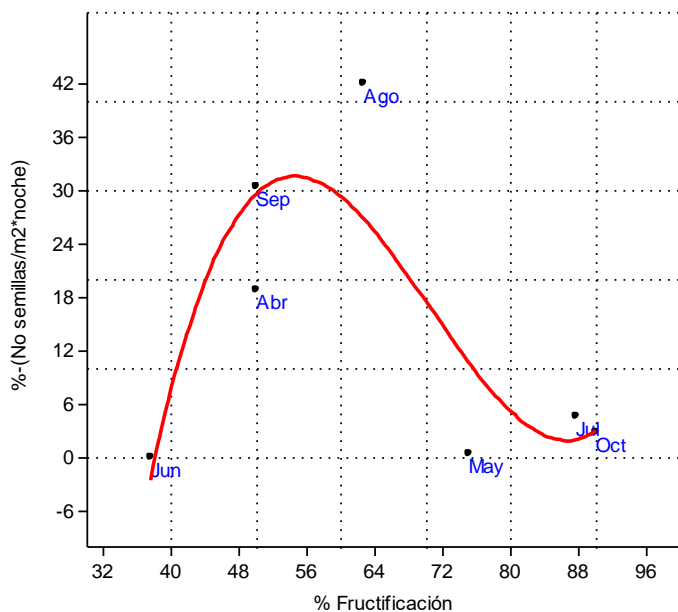


Figura 7. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de semillas por mes de *Cecropia peltata* ($r^2 = .72$)

La Figura 8 muestra el comportamiento mensual del porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de *Solanum torvum*. Se puede observar una inflexión de mayo a junio en la fenología de fructificación y cero actividad de lluvia de semillas hasta julio. Es importante considerar el efecto de tumba y quema en el área de muestreo que puede tener una influencia en la disminución de la lluvia de semillas al generar que los murciélagos se desplacen a otras localidades. Los picos de fructificación en mayo y en julio no coinciden con la lluvia de semillas. Es en los meses de abril, septiembre y octubre donde la dispersión de *Solanum torvum* aumenta por la actividad de frugivoría de los murciélagos para esta especie.

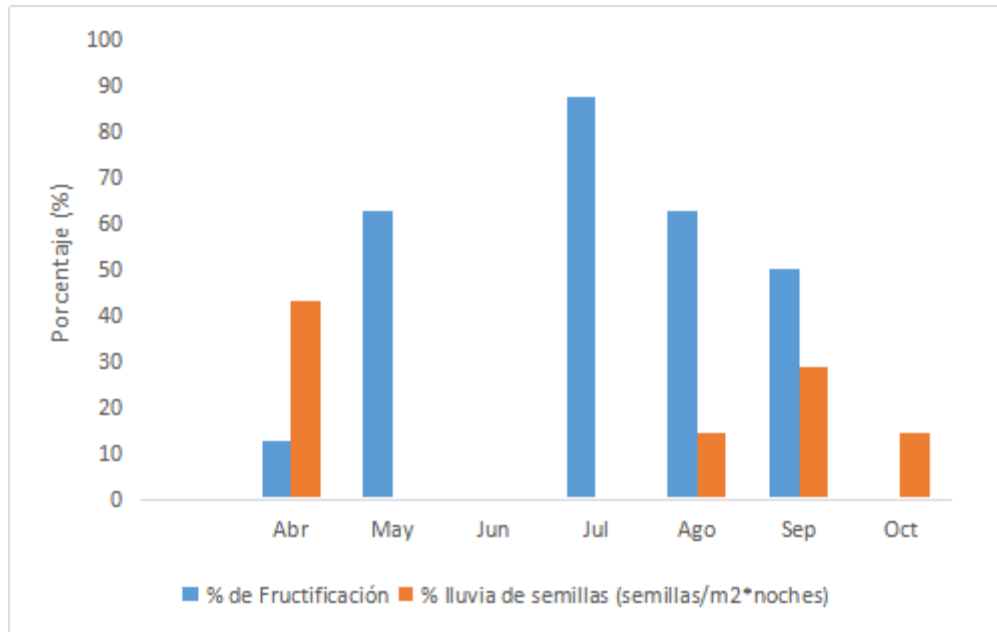


Figura 8. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de *Solanum torvum*

En la Figura 9 se presenta la curva de regresión polinomial de *Solanum torvum* que relaciona fenología con lluvia de semillas con un $R^2 = 0.88$ de confiabilidad. Se observa que son los meses de abril, agosto, septiembre y octubre los que aportan a la dispersión de semillas. El mes de abril con un 12.5 % de fructificación es el que presenta mayor dispersión de semillas (43% de lluvia de semillas), que implica una optimización de este recurso por parte de los murciélagos frugívoros. En contraste el mes de agosto con 63% de fructificación solo aporta 14.2% de lluvia de semillas.

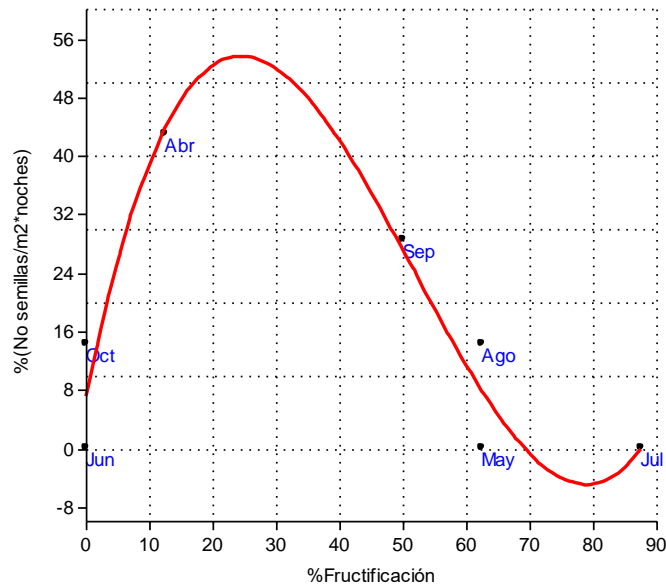


Figura 9. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de semillas por mes de *Solanum torvum* ($r^2 = .87$)

La figura 10 muestra el comportamiento mensual de lluvia de semillas y porcentaje de fructificación de *Solanum jamaicense*. El mes de marzo no presenta datos para esta especie pues no se había incluido en el registro fenológico. Llama la atención que en los meses de julio y agosto que no presentan fructificación existe lluvia de semillas para estos meses. Es posible que estos propágulos provengan de otras localidades donde las plantas estaban fructificando debido a que los murciélagos pueden dispersar semillas a distancias mayores de 20 Km (Galindo-Gonzalez 1998). Es en el mes de octubre cuando las tendencias de fructificación y lluvia de semillas se relacionan directamente.

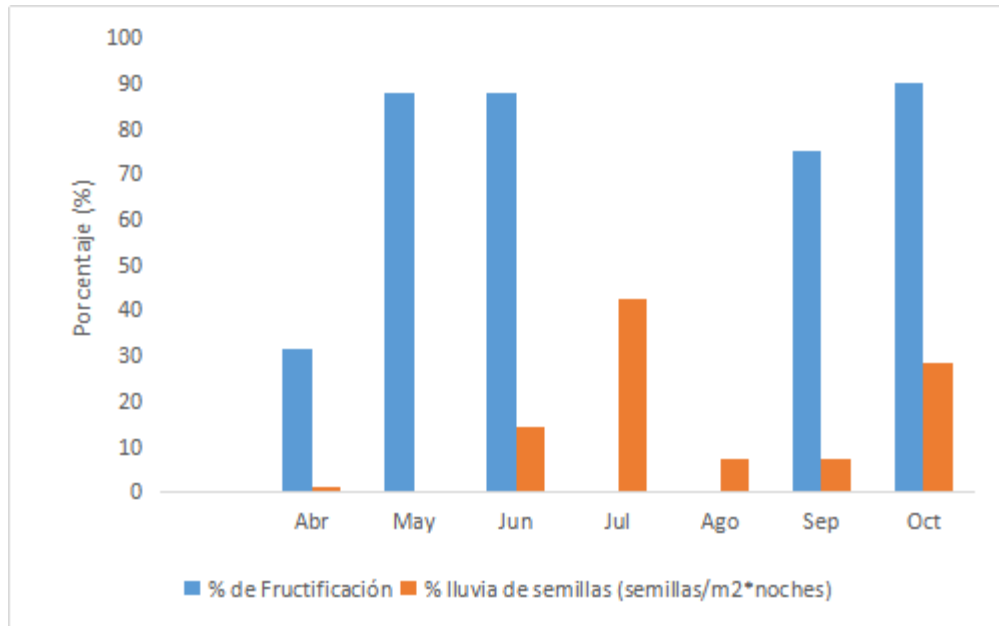


Figura 10. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de *Solanum jamaicense*

La Figura 11 es la curva de regresión polinomial de fructificación y lluvia de semillas expresadas en porcentaje (%) es evidente que con cero fructificación si hubo eventos de lluvia de semillas en los meses de agosto marzo y julio no obstante en los otros meses donde la fructificación se dio en un rango de 75 a 90% la lluvia de semillas no fue muy alta en relación a las otras especies descritas anteriormente. Esto hace pensar dos cosas importantes uno, que las semillas provienen de localidades más allá de donde se localizó el transecto de fenología y dos, la preferencia de los murciélagos sobre esta especie es menor que las especies anteriores.

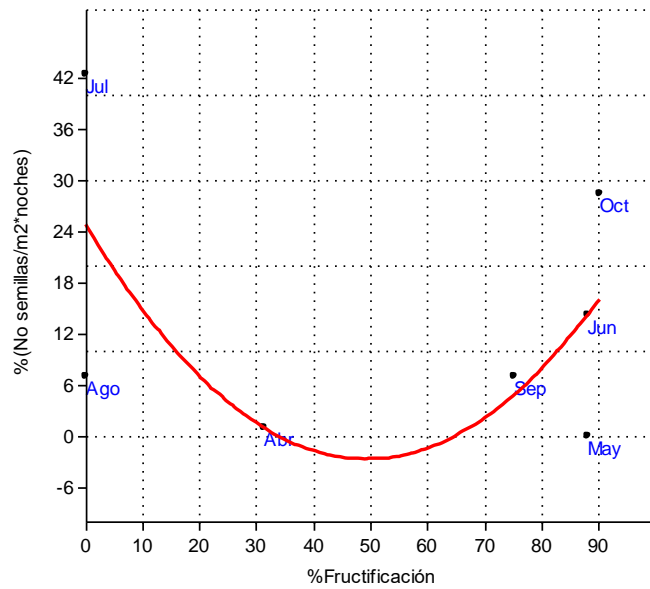


Figura 11. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de semillas por mes de *Solanum jamaicense* ($r^2 = .33$)

La Figura 12 muestra que a pesar que existió disponibilidad de frutas en los meses de marzo, abril mayo, agosto septiembre y octubre solo en los meses de junio y octubre ocurrió lluvia de semillas de *Piper auritum*. Esto está relacionado con la preferencia alimenticia de los murciélagos y la disponibilidad de otras especies. Considerando la importancia para las especies frugívoras y rol fundamental en los procesos de regeneración se conoce muy poco acerca de los patrones fenológicos de las especies del género *Piper* y menos de sus relaciones con sus dispersores animales (Thies & Kalko, 2004).

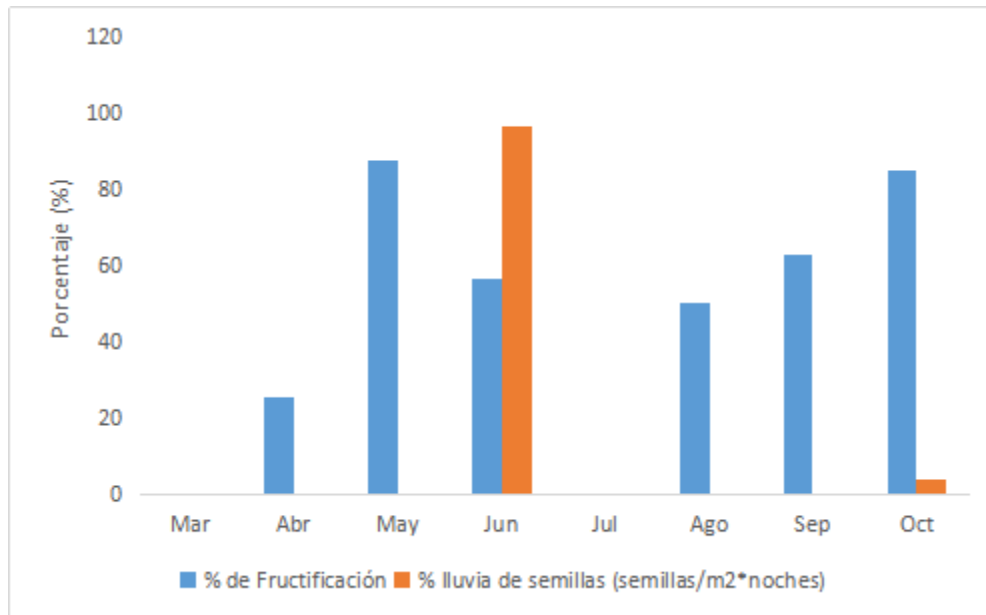


Figura 12. Porcentaje de fructificación y lluvia de semillas de *Piper auritum*

La Figura 13 muestra la curva de regresión polinomial del porcentaje de fructificación y lluvia de semillas con un coeficiente de correlación bajo $R^2 = 0.30$ debido probablemente a que únicamente en los meses de junio y octubre se obtuvieron datos de lluvia de semillas.

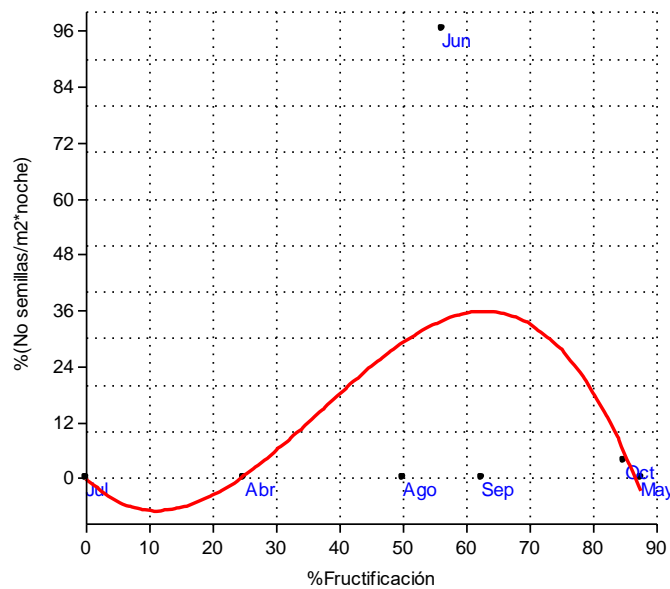


Figura 13. Curva de regresión polinomial para el % de fructificación y el % de lluvia de semillas por mes de *Piper auritum* ($r^2 = .23$)

Uso y ocupación de los refugios artificiales

El hallazgo de restos de frutos comidos debajo o heces en las paredes de los refugios fue considerado evidencia de que los murciélagos habían utilizado los mismos y se consideró como "uso", mientras que si los murciélagos se encontraban descansando dentro del refugio artificial durante el día se consideraría como "ocupación". En este caso se encontraron rastros de que ocho refugios fueron "usados" por los murciélagos durante la noche para alimentarse, en cinco de los cuales se encontraron heces con semillas durante los meses de septiembre y octubre. Durante los ocho meses de observaciones no se registró ningún refugio colonizado por murciélagos.

Nota: Para la especie *Vismia camparaguey* no se pudieron realizar gráficos ni análisis pues no se obtuvieron semillas en las trampas en todo el tiempo del estudio.

La tabla 2 muestra la evidencia de uso de los refugios artificiales de murciélagos. Son los Sitios Uno (S1), al sur de la comunidad de Santa Lucía, y Sitio 2 (S2), al noroeste de la comunidad, los que presentan evidencia de actividad. Por ejemplo, en septiembre el refugio S1R3 es el que muestra mayor actividad, pues hay evidencia de 6 semillas de las siguientes especies *P. auritum*, *Solanum* sp. 3 (S3), Melastomataceae, *Piper* sp5, *Solanun* sp3 y *S. jamaicense*.

Tabla 2.
Registro mensual del uso por murciélagos de los refugios artificiales

Mes	Refugios artificiales																							
	S1R1	S1R2	S1R3	S1R4	S1R5	S1R6	C1R1	C2R2	C3R3	C4R4	C5R5	C6R6	S2R1	S2R2	S2R3	S2R4	S2R5	S2R6	S3R1	S3R2	S3R3	S3R4	S3R5	S3R6
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	3Hi	2Hi	0	Hi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1Hi	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	Hi,Sp22	3Hi,So sp3	5Hi,So sp3, Me	3Hi,Pi sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Hi	Hi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	Pi au, Pi sp5, So sp3, So ja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hi= Heces de insectívoros, Pi au= *Piper auritum*, Pi sp2 = *Piper* sp.2, Pi sp5 = *Piper* sp. 5, So sp3 = *Solanum* sp. 3, So ja = *Solanum jamaicense*, Me = *Melastomataceae*, Sp 22= Morfoespecie 22

Tabla 3.
Actividad detectada en Refugios Experimental y Control en ocho meses de muestreo de marzo-abril 2016

Sitio	Atrayente	No Atrayente	Sitio
S1R1	1	0	C1R1
S1R2	1	0	C2R2
S1R3	6	0	C3R3
S1R4	1	0	C4R4
S1R5	0	0	C5R5
S1R6	0	0	C6R6
S2R1	0	0	S3R1
S2R2	0	0	S3R2
S2R3	0	0	S3R3
S2R4	0	0	S3R4
S2R5	0	0	S3R5
S2R6	0	0	S3R6

La tabla anterior muestra la actividad de murciélagos frugívoros en las mantas colocadas debajo de los refugios grupo experimental (S1R1, S1R2, S1R3, S1R4, S1R5, S1R6, S2R1, S2R2, S2R3, S2R4, S2R5, S2R6), donde se colocó el atrayente (hojas y flores de *P. auritum*) y el grupo control (sin atrayente) que corresponde a los refugios (C1R1, C2R2, C3R3, C4R4, C5R5, C6R6, S3R1, S3R2, S3R3, S3R4, S3R5, S3R6).

El análisis muestra que existe diferencia en la actividad de murciélagos frugívoros en los refugios con atrayente U-Mann Whitney p valor = 0.0363

Estimación de la temperatura dentro de los refugios artificiales

En la Figura 14 se muestra la variación de temperatura en el refugio 2 del Sitio 3 cuyas temperaturas máximas se alcanzaron en los meses de julio (32.9°C) y agosto (33.9°C), y las temperaturas mínimas en los meses de agosto (21.5°C) y octubre (20.6°C). Las medianas y medias de temperatura variaron en todos los meses registrados.

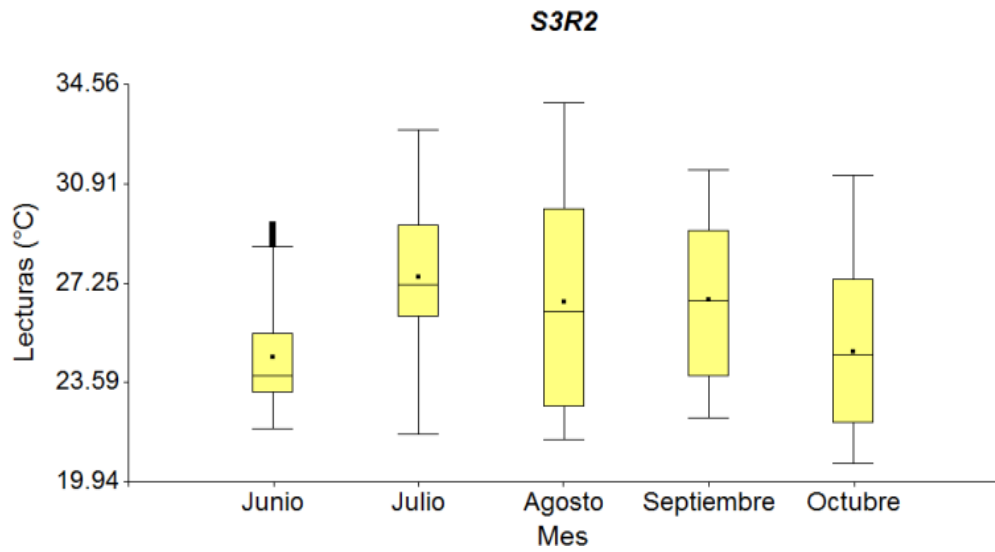


Figura 14. Variación mensual de la temperatura en los refugios S3R2 no visitados por murciélagos.

En la Figura 15 se puede observar la variación mensual de humedad relativa dentro del refugio, observando valores máximos en los meses de septiembre (95.1) y octubre (91.8) respectivamente y valores mínimos en los meses de julio (61.20) y octubre (67.70). Las medianas y medias variaron en todos los meses registrados.

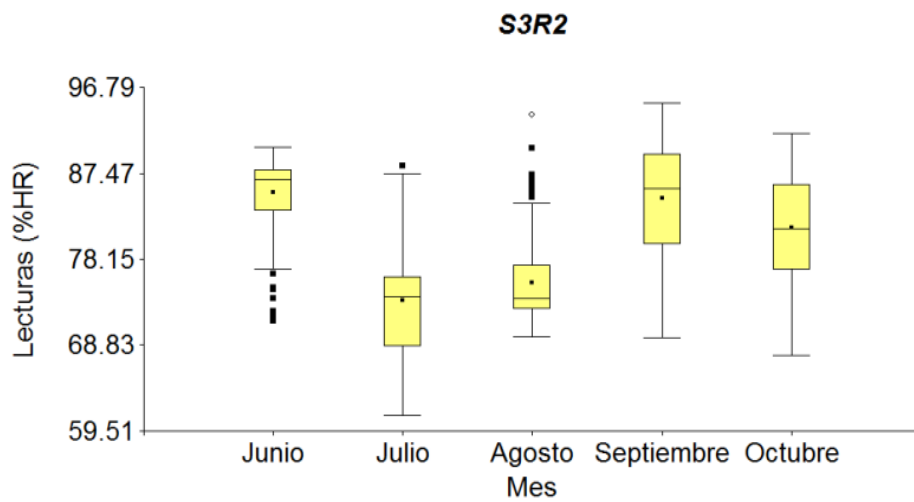


Figura 15. Variación mensual de Humedad relativa en los refugios S3R2 no visitados por murciélagos

En la Figura 16 podemos observar la variación mensual de temperatura con valores máximos en los meses de julio (32.3°C) y agosto (33.6°C) y valores mínimos en los meses de junio (20.8°C) y septiembre (19.9°C). Las medianas y medias de temperatura variaron en todos los meses.

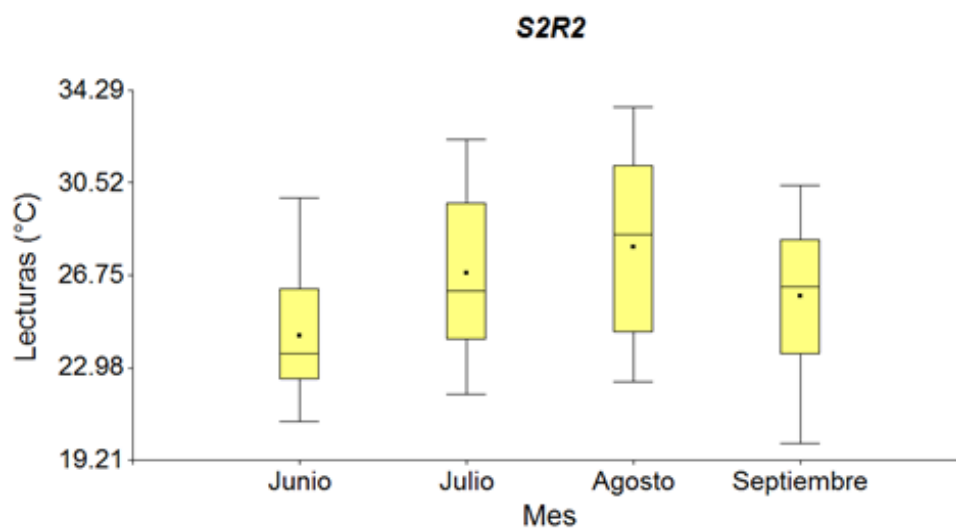


Figura 16. Variación mensual de humedad relativa en el refugio S2R2 visitado por murciélagos

En la Figura 17 se puede observar que la humedad relativa máxima se registró en los meses de julio (93.9) y septiembre (94.8) y las mínimas en los meses de julio (64) y agosto (62.8). Las medianas y medias de humedad variaron en todos los meses.

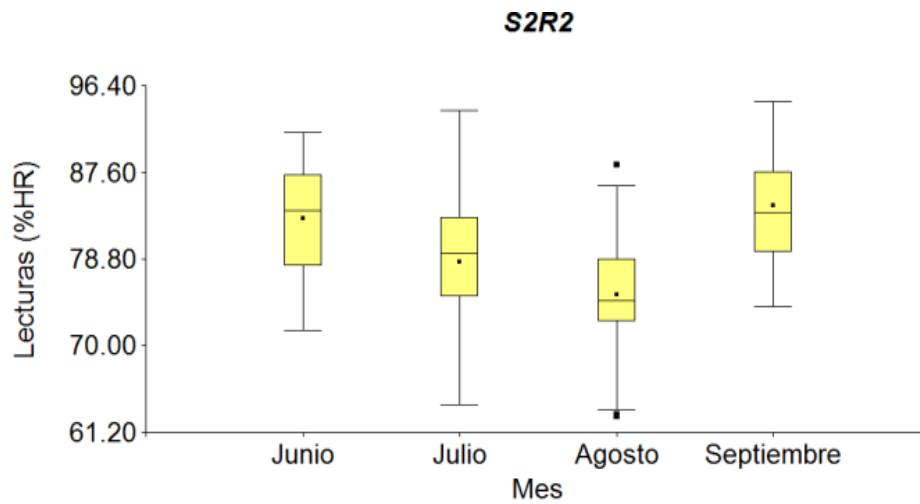


Figura 17. Variación mensual de la humedad relativa en el refugio S2R2 visitado por murciélagos

4.1 Matriz de resultados

<i>Objetivo Específico</i>	<i>Resultado Esperado</i>	<i>Resultado Obtenido</i>
<p>Monitorear la quiropterocoria relacionada a los cambios fenológicos de las especies nutricias de murciélagos frugívoros en dos mosaicos de paisaje en la eco-región de Lachuá.</p>	<p>4 Transectos de monitoreo fenológico de 400 m² (1,600 m²) establecidos con sus plantas nutricias</p> <p><i>Cecropia peltata</i> <i>Piper auritum</i> <i>Vismia camparaguey</i> <i>Solanum torvum</i> <i>Solanum jamaicense</i></p> <p>Porcentaje (%) de floración y fructificación</p> <p>Base de datos con Patrones Fenológicos y gráficas de patrones fenológicos mensuales</p>	<p>Un transecto de 1,000 m de longitud x 4 m de ancho (4,000 m²) con 10 individuos de las cinco especies.</p> <p>Información fenológica de floración y fructificación en porcentajes</p> <p>Base de datos de patrones fenológicos (floración y fructificación)</p> <p>Curvas de % de fructificación y % de lluvia de semillas para las especies:</p> <p><i>Cecropia peltata</i> <i>Solanum torvum</i> <i>Solanum jamaicense</i> <i>Piper auritum</i></p>

		<p>Curvas de regresión polinomial de quinto orden:</p> <p><i>Cecropia peltata</i>. ($r^2 = .72$) <i>Solanum torvum</i> ($r^2 = .87$) <i>Solanum jamaicense</i> ($r^2 = .33$) <i>Piper auritum</i> ($r^2 = .23$)</p> <p>% de floración y % de lluvia de semillas (semillas/m²*noches)</p> <p>Base de datos de morfoespecies encontradas.</p>
--	--	---

Objetivo Específico	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
<p>Comparar la tasa de uso y ocupación de refugios artificiales</p>	<p>Sets de trampas de semillas y refugios artificiales instalados y en operación</p> <p>Datos de lluvia de semillas (semillas/m²*noches) y datos de la tasa de uso y ocupación de los refugios artificiales</p>	<p>42 set de trampas de semillas de 4 trampas por set para un total de 168 trampas de semillas.</p> <p>Base de datos de lluvia de semillas por mes y gráficas y curvas de lluvia de semillas.</p> <p>Refugios mejorados en altura, sombra para mejorar el microclima</p>

<p><i>utilizando hojas y frutos de Piper auritum como atrayente de murciélagos frugívoros</i></p>	<p>Bases de datos de lluvia de semillas mensual y tasa de uso y ocupación</p> <p>Especies de semillas provenientes de quiropterocoria e información mensual lluvia de semillas</p>	<p><i>y el dispositivo en la parte inferior para identificación de la actividad de los murciélagos</i></p> <p><i>Base de datos de lluvia de semillas y Base de datos de Tasa de uso y ocupación mensual.</i></p> <p><i>Colección de semillas y bases de datos, plantas nutricias de murciélagos herborizadas y determinadas</i></p>
---	--	---

5.0 Análisis y discusión

5.1 Lluvia de semillas

En la lluvia de semillas generada por murciélagos en este trabajo, hubo un predominio de géneros de plantas pioneras tales como: *Cecropia* spp. (Cecropiaceae), *Solanum* spp. (Solanaceae) y *Piper* spp. (Piperaceae). Estos géneros pertenecen a familias de plantas que usualmente son utilizadas como alimento por los murciélagos y que, en la mayoría de casos, tienen semillas

pequeñas, con una producción muy abundante y una dispersión a gran distancia (Lovoba et al., 2009). También proporcionan frutos durante todo el año, aunque en algunas especies la fructificación tiende a tener picos en ciertos períodos del año (Thies & Kalko, 2004). Este patrón es similar al de otras localidades del Neotropico donde se ha encontrado que los murciélagos frugívoros dispersan estas semillas. En varias partes de México, como Tabasco (Castro-Luna & Galindo-González, 2012), Veracruz (Galindo-González, Guevara, & Sosa, 2000) y Chiapas (Da Silva, Gaona, & Medellín; 2008; Medellín & Gaona 1999), se ha observado que estas tres familias son de las que más frecuentemente se encuentran en las excretas de murciélagos. Así mismo, en el Bosque Atlántico de Brasil se reportó que Piperaceae, Solanaceae y Cecropiaceae fueron las tres familias más importantes de las que se alimentaban los quirópteros frugívoros (Aguiar y Marinho-Filho, 2007). En Guatemala, estos géneros (familias) también fueron abundantes en las muestras de heces de murciélagos que se colectaron en Yaxhá, Petén (Lou & Yurrita, 2005), en Chocón Machacas, Izabal (Lou, 2007); así como en la Eco-región Lachuá en Alta Verapaz (Cajas *et al.* 2005). Las mismas familias fueron colectadas abundantemente en las trampas de semillas en el trabajo de López (2015) en el trabajo realizado el año pasado en Lachuá.

Hasta el momento, existen 12 muestras con 11 morfotipos que corresponden a semillas de arbustos o árboles que no han sido identificadas, lo que abre la discusión a la importancia de los estudios taxonómicos y fenológicos asociados con la frugívora en la Eco-región de Lachuá. La identificación por semillas resulta complicada debido a que dos especies distintas de una misma familia pueden tener morfología muy similar por lo que esta problemática se podría resolver germinando las semillas y llevando todo el proceso de desarrollo biológico hasta producir frutos lo cual en algunos casos llevaría tiempo que exceden el horizonte temporal del presente estudio.

En otro orden de ideas, se puede realizar la identificación por medio de biología molecular pero antes se deberá realizar un inventario florístico profundo y la experiencia en las parcelas permanentes de muestreo en el PNLL muestran que no se ha podido identificar con certeza todas las especies forestales, lo que abre un enfoque de investigación ligando lluvia de semillas con su taxonomía (R. Reyes, comunicación personal, 2016; M. Veliz, comunicación personal 2016.).

5.2 Quiropterocoria y fenología:

Existe una relación entre la fenología de la fructificación y la lluvia de semillas producida por murciélagos, este fenómeno es complejo y presenta fluctuaciones en su comportamiento, dadas las variantes climáticas y antrópicas, lo que es evidente en el mes de mayo, en relación a las prácticas culturales de tumba, quema y siembra de maíz y otros productos de la población Q'eqchi' en la comunidad de Santa Lucía Lachua que generan un impacto en el suelo, ambiente y rutas de los murciélagos, factores que pueden afectar el equilibrio de la oferta de recursos (Novoa, Cadenillas, & Pacheco, 2011).

Desde la perspectiva estacional cada una de las especies vegetales en estudio presenta un comportamiento fenológico independiente, y aunque existe una fuerte asociación filogenética dentro de la estructura trófica del ensamble de murciélagos la proporción de consumo de las diferentes plantas nutricias puede depender de la abundancia relativa de los recursos y por tanto es variable espacio temporalmente (Suárez-Castro & Montenegro 2015). El poder inferir sobre el comportamiento de los dispersores mediante el estudio de la lluvia de semillas es posible, ya que la actividad de forrajeo y la preferencia de hábitat de éstos, produce patrones no azarosos de lluvia de semillas (Loiselle, Ribbens, & Vargas, 1996).

En el estudio es evidente la importancia de las familias Cecropiaceae y Solanaceae para la dieta estacional de los murciélagos frugívoros, que los resultados orientan hacia este punto, pero las características fisiológicas y de resiliencia de estas plantas favorecen la quiropterocoria del sistema murciélagos-planta-regeneración (Lorenzi 2002; Thies y Kalko, 2004)

5.3 Uso y ocupación de los refugios artificiales

Los refugios artificiales no fueron utilizados como sitios de descanso diurno posiblemente debido a que el microclima dentro de estos puede no haber sido el indicado. El microclima es un factor determinante para el uso de refugios en los murciélagos (Boyles, 2007). Por ejemplo, en México se observó que los murciélagos filostómidos ocuparon preferentemente cuevas con una temperatura menor de 20°C (Ávila-Flores & Medellín, 2004) o cavidades de árboles cuya temperatura máxima alcanzó los 25.9°C en la Selva Lacandona (Ortiz-Ramírez, Lorenzo, Naranjo, E., & León-Paniagua, 2006). Mientras que en los refugios artificiales colocados en Las

Cruces, Costa Rica se encontró que los más visitados fueron los menos cálidos (temperatura máxima diaria menor de 24°C), tanto en los pastizales como en el bosque (Reid, Holste, & Zahawi, 2013). En el presente trabajo, a pesar de que a los refugios se les colocó una cubierta de hojas de palma para que no estuvieran tan expuestos a las inclemencias del tiempo, las temperaturas dentro de estos, muchas veces sobrepasaron los 24°C, llegando a alcanzar en alguno de los refugios entre 32.3° hasta 33.9°C (temperatura máxima durante el día). En comparación con el trabajo de López (2015), se obtuvo una mejora en los niveles de temperatura, ya que en esa investigación la temperatura máxima dentro los refugios estuvo entre 34.1° hasta 40.7°C.

Kunz (1982) sugirió 5 posibles funciones de los refugios nocturnos para los murciélagos: conservación de energía, digestión, evasión de depredadores, transferencia de información e interacciones sociales. En este caso, se encontró evidencia de que los murciélagos frugívoros usaron cuatro de los refugios artificiales durante la noche. Semillas de plantas nutricias como *Piper* spp. y *Solanum* spp. se observaron debajo de dichos refugios sugiriendo que los murciélagos los utilizaron como refugio nocturno para alimentación. Las semillas depositadas en el fondo de los refugios aparecieron únicamente en los que en su interior tenían hojas y frutos de *Piper auritum* como atrayente, habiendo la posibilidad de que los ramilletes colocados en el interior funcionaran como atractivo para los murciélagos. En otros estudios se ha encontrado que el aceite esencial extraído de plantas nutricias de murciélagos frugívoros, incluyendo las del género *Piper*, actúan como atrayente de estos mamíferos (Bianconi et al., 2007; Bianconi et al., 2010; Mikich et al., 2003). Al igual que los aceites esenciales, el uso de frutos puede ser de utilidad para atraer a estos quirópteros ya que por ejemplo, en Chiapas, México (Preciado-Benítez, Gómez y Gómez, Navarrete-Gutiérrez & Horváth, 2015), se encontró que frutas maduras para consumo humano (banano y mango) pueden servir de atrayente para algunas especies de murciélagos frugívoros tales como: *Carollia sowelli* y *Artibes toltecus*.

El uso de estos refugios como sitios de alimentación nocturna por los quirópteros frugívoros, coincide con los resultados de la investigación realizada en Las Cruces, Costa Rica, donde los refugios colocados en sitios abiertos (pastizales) fueron utilizados únicamente durante la noche

para alimentarse y nunca durante el día como sitio de descanso (Reid et al., 2013). Lo que los autores atribuyen a razones tales como: un microclima inadecuado dentro del refugio, la dificultad para los murciélagos para detectar los refugios al no haber ningún recurso interesante para ellos (alimento o protección) y porque el diseño del refugio utilizado pudo haber tenido algún fallo (Reid et al., 2013). También hay que considerar que, si los refugios hubieran permanecido colocados por más tiempo, los murciélagos hubieran aumentado la frecuencia de uso de estos durante la noche, fomentando la dispersión de semillas hacia lugares perturbados (Kelm et al., 2008).

Los refugios también fueron usados por murciélagos insectívoros, ya que se encontraron heces características de este de quirópteros, lo que sugiere que pueden ser usados como paradas temporales que estos mamíferos hacen después de alimentarse para descansar y digerir los insectos que han capturado durante la noche.

4.2 Impacto esperado

1) *Piper auritum* funciona como atrayente de murciélagos frugívoros en refugios artificiales pues existe una evidente diferencia entre los grupos experimental y control en el experimento;

2) Se mejoró el diseño del refugio en aspectos de altura y sombra lo que generó que el mismo funcionara en los procesos de visita para alimentación de murciélagos frugívoros e insectívoros;

3) Se abre la pregunta científica si los refugios artificiales funcionan como dispositivos para evitar depredadores;

4) El hecho de que los refugios fueron utilizados por murciélagos frugívoros abre una posibilidad de utilizarlos como herramienta en procesos de restauración del bosque;

5) Se impartieron charlas en las escuelas de Santa Lucía y San Benito Lachua que generaron atención y e interés por la biología de los murciélagos por parte de alumnos y maestros;

6) El manual generado en español y q'eqchi' que se repartió en el PNLL, MOSCAMED, Escuelas, DIGI es un aporte a la educación ambiental relacionada con las funciones ecológicas de los murciélagos

6.0 Conclusiones

1. En la Eco-región Lachuá se encontró que existe una relación entre la fructificación y la lluvia de semillas producida por murciélagos, y que este fenómeno es complejo y presenta fluctuaciones en su comportamiento dadas las variantes climáticas, espaciales e influencias de origen antropogénico.

2. Los frutos de *Piper auritum* funcionan como atrayente para que los murciélagos frugívoros visiten durante la noche los refugios artificiales. Debido a esto, se puede considerar el uso de frutos maduros de plantas nutricias de murciélagos como una herramienta potencial que contribuya en el proceso de restauración de sitios perturbados.

3. A pesar de que los refugios artificiales no fueron ocupados (utilizados como refugios diurnos para descansar), si fueron usados como refugios de alimentación durante la noche, ya que se encontraron heces de murciélagos con semillas y restos de insectos debajo de los refugios.

4. Las modificaciones a los refugios en altura, tipo de sombra y la manta debajo del mismo generó que las temperaturas de los refugios fueran mas bajas que en otras experiencias Lopez (2015). En nuestro proyecto las temperaturas sobrepasaron los 24°C, llegando a alcanzar en algunos refugios más de los 33°C (temperatura máxima durante el día).

5. La cercanía de los refugios con el Parque Nacional Laguna de Lachua y el tipo de geomorfología karstica del lugar con múltiples cuevas y refugios naturales pueden tener un efecto en que los murciélagos no utilicen los mismos como refugios permanentes.

7.0 Referencias

- Aguiar, L. M., & Marinho-Filho, J. (2007). Bat frugivory in a remnant of Southeastern Brazilian Atlantic forest. *Acta Chiropterologica*, 9(1), 251-260.
- Aguilar, D. (2005). Dispersión de semillas en cuatro estados sucesionales de una localidad subandina (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Ávila-Flores, R., & Medellín, R.A., (2004). Ecological, taxonomic, and physiological correlates of cave use by Mexican bats. *Journal of Mammalogy*, 85(4), 675–687
- Balmori, A. (1998). El estudio de los murciélagos por medio de sus emisiones ultrasónicas. Métodos en Mastozoología. *Galemys*, 10(1), 12-19.
- Bocchese, R.A., de Oliveira, A.K.M. and Laura, V.A. (2008). Germinação de sementes de *Cecropia pachystachya* (Cecropiaceae) Trécul (Cecropiaceae) em padrões anteriores e posteriores à passagem pelo trato digestório de aves dispersoras de sementes. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, 8(2), 19-26.
- Cajas J., (2005). Polen transportado en el pelo de murciélagos nectarívoros en cuatro valles secos de Guatemala (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cajas J., Ávila, R., Grajeda, A. L., Machuca, O. & Benítez, L. (2005). Aves y murciélagos como dispersores de semillas en tres etapas sucesionales de la Ecorregión Lachuá, Alta Verapaz, Guatemala (Informe final Digi). Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas.
- Castro-Luna, A. A., & Galindo-González, J. (2012). Seed dispersal by phyllostomid bats in two contrasting vegetation types in a Mesoamerican reserve. *Acta Chiropterologica*, 14(1), 133-142.
- Cornejo, F. & Janovec, J. (2010). *Seeds of Amazonian Plants*. Princeton: Princeton University Press.
- Da Silva, A. G., Gaona, O., & Medellín, R. A. (2008). Diet and trophic structure in a community of fruit-eating bats in Lacandon Forest, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 89(1), 43-49.
- Diaz, R., Overholt, W. A., & Langeland, K. (2008). Jamaican nightshade (*Solanum jamaicense*): a threat to Florida's hammocks. *Invasive Plant Science and Management*, 1(4), 422-425.
- Fenton M. B., Acharya, L., Audet, D., Hickey, M. B., Merriman, C., Obrist, M. K., & Syme, D. M. (1992). Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 24(3), 440 - 446.
- Fleming, T. H., Hooper, E. T., & Wilson, D. E. (1972). Three Central American Bat Communities: Structure, Reproductive Cycles, and Movement Patterns. *Ecology*, 53(4), 555-569.

- Flores-Crespo, R. (1978). La rabia, los murciélagos y el control de los hematófagos. *Ciencia Veterinaria*, 2, 38-70.
- Galindo, J. (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: Su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*, 73, 57-74.
- Galindo-González, J., S. Guevara, & V. J. Sosa. (2000). Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 14(6), 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 licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- García-Mendoza, A.J., & Meave, J.A. (2011). Diversidad florística de Oaxaca: De musgos a angiospermas (colecciones y lista de especies). Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Gardner, A. L. (1977). Feeding habits. En: R. J. Baker; J. K. Jones Jr. y D. C. Carter (Eds). *Biology of bats of the New World family Phyllostomidae* (Part II, p. 243-349). Texas, Texas Tech Press.
- Giannini, N. P., & Kalko, E. K. V. (2004). Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos*, 105(2), 209-220.
- Gorchov, D. L., Cornejo, F., Ascorra, C., & Jaramillo, M. (1993). The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio*, 107(1), 339-349.
- Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201-228.
- Huber, J. (1910). Mattas e madeiras amazônicas. *Boletim do Museo Goeldi de Historia Natural e Ethnographia*, 6, 91-225.
- Kelm, D., Wiesner, K. & 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.
- Kiser, M. & Kieser, S. (2002). *Bat houses for integrated pest management benefits for bats and organic farmers: Phase I*. Organic Farmer Research Foundation.
- Kunz, T. H. (1982). Roosting ecology of bats. En T. H. Kunz (Ed.). *Ecology of bats* (pp. 1-55). New York: Plenum Press.
- Kunz, T. & Fenton, M. (2003). *Ecology of bats*. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press.
- Landaverde, P., & Calderón, A. P. (2012). Efecto de la fragmentación sobre el flujo génico de *Artibeus jamaicensis* en el Biotopo el Zotz y su zona de amortiguamiento en Petén, Guatemala (Informe final Digi). Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas.
- Laurance, W. F., & Cochrane, F. (2001). Synergistic effects in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 15(6), 1488-1489.

- Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., Vasconcelos, H. L., Bruna, E. M., Didham, R. K., Stouffer, P. C., ... & Sampaio, E. (2002). Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology*, 16(3), 605-618.
- Lhumeau, A. & Cordero, D. (2012). *Adaptación basada en ecosistemas: Una respuesta al cambio climático*. Quito, Ecuador: UICN.
- Loayza, A. P., Rios, R. S., & Larrea Alcázar, D. M. (2006). Disponibilidad de recurso y dieta de murciélagos frugívoros en la Estación Biológica Tunquini, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 41(1), 7-23.
- Lobova T. A., Mori, S. A., Blanchard, F., Pukham, M., & Charles-Dominique, P. (2003). *Cecropia* as a food resource for bats in French Guiana and the significance of fruit structure in seed dispersal and longevity. *American Journal of Botany*, 90(3), 388-403.
- Lobova, T.A., C.K. Geiselman, & S.A. Mori. (2009). *Seed dispersal by bats in the Neotropics*. Bronx, NY: The New York Botanical Garden Press.
- Loiselle, B. A., Ribbens E. & Vargas, O. 1996. Spatial and temporal variation of seed rain in a tropical lowland wet forest. *Biotropica* 28(1), 82-95.
- Long, R., Kiser, W., & Kiser S. (2006). Well placed bat houses can attract bats to Central Valley farms. *California Agriculture*, 60(2), 91-94.
- López, J. (1992). Las comunidades de quirópteros en los volcanes Zunil y Santo Tomás Pecul, Quetzaltenango (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- López, J. & 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.
- López, J. E. (2015). Efecto 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. Informe final. CONCYT-USAC, Guatemala.
- Lorenzi, H. (2002). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum.
- Lou, S., & Yurrita, C. L. (2005). Análisis de nicho alimentario en la comunidad de murciélagos frugívoros de Yaxhá, Petén, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana*, 21(1), 83-94.
- Lou, S. (2007). Dinámica de dispersión de murciélagos frugívoros en el paisaje fragmentado del Biotopo Chocón Machacas, Livingston, Izabal. Informe final. CONCYT-USAC, Guatemala.
- McCarthy, T. J. & Pérez, S. G. (2006). Land and freshwater mammals of Guatemala: faunal documentation and diversity. E. Cano (ed.) En: *Biodiversidad de Guatemala* (pp. 625-674). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Medellin, R. & Gaona, O. (1999). Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 31(3), 478-485.

- Meli, P. (2003). *Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica*. México, D.F.: Instituto de Ecología, UNAM.
- Mello, M. A. R., Kalko, E. K. V. & Silva, W. R. (2008). Movements of the bat *Sturnira lilium* and its role as a seed disperser of Solanaceae in the Brazilian Atlantic forest, *Journal of Tropical Ecology*, 24(2), 225–228.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. 2015. Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal: Mecanismo para el Desarrollo Rural Sostenible de Guatemala. INAB/Programa Forestal, Secretaría Técnica, Mesa de Restauración del Paisaje Forestal.
- Morrison, E. B. & Lindell, C.A. (2011). Active or passive forest restoration? Assessing restoration alternatives with avian foraging behavior. *Restoration Ecology*, 19,170-177.
- Muñoz, M. (2006). El culto al dios murciélago en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*, 14(80), 17-23.
- Muscarella, R., & Fleming, T. H. (2007). The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews*, 82(4), 573-590.
- Nee, M. (1993). *Solanaceae Parte II. Flora de Veracruz. Fascículo 72*. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C.- University of California.
- Neuweiler, G. (2000). *The biology of bats*. New York, USA: Oxford University Press.
- Novoa, S. Cadenillas, R., & Pacheco, V. (2011). Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en bosques del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes Perú. *Mastozoología Neotropical*, 18(1), 81-93.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2012). Los Bosques y el Cambio Climático: Las funciones de los bosques en el cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/forestry/climatechange/53459/es/>.
- Ortiz-Ramírez, D., Lorenzo, C., Naranjo, E., & León-Paniagua, L. (2006). Selección de refugios por tres especies de murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77(2), 261-270.
- Pérez, S. (1994). Los murciélagos de las colecciones zoológicas del Museo De Historia Natural De La Universidad De San Carlos. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Pérez, S., López, J., & McCarthy T. (2012). Five New records of bats for Guatemala, with comments on the check list of the country. *Chiroptera Neotropical*, 18(1), 1106-1110.
- Pérez, P., López, B., García, F., Cuevas, P., & Gonzalez, R. (2013). Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biologicas*,18-24.
- Preciado-Benítez, O., Gómez y Gómez, B., D. A. Navarrete-Gutiérrez, D. A., & Horváth. A. (2015). The use of commercial fruits as attraction agents may increase the seed dispersal by bats to degraded areas in Southern Mexico. *Tropical Conservation Science*, 8(2), 301-317.

- Reid, J. L., Holste, E. K., & Zahawi, R. A. (2013). Artificial bat roosts did not accelerate forest regeneration in abandoned pastures in southern Costa Rica. *Biological Conservation*, 167, 9-16.
- Reis, A. & Kageyama, P. Y. (2003). Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. En: P. Y. Kageyama, E. Oliveira, L. Morales, V. Engel, & F. Gándara (Eds.). *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais* (pp. 91-110). Botucatu, São Paulo: FEPAP.
- Reis, A. & Tres, D. (2004). *Recuperación de áreas degradadas: La función de la nucleación*. Florianópolis, Brasil: Centro de Ciencias Biológicas.
- Ridley, H. N. (1930). *Dispersal of plants throughout the world*. Reeve, Londres, RU.
- Rodríguez, G. (2000). Comunidades de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en potrero, guamil y bosque maduro, Río Dulce, Izabal. (Tesis de licenciatura). Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
- Schulze, M., Seavy, N., & Whitacre, D. (2000). A comparison of phyllostomid bats assemblages in undisturbed neotropical forest and in forest fragments of slash and burn farming mosaic in Petén, Guatemala. *Biotropica*, 32(1), 174-184.
- Suárez-Castro, A. F. & Montenegro, O. L. (2015). Consumo de plantas pioneras por murciélagos frugívoros en una localidad de la Orinoquía colombiana. *Mastozoología Neotropical*, 22(1), 125-139.
- Stevenson, P. (2004). Phenological patterns of woody vegetation at Tinigua Park, Colombia: Methodological comparisons with emphasis on fruit production. *Caldasia*, 26(1), 125-150.
- Thies, W., & Kalko, E. K. (2004). Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos*, 104(2), 362-376.
- Tuttle, M., Kiser, M., & Kiser, S. 2004. *The bat house builder's handbook*. Austin, Texas: Bat Conservation International.
- Valle, L. (1997). Distribución altitudinal de la comunidad de Quirópteros en San Lorenzo, Zacapa, Reserva de la Biosfera Sierra de la Minas, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Van der Pijl, L. (1957). The dispersal of plants by bats (Chiropterochory). *Acta Botanica Neerlandica*, 6(3), 291-315.
- Van der Pijl, L. (1982). *Principles of dispersal*. Berlin: Springer-Verlag.
- Wendt, T. (1987). Las selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México: Evidencia de refugios florísticos Cenozoicos. *Anales del Instituto de Biología UNAM Serie Botánica*, 58, 29-54.

8.0 Anexos

Anexo 1 Boleta de Registro Fenológico

Boleta de Fenología

Fecha: _____ Observador: _____ Hora: _____

Tiempo: Soleado Nublado | Brumoso Lluvioso

Especie: _____

Individuo	(t) altura mts.	(f) % de fenología fructificación	Estado general Fenología (f)%
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Clave:

(t) tamaño relativo de cada individuo
(1=0-2m; 2=2-4m; 3=4-6m; 4=15-20m; 5=>20m).

(f) porcentaje de ramas con fruto
(1=0-20%; 2=21-40%; 3=41-60%; 4=61-80%; 5=81-100%)

Observaciones: _____

Anexo 1 Fotografías del proyecto



Instalación de refugios artificiales



Refugio artificial para murciélagos



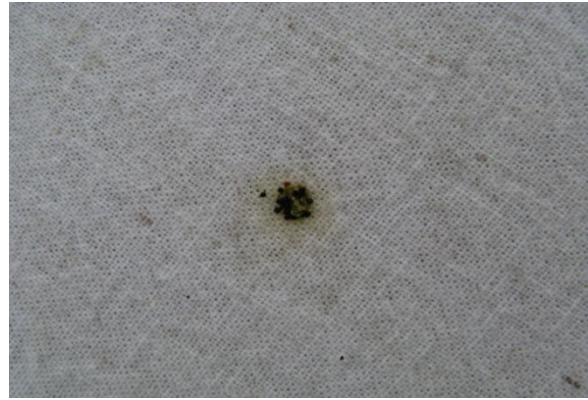
Trampa para coleccionar semillas



Set de trampas en una localidad
sin refugios



Trampa para semillas en una
localidad con refugios artificiales



Excreta de murciélago con semillas en
una de las trampas para semillas



Refugios con mantas en la parte inferior para evidenciar su uso



Mujer de la comunidad de Santa Lucía realizando una quema de guamil

Evidencia de signos animales en mantas bajo los refugios

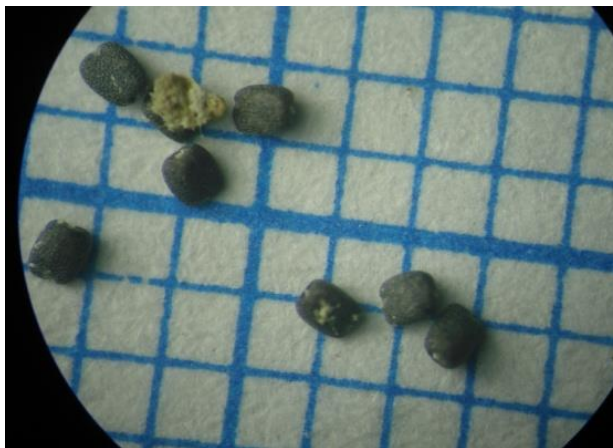


Quema de terreno cercano a los sets de trampas de semillas

Anexo 2. Fotografías de semillas colectadas en las trampas



Solanum jamaicense



Piper sp. 2



Cecropia obtusifolia



Cecropia peltata



Solanum torvum



Morfoespecie 2

9.0 Actividades de gestión, vinculación y divulgación

Se realizaron varios talleres en escuelas de dos comunidades de la Eco-región Lachuá: San Benito y Santa Lucía Lachuá. Para impartir los talleres se elaboró un manual (“La importancia de los murciélagos para la preservación de los bosques: Una historia de murciélagos de la Eco-región Lachuá) que abarcó temas como: la importancia de los murciélagos, hábitos alimenticios de los murciélagos, así como una descripción breve del proyecto, los objetivos de colocar refugios artificiales para murciélagos en parcelas abandonadas y los resultados esperados. El manual está escrito en español y en quechí. Durante el desarrollo de la plática y al final se respondieron a las preguntas planteadas por la audiencia.

Fotografías de los talleres impartidos en escuelas de la Eco-región Lachuá



Taller sobre sensibilización sobre importancia de murciélagos en la escuela de la comunidad de San Benito



Taller sobre sensibilización sobre importancia de murciélagos en la escuela de la comunidad de San Benito



Taller sobre sensibilización sobre importancia de murciélagos en la escuela de la comunidad de San Benito



Taller sobre sensibilización sobre importancia de murciélagos en la escuela de la comunidad de Santa Lucía Lachuá



Taller sobre sensibilización sobre importancia de murciélagos en la escuela de la comunidad de Santa Lucía Lachuá



Taller sobre sensibilización sobre importancia de murciélagos en la escuela de la comunidad de Santa Lucía Lachuá

Carátula del manual que se elaboró para impartir los talleres de sensibilización sobre la importancia de los murciélagos:



La importancia de los murciélagos para la preservación de los bosques Una historia de murciélagos de la Eco-región de Lachua

