



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

División de Estudios de Posgrado

FACULTAD DE BIOLOGÍA

Programa Institucional de Maestría En Ciencias Biológicas
Área temática: Ecología y Conservación

**“EFECTO DEL CULTIVO DE AGUACATE ORGÁNICO
Y TRADICIONAL EN LA COMUNIDAD DE
MURCIÉLAGOS EN MICHOACÁN”**

TESIS

Que presenta:

BIÓL. LUIS ALBERTO ALCÁNTAR GONZÁLEZ

Como requisito para obtener el título profesional de

Maestro en Ciencias Biológicas

Directora de Tesis:

Dra. Yvonne Herrerías Diego

MORELIA, MICHOACÁN

Marzo 2021



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar la competencia y la experiencia de muchas personas que deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar, a mi directora de Tesis, la Dra. Yvonne Herrerías Diego, a ella mi más amplio agradecimiento por haberme confiado este trabajo, por su paciencia y por su valiosa dirección y apoyo para seguir este camino de tesis y llegar a la conclusión del mismo. Cuya experiencia y educación han sido mi fuente de motivación.

A cada uno de los miembros del comité sinodal, al Dr. Pablo Cuevas Reyes, Dr. Alejandro Salinas Melgoza, Dr. Arnulfo Blanco García y al Dr. Antonio González Rodríguez, por sus consejos, observaciones y comentarios que me brindaron para la realización y culminación del trabajo de tesis.

A los productores de aguacate, que nos permitieron la entrada a sus instalaciones y terrenos para la toma de muestras, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de este trabajo. Desde luego, mis agradecimientos a Rodrigo Icpac, Cristóbal Bravo, Jesús Alberto Farías, Antonio Ayala, Antonio Bazaldua y Salvador Botello por la disposición y confianza que nos brindaron.

A todos mis compañeros y amigos, estén donde estén, y sin excepción a cada uno de los integrantes del equipo “Rayo Amigo”, Frecia, Cristo, Yessi, Julio y Gerardo, se merecen todo mi aprecio y gratitud, ya que con ellos compartí salidas de campo, laboratorio e incontables horas de buenos momentos, lo cual es invaluable. Por todo el tiempo que me dieron, por el

respaldo y la amistad. Gracias por los buenos y malos momentos, por aguantarme y por escucharme. Siempre estuvieron ahí en lo bueno y en lo malo. A todos ellos, gracias.

Un especial agradecimiento a Ricardo, a los “Delfinitos”, Ana, Aleja, Iván, Arlenne y al Pollo, y a todos los compañeros de laboratorio de Vida Silvestre, a todos ellos porque también fueron parte importante de este trabajo, los llevo conmigo.

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el cariño y apoyo incondicional que me otorgan mis padres Héctor y Martha y a mi hermana Samanta, son mi más grande motivación y este esfuerzo también es de ellos. Las palabras nunca serán suficientes para expresarles mi aprecio, amor y agradecimiento.

Y a las instituciones que aportaron el recurso necesario para financiar el proyecto, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas (PIMCB) y a la Facultad de Biología.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
1.1 Bosques templados	3
1.2 Cultivo de aguacate	5
1.3 Sistemas agroforestales.....	7
1.4 Murciélagos	8
1.5 Murciélagos en sistemas agroforestales	11
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS PARTICULARES	13
2. EFECTO DE LOS CULTIVOS DE AGUACATE EN LA COMUNIDAD DE MURCIÉLAGOS DE LA FRANJA AGUACATERA DE MICHOACÁN	14
2.1 Resumen	14
2.2 Introducción.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Área de estudio.....	20
3.2 Captura de murciélagos.....	20
3.2.1 Redes de niebla	20
3.2.2 Muestreo acústico	21
4. ANÁLISIS DE DATOS	22
4.1 Curvas de acumulación de especies	22
4.2 Abundancia Relativa	22
4.3 Rango Abundancia	23
4.4 Diversidad Alfa (α)	23
4.5 Diversidad Beta (β)	24
4.6 Escalonamiento Multidimensional No Paramétrico (MNDS).....	24
4.7 Gremios Tróficos.....	25
4.8 Proporción Huerto – Bosque	25
5. RESULTADOS.....	26
6. DISCUSIÓN	37
7. CONCLUSIONES.....	42
8. BIBLIOGRAFÍA	43

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Cuadro 1. Especies de murciélagos y su abundancia en cada uno de los tipos de cultivo en la franja aguacatera de Michoacán.	27
Figura 1. Curva de acumulación de especies de murciélagos registrados con redes de niebla y grabadoras de febrero 2019 a noviembre 2019 en la franja aguacatera de Michoacán. a) cultivos orgánicos b) cultivos tradicionales.	28
Figura 2. Curvas de rango abundancia de las especies de murciélagos registradas en cultivos orgánicos y tradicionales en la franja aguacatera de Michoacán.	30
Cuadro 2. Índices de diversidad y dominancia calculados para el ensamble de murciélagos, para cada tipo de cultivo en la franja aguacatera de Michoacán, de febrero 2019 a noviembre 2019. <i>H</i> , diversidad de Shannon y <i>D</i> , dominancia de Simpson.	31
Figura 3. Escalonamiento multidimensional no paramétrico de la comunidad de murciélagos en la franja aguacatera de Michoacán, plot basado en la distancia del coeficiente de similitud de Bray-Curtis.	33
Figura 4. Abundancia de las especies de murciélagos por gremio trófico registrados de febrero 2019 a noviembre 2019 en cultivos tradicionales y orgánicos de la franja aguacatera de Michoacán.	35
Cuadro 3. Proporciones de huerta-bosque (Has) de los sitios de muestreo con diferente manejo en la franja aguacatera de Michoacán.	35

RESUMEN

Los murciélagos son esenciales en el proceso de regeneración del bosque, ya que son determinantes en la polinización y dispersión de semillas promoviendo el éxito reproductivo de diferentes especies de plantas. Por lo tanto, el cultivo de aguacate en Michoacán ha transformado los ecosistemas forestales templados a sistemas agroforestales reduciendo su área total, afectando su distribución espacial, alterando las condiciones ambientales, su capacidad de resiliencia, y el tamaño poblacional de diferentes especies. Sin embargo, las huertas con diferente manejo en su producción podrían ser reservorios de biodiversidad y recursos alimenticios que provean hábitats de alta calidad para diversas especies de murciélagos. En el presente estudio, evaluamos los efectos del cultivo de aguacate orgánico y tradicional en la comunidad de murciélagos utilizando simultáneamente dos tipos de muestreo (redes de niebla y monitoreo de llamadas de ecolocalización), en la franja aguacatera de Michoacán. Los murciélagos capturados fueron identificados y a cada individuo se le determinó el sexo, estado reproductivo y edad relativa. Por otro lado, obtuvimos registros acústicos mediante grabadoras para complementar el muestreo de las especies de murciélagos y obtener información sobre la abundancia de los murciélagos en zonas de cultivo. Los análisis obtenidos demostraron que, de los 4,095 individuos registrados observamos una mayor riqueza de especies en las huertas de aguacate con un manejo orgánico que las huertas que tienen un manejo tradicional. Los resultados de este trabajo mostraron que el tipo de manejo en la producción de aguacate puede influir en la estructura de la comunidad de murciélagos.

Palabras clave: Cultivos de aguacate, Ecosistemas templados, Franja aguacatera, Comunidad de Murciélagos, Tipo de manejo.

ABSTRACT

Bats are essential in the forest regeneration process, as they are determinant in pollination and seed dispersal, promoting the reproductive success of different plant species. Therefore, the exacerbated cultivation of avocado in Michoacán has transformed temperate forest ecosystems into agroforestry systems, reducing their total area, affecting their spatial distribution, altering environmental conditions, their resilience, and the population size of different species. However, orchards with different management in their production could be reservoirs of biodiversity and food resources that provide high quality habitats for diverse bat species. In the present study, we evaluated the effects of organic and traditional avocado cultivation on the bat community by simultaneously using two types of sampling (mist nets and echolocation call monitoring) in the avocado belt of Michoacán. The captured bats were identified and the sex, reproductive status and relative age were determined for each individual. On the other hand, we obtained acoustic recordings using tape recorders to complement the sampling of bat species and to obtain information on the abundance of bats in cultivated areas. The analyses obtained showed that, of the 4,095 individuals recorded, we observed a higher species richness in avocado orchards with organic management than in orchards with traditional management. The results of this work showed that the type of management in avocado production can influence the structure of the bat community.

Key words: Avocado crops, Temperate ecosystems, Avocado belt, Bat community, Management type.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Bosques templados

A escala global los bosques templados representan el 25% del área forestal mundial y 8% de la superficie continental libre de hielo. En México, los bosques templados constituyen 20% de la cobertura forestal que los hace la clase de bosques más ampliamente distribuida. De esta proporción, 5% es ocupado por bosques de encinos, 14% por bosques de pino y pino-encino y 1% por otras coníferas (Rzedowski, 1991).

El interés público por estos ecosistemas forestales actualmente parece estar centrado en la deforestación, cambio de uso y degradación de suelos, por lo que, los sistemas de producción que conserven parte de la cobertura vegetal nativa y logren un funcionamiento ecosistémico adecuado en los sistemas forestales han cobrado gran importancia. Debido a que los bosques templados prestan servicios ecosistémicos, generan múltiples productos no materiales que benefician a las poblaciones humanas que los habitan o visitan, así como por su biodiversidad y aportaciones a las estrategias de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático (Balvanera, 2012; Hagerman & Pelai, 2018).

Los bosques templados de México, representan uno de los tipos de vegetación más transformados debido al establecimiento de asentamientos y la realización de muchas actividades productivas, las tierras de cultivo principalmente (Challenger, 2003). Esto los convierte en uno de los ecosistemas más amenazados y menos conservados del país (Challenger, 2003), sabiendo ampliamente que la expansión agropecuaria en las últimas cuatro décadas ha impactado negativamente en grandes magnitudes a las regiones altamente biodiversas de México (Mas *et al.*, 2004; Bonilla-Moheno *et al.*, 2013; Moreno-Sánchez *et al.*, 2014).

Estos sistemas agrícolas han ocasionado una degradación y alteración de los ecosistemas, en aspectos como son la pérdida de biodiversidad, la deforestación, contaminación de agua, erosión, agotamiento de los mantos acuíferos, aumento de la emisión de gases asociados al calentamiento global, etc. (FAO, 2007; Kanninen, 2003; Paruelo, *et al.* 2005).

Por otra parte, el cambio de uso del suelo, ha sido y es una de las principales causas que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (FAO, 2007). El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de mayor importancia desde el punto de vista del calentamiento global debido al volumen producido todos los años, con un aumento en su concentración atmosférica y por el tiempo de residencia del gas en la atmósfera. El CO₂ es responsable del 50 % del calentamiento global debido a la absorción de la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra (Jobbágy y Jackson, 2000).

De los ecosistemas terrestres, los bosques son los que almacenan la mayor cantidad de carbono, tanto a nivel de la vegetación como de los suelos, jugando así un papel importante en el intercambio de CO₂ entre la biosfera y la atmósfera (Jaramillo, 2004). Por ejemplo, un estudio realizado en Michoacán, demostró que las existencias de carbono total en bosques de pino y roble (222.9 -266.9 t·ha⁻¹) fueron mayores que en tierras con fines agrícolas (82.7-90.8 t C·ha⁻¹). De la misma manera, se observó en el caso de los bosques, el suelo almacena alrededor del 40 % del carbono total en el sistema, a diferencia de las tierras agrícolas (>90%) (Ordoñez *et al.*, 2008).

Ante tal situación, es necesario emplear estrategias productivas, ecológicas y económicamente sustentables para el manejo de los sistemas agropecuarios. Una alternativa a los problemas de degradación de los recursos naturales por cambios de uso de suelo es la implementación de sistemas agroforestales, que son formas de uso de la tierra, donde los

árboles o arbustos interactúan biológica y económicamente en una misma superficie con cultivos y/o animales, asociados de forma simultánea o secuencial (Nair, 2004). El propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción para un manejo sostenible (Schroth *et al.*, 2001). Además, ofrecen múltiples bondades, no sólo al ambiente sino también al productor, puesto que protegen al suelo de la erosión y adicionan materia orgánica, proveen de alimento y sombra para los animales todo el año, y mantienen una alta biodiversidad (Sánchez, 1995). Asimismo, la integración de especies leñosas dentro de estos sistemas, promueven la recuperación de áreas degradadas (Razz y Clavero, 2006), así como también la captura de dióxido de carbono, el cual es uno de los principales gases causantes del efecto invernadero (Mutuo *et al.*, 2005; Ibrahim *et al.*, 2007).

Adicionalmente, el Neotrópico es de las regiones que más biodiversidad posee a nivel mundial destacándose por albergar varios centros de endemismo y especies raras (Rull, 2008; Cunto & Bernard, 2012; Nardelli & Túnez, 2017). Sin embargo, ha venido experimentando fuertes presiones sobre sus ecosistemas debido a la conversión de sus paisajes naturales en pastizales y campos agrícolas (Estrada *et al.*, 1993; Freitas *et al.*, 2009; Cunto & Bernard 2012).

1.2 Cultivo de aguacate

En este sentido, México es reconocido como el principal productor de aguacate del mundo, con un aporte mayor al 30% de la producción mundial, siendo el estado de Michoacán el que aporta la mayor cantidad de producto. Esta actividad genera más de 16,800 empleos fijos al año y hasta 70,000 empleos temporales; con una derrama económica de 750 millones de pesos al año. La zona de cultivo de aguacate en México llamada Franja Aguacatera comprende Veracruz, Guanajuato, Jalisco, Colima y Michoacán, abarcando una extensión de

203,732 ha. Esta zona representa un mosaico de parches o fragmentos aislados de bosque entremezclados con huertas de aguacate, lo que modifica de manera importante el ciclo hidrológico, impidiendo la captación, filtración y almacenamiento de agua de manera eficiente de estos ecosistemas (Chavez *et al.*, 2019).

Comparado con otros cultivos frutícolas, el mercado global del aguacate (*Persea americana*) ocupó el lugar 17 de los 20 cultivos con mayor producción (FAO, 2004). En México, solo Michoacán posee el 73% de la superficie total nacional para este cultivo y genera cerca del 80% de la producción nacional (Chávez-León *et al.*, 2012; SIAP-SAGARPA, 2016). Cabe mencionar, que aun cuando la FAO (2011) reporta para México un decremento en las tasas nacionales de deforestación de -0.52% entre 1990 y 2000 a -0.3% entre 2000 y 2010, el cultivo del aguacate en Michoacán ha incrementado el 695%, pasando de 21,241 ha en 1980 (Chávez-León *et al.*, 2012) a 147,720 ha en 2016 (SIAP-SAGARPA, 2016), Toledo *et al.*, (2009) reportaron una tasa de conversión de bosque nativo a cultivo de aguacate de 1715 ha año⁻¹ en la porción norte del Estado. En términos ambientales, el cultivo de aguacate como cualquier otro sistema productivo agrícola hace uso de los servicios ecosistémicos del ambiente. Sin embargo, actividades como el uso del recurso hídrico, la descarga de materia orgánica, la contaminación con agroquímicos o las actividades en zonas no aptas a la vocación del suelo, son responsables del incremento de problemas como la erosión y sedimentación, de la afectación a cuerpos de agua, así como de la disminución de la productividad del cultivo o de los ecosistemas frágiles y estratégicos prestadores de servicios ambientales (Álvarez, 2008; Álvarez, Gilchrist, David, & Varón, 2014).

1.3 Sistemas agroforestales

Desafortunadamente, una de las consecuencias actuales de la agricultura tradicional es la degradación paulatina de los recursos naturales, interrumpiendo los ciclos ecológicos y bioquímicos de restauración natural y llevando a la explotación de recursos a un ritmo tan rápido que estos no pueden ser reemplazados. Las prácticas de monocultivo, el uso de agroquímicos, la manipulación genética, el riego y la labranza intensivos, contribuyen a un desequilibrio en los procesos naturales (Gliessman, 2000). Esta expansión justificada por el aumento en la demanda de alimentos, ha provocado una intensificación del área de monocultivos dependientes de grandes cantidades de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, generando impacto negativo sobre el ambiente (Matson, Parton, Power & Swift, 1997; Kennedy *et al.*, 2013).

Por todo esto, el manejo convencional, el cual presenta aplicaciones de productos de síntesis química y prácticas intensivas en el corte de herbáceas se ha considerado como potenciador del descenso generalizado de la riqueza y abundancia de polinizadores en los cultivos, a diferencia del manejo orgánico que presenta insumos para la fertilización y manejo de plagas de origen orgánico, además de permitir una mayor diversidad de herbáceas (Altieri, 1999; Morandín y Winston, 2005). Los insectos visitantes de las flores y las plantas herbáceas son dos de los grupos funcionales de los agroecosistemas que han sido afectados negativamente por el uso de agroquímicos (Wilson y Tisdell, 2001; Potts *et al.*, 2003), ya que estos dos grupos están directamente relacionados con los procesos de polinización. Actualmente, se ha observado una disminución de las poblaciones de los polinizadores silvestres y del servicio ecosistémico de la polinización (Cane y Tepedino, 2001; Ghazoul, 2005) debido a que su dinámica poblacional depende de la dinámica del ecosistema (Pimentel, *et al.*, 1992).

Ante esta situación, se ha vuelto una necesidad el desarrollo de métodos de gestión agrícola que permitan armonizar la producción agraria con el desarrollo rural y la conservación de los recursos naturales (Sans, 2007). La agricultura orgánica es una alternativa de conservación ya que se busca el menor uso de insumos externos, favoreciendo la producción interna y la conservación de la biodiversidad (Hald, 1999; Castro & Amador, 2007).

Algunos estudios han evaluado el aporte de la agricultura orgánica en la conservación de la biodiversidad y de grupos biológicos como aves, murciélagos y artrópodos que pueden ser indicadores importantes de salud del agrosistema, debido a que su ciclo de vida está fuertemente influenciado por la estructura y calidad del hábitat (Jeanneret, Schüpbach, Pfiffner & Walter, 2003; Perfecto, Mas, Dietsch & Vandermeer, 2003; Florian, 2005; Fuller *et al.*, 2005; Guillen, Soto-Adames, & Springer, 2006; George, 2006; Pérez, 2008).

1.4 Murciélagos

La importancia de los murciélagos se ve relacionada con su gran diversidad ya que con más de 1,300 especies son el segundo orden más rico de mamíferos, después de los roedores (Simmons y Conway 1997) y los únicos mamíferos capaces de volar (Name 2004; Rodríguez-San Pedro, 2014). Se distribuyen en todo el mundo, excepto en los polos, alcanzando la mayor cantidad de especies en los trópicos (Medina-Fitoria, 2014). Además este grupo explota una gran variedad de recursos, ocupando diversos nichos ecológicos y sus miembros representan una gran diversidad de gremios tróficos: incluyendo frugívoros, nectarívoros, hematófagos y carnívoros (Wetterer *et al.*, 2000).

Los murciélagos tienen una función importante en la dinámica de los ecosistemas donde habitan, al actuar no sólo como dispersores de semillas sino como polinizadores y

controladores de plagas y tales relaciones bióticas influyen en la regeneración natural de la vegetación (Estrada y Fleming, 1986).

Los murciélagos nectarívoros y frugívoros son esenciales en el proceso de regeneración del bosque, ya que son determinantes en la dispersión de semillas y polinización de diferentes especies de plantas, promoviendo el éxito reproductivo y la colonización de plántulas en áreas con algún tipo de perturbación (García-Morales, 2012). Los beneficios que los murciélagos brindan a algunas especies de plantas al dispersar sus semillas comprenden: transporte a largas distancias, mayor proporción de flujo genético, incrementando la tasa de germinación (por el paso al tracto digestivo), la probabilidad del establecimiento de plántulas, y reduciendo la competencia entre la planta progenitora y la semilla dispersada, disminución de la mortalidad de las semillas por depredadores y hongos o artrópodos, y la propagación de semillas a diversos hábitats. (Romo, 2004; Fleming y Sosa, 1994 y Dirzo y Domínguez, 1986).

Los murciélagos frugívoros en América pertenecen principalmente a la familia Phyllostomidae, y son responsables de la dispersión de más del 24% de las especies de árboles (Hudson *et al.*, 2001). Estos animales dispersan distintas especies de plantas, tanto pioneras de la regeneración como de bosques maduros, en los que se reportó que existe una relación positiva entre los géneros de murciélagos y la selección por cierto género o familia de planta (Dinerstein, 1986; Fleming, 1988; López y Vaughan, 2004; Ties y Kalko, 2004; Lou y Yurrita, 2005).

En América, los murciélagos que se alimentan de néctar pertenecen a la subfamilia Glossophaginae (Caballero-Martínez *et al.*, 2009) y polinizan alrededor 1000 especies de plantas en los neotrópicos (Winter & Helversen, 2001). Debido a su alta capacidad de

desplazamiento, este grupo se posiciona como uno de los polinizadores más importantes, teniendo un papel fundamental en la reproducción de las plantas (Quesada *et al.*, 2004).

En el caso de los insectívoros, las familias Vespertilionidae, Molossididae y algunas especies de la familia Phyllostomidae pertenecen a este gremio y se alimentan principalmente de los órdenes de insectos Díptera, Lepidóptera, Coleóptera, Homóptera, Hemíptera, Trichóptera, entre otros. La importancia como controladores de plagas ha sido destacada en el trabajo de Whitaker (1995), en el que calculó que una colonia de *Eptesicus fuscus* puede consumir anualmente 1.3 millones de individuos de insectos plaga.

Dentro del grupo de los murciélagos, únicamente existen tres especies que se alimentan de sangre (*Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, *Diaemus youngi*). Estas tres especies se encuentran en México y Sudamérica, pero sólo *D. rotundus* se distribuye en Michoacán y es la única especie hematófaga que por su abundancia tiene la capacidad de ser un problema para el hombre, ya que con su mordedura puede transmitir enfermedades como la rabia parálitica al ganado, provocando pérdidas económicas (Kunz *et al.*, 2011).

Los murciélagos actualmente enfrentan una variedad de amenazas que incluyen la pérdida de hábitat, el uso indiscriminado de agroquímicos y la persecución humana (Bhattacharjee *et al.*, 2018). Algunos trabajos sugieren que los murciélagos de la subfamilia Phyllostominae debido a sus necesidades son sensibles a la perturbación, mientras que la subfamilia Sternodermatinae es la más abundante en sitios perturbados, ya que aprovechan los frutos de las especies de vegetación secundaria y pionera (Galindo-González *et al.*, 2000), así como de los árboles que se plantan en las zonas urbanas (Silva *et al.*, 1996).

1.5 Murciélagos en sistemas agroforestales

El efecto que causa la transformación de los ecosistemas templados en agroecosistemas aguacateros sobre la diversidad de especies y en particular de los murciélagos se empezó a estudiar recientemente, aunque existen trabajos previos realizados en otros tipos de agrosistemas. Un estudio sobre murciélagos en agroecosistemas en Guatemala, se llevó a cabo en cafetales bajo monocultivo de sombra y un remanente de bosque en un área montañosa, en el que se observó que en los cafetales existe una tendencia de mayor abundancia para especies de amplia distribución y generalistas de los géneros *Artibeus*, *Dermanura* y *Sturnira*, mientras que en los bosques se capturaron especies aparentemente exclusivas y sensibles a la transformación del paisaje como *Phyllostomus discolor* y *Myotis keaysi* (Kraker-Castañeda y Pérez-Consuegra, 2011).

Otro estudio realizado sobre murciélagos en agroecosistemas cafeteros de Colombia, estableció un patrón de gremios en el siguiente orden, en primer lugar, frugívoros, en segundo nectarívoros, y en tercer lugar insectívoros. Se concluye en el estudio que, a pesar de existir un alto grado de intervención, los paisajes rurales cafeteros albergan un importante número de especies de murciélagos. La abundancia de frugívoros y nectarívoros indica que la dispersión de semillas y la polinización son los servicios ambientales más importantes que brindan los murciélagos en los agroecosistemas cafeteros (Castaño *et al.*, 2004).

En Sudáfrica se evaluó la diversidad de murciélagos en la estancia Kwalata Game Ranch (KGR) en Gauteng, donde se analizó la influencia de la heterogeneidad del hábitat, específicamente el tipo de vegetación y el nivel de cobertura en el ensamblaje de murciélagos del área. El estudio reveló que el conjunto de murciélagos en la estancia es relativamente pobre en especies y la diversidad de murciélagos es equivalente entre los diferentes tipos de

vegetación, con un total de sólo ocho especies insectívoras. Los autores concluyeron que la baja diversidad de murciélagos se debe a los impactos del uso de la tierra, en particular el pastoreo por el ganado y la limpieza de la tierra por los seres humanos que han dado como resultado un bosque de sabana relativamente fragmentado (Pierce, 2012).

El presente estudio se enfoca en evaluar a la comunidad de murciélagos en cultivos orgánicos y tradicionales en la franja aguacatera de Michoacán, utilizando métodos de muestreo convencionales (redes de niebla) y métodos bioacústicos no invasivos. Ambos métodos en conjunto complementan la información aportada y brindan un mejor panorama al lograr una caracterización de la comunidad más completa y precisa debido a que los murciélagos desempeñan funciones fundamentales dentro de los ecosistemas, ya que participan en la polinización de plantas y actúan como dispersores de muchas otras, así como en procesos en la dinámica de comunidades vegetales. Por otro lado, el estudio aporta información actualizada del impacto que tienen los cultivos de aguacate sobre la comunidad de murciélagos, utilizándolos como indicadores ambientales frente a la fragmentación del bosque, ya que muchas especies responden de manera diferente a perturbaciones en su hábitat.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en la composición de la comunidad de los murciélagos al comparar cultivos de aguacate con manejo orgánico frente a cultivos de aguacate con manejo tradicional?

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los efectos del cultivo de aguacate orgánico y tradicional en la comunidad de murciélagos en la franja aguacatera de Michoacán, México.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar la diversidad de quirópteros en cultivos de aguacate orgánico y tradicional en la en la franja aguacatera.
- Evaluar la abundancia de quirópteros de cultivos de aguacate orgánico y tradicional en la franja aguacatera.
- Evaluar la similitud de la estructura de la comunidad de murciélagos entre los diferentes tipos de cultivo.
- Determinar si el tamaño del huerto y el tamaño de bosque asociado influyen en la abundancia de los murciélagos.
- Determinar cuál de los diferentes tipos de cultivo favorece la diversidad de murciélagos en la franja aguacatera.

2. EFECTO DE LOS CULTIVOS DE AGUACATE EN LA COMUNIDAD DE MURCIÉLAGOS DE LA FRANJA AGUACATERA DE MICHOACÁN

2.1 Resumen

Los bosques templados en Michoacán se caracterizan por ser sitios con alta diversidad y por las amenazas que enfrentan debido a las actividades humanas, principalmente agrícolas. Evaluamos la comunidad de murciélagos en los cultivos de aguacate con manejo tradicional y orgánico de la franja aguacatera de Michoacán. Los murciélagos capturados fueron identificados y a cada individuo se le determinó el sexo, estado reproductivo y edad relativa. La detección acústica se realizó con el análisis RandomForest por medio del paquete randomForest para R ver. 3.6.1., empleando 576 horas de grabación. Se encontró que el ensamblaje total de murciélagos estaba compuesto por 45 especies con base en una muestra de 4,095 individuos pertenecientes a las familias Emballonuridae, Molossidae, Mormoopidae, Noctilionidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae. Por medio de un modelo de acumulación de especies se estimó la riqueza en ambos tipos de cultivo, presentando significativamente más riqueza las huertas con cultivo orgánico que las tradicionales. La especie más abundante en cultivos orgánicos fue *Promops centralis* y *Eumops underwoodi* en cultivos tradicionales. Los murciélagos insectívoros fueron el gremio mejor representado en cuanto a número de especies y número de individuos (*Promops centralis*, *Eumops underwoodi* y *Mormoops megalophylla*). A medida que avanza la frontera de cultivo de aguacate en la región es necesario considerar el manejo de producción orgánico en este tipo de ambientes perturbados, debido a los diversos servicios ecosistémicos que brindan los murciélagos.

2.2 Introducción

La actividad humana tiene implicaciones importantes sobre el cambio global, los cuales son controlados en gran parte por la forma en que utilizamos el suelo y los cambios que provocamos sobre la vegetación u otro material que cubre la superficie terrestre, es decir el cambio de cobertura y uso de suelo (Vitousek, 1992; Meyer y Turner, 1994; Lambin, 1997; Dolman et al., 2003; Rockström et al., 2009).

El aguacate es uno de los cultivos con mayor expansión a nivel global por su alta demanda en los mercados internacionales. En México, solo Michoacán posee el 73% de la superficie total nacional para este cultivo y genera cerca del 80% de la producción nacional (Chávez-León et al., 2012; SIAP–SAGARPA, 2016). Las plantaciones de aguacate en el estado de Michoacán se encuentran distribuidas en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal entre las coordenadas 18°45' y 20°06'N y 101°47' y 103°13'O. Esta región es conocida como la “franja aguacatera del estado de Michoacán”.

En Michoacán el aguacate tiene gran importancia socioeconómica, por el beneficio que genera entre los participantes de la cadena productiva, como son productores, comercializadores, industrializadores y consumidores, así como a trabajadores permanentes y eventuales de mano de obra para las labores del cultivo y manejo poscosecha (Téliz y Marroquín, 2007).

Dentro de las diversas variedades que se han desarrollado, la variedad Hass es la más popular actualmente en climas subtropicales y mediterráneos (Newett et al., 2007). Las temperaturas de 17,9-19,7°C con condiciones ambientales templadas, estables y libres de estrés, son consideradas como las mejores condiciones para la producción de aguacate ‘Hass’; mientras

que las temperaturas medias para lograr un desempeño razonable de este cultivar son de 19,5-21°C, que corresponden a los climas subtropicales cálidos y húmedos (Wolstenholme, 2007). Una cantidad considerable de este cultivo se ha establecido reemplazando bosques mesófilos y de afinidad templada, y se desconoce el impacto hidrológico del remplazo de la vegetación nativa por plantaciones de aguacate. Las áreas de bosques de pino y encino (*Pinus* spp. y *Quercus* spp.) que se encuentran en la Franja Volcánica Transmexicana, en el centro del país, se encuentran sujetas a constantes cambios de cobertura y uso del suelo hacia cultivos incluyendo las huertas de aguacate (Morales-Manilla y Cuevas, 2011). Sin embargo, poco se conoce sobre las implicaciones ecológicas de la expansión del aguacate y la deforestación asociada. En este estudio evaluamos dos sistemas de manejo en la producción de aguacate: (1) Manejo tradicional que involucra la remoción completa de los árboles originales del dosel y la introducción de árboles de aguacate, aunado al uso de químicos para evitar competencia con otras plantas del sotobosque y prevenir enfermedades; y (2) Manejo orgánico que involucra de igual forma la sustitución de árboles originales del dosel por árboles de aguacate asociado al cultivo de especies de plantas nativas e introducidas útiles, aunado al uso de químicos con un menor impacto al ecosistema.

La agricultura orgánica, también llamada biológica o ecológica es un sistema integral de producción que promueve y mejora la salud de los agroecosistemas, contemplando fundamentalmente la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo (Codex Alimentarius Commission 2001). Se caracterizan por la rotación de cultivos, el control biológico de plagas, el empleo de abonos verdes, el aprovechamiento de residuos vegetales y animales y la supresión de agroquímicos (Nájera 2002; Céspedes 2012). Bajo

estos criterios, la agricultura orgánica surge como un modelo ético de producción agrícola porque protege el medio ambiente.

Los murciélagos han sido sugeridos como indicadores biológicos debido a su abundancia y diversa representación ecológica, taxonómica y trófica (Medellín *et al.* 2000). Así mismo, son considerados fundamentales en procesos de dispersión de semillas, polinización de plantas y depredación de insectos (Espinoza, *et al.* 2008).

Existen estudios donde evaluaron la dispersión de semillas por aves y murciélagos en tres etapas sucesionales de bosques continuos y sitios perturbados, donde se registró que los murciélagos dispersan las semillas de una mayor cantidad de especies de plantas en comparación con las aves, y que la mayoría de las especies dispersadas pertenecen a sitios en etapas sucesionales tempranas ya que las semillas trasladadas por quirópteros son usualmente la fuente más importante en la colonización temprana de hábitats perturbados (Cajas-Ávila 2005, Lobova *et al.*, 2003; Swaine y Hall, 1983).

Si bien existe poca información sobre el impacto de los cultivos de aguacate en la diversidad de murciélagos, estudios en otros agrosistemas como son los cafetales han reportado que, si bien la riqueza de murciélagos no se modifica de una manera evidente entre agrosistemas y bosques originales, sí existe un cambio en la abundancia relativa de las especies de murciélagos (Sosa *et al.* 2008).

En el caso de los murciélagos asociados a cafetales orgánicos se ha encontrado que una mayor complejidad estructural del sombrero se traduce en mayor oferta de recursos alimenticios, refugio y rutas de paso para las distintas especies de murciélagos (Ortegón-Martínez & Pérez-Torres, 2007; Sosa *et al.*, 2008; García-Estrada *et al.*, 2012).

García-Estrada *et al.*, (2012) compararon la riqueza de murciélagos frugívoros y la diversidad alfa de semillas dispersadas en plantaciones de café bajo diferentes tipos de manejo y bosque húmedo montano en el sureste de Chiapas, México. Encontraron una cantidad similar de especies entre el bosque y los cafetales, reportando una mayor abundancia para estos últimos debido posiblemente a que en sitios perturbados suele haber un aumento de plantas pioneras cuyas semillas son dispersadas por murciélagos. Los autores concluyeron que los cafetales constituyen áreas de forrajeo y corredores de vegetación, los cuales permiten a las especies de murciélagos desplazarse, alimentarse y dispersar las semillas.

Otro estudio evaluó la riqueza, abundancia y composición de especies de murciélagos en cafetales de sombra y fragmentos de bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa, Veracruz. Encontró que la riqueza fue igual entre bosques y cafetales, mientras que la abundancia por fragmento de bosque fue significativamente mayor en comparación a los cafetales (Saldaña-Vázquez, 2008).

Sosa *et al.* (2008) estudiaron la diversidad de murciélagos filostómidos en ocho fincas cafeteras y un fragmento de bosque mesófilo de montaña en una zona montañosa de Veracruz, México, encontrando que la diversidad aumentó conforme aumentaba la estructura de la vegetación. De manera más específica, la abundancia fue mayor en fincas con alta complejidad estructural en la vegetación, dejando en evidencia que los cafetales con sombra diversificada albergan mayor riqueza de especies de murciélagos.

Por otro lado, en el departamento del Quindío (Colombia), evaluaron la diversidad de murciélagos asociados a tres plantaciones de café con diferente manejo y determinaron cómo influye la matriz cafetera sobre la distribución de la diversidad, encontraron que los parches de bosque contienen mayor riqueza de especies y revelan mayor grado de

complementariedad. Los autores sugirieron que la variedad de tipos de manejo en los cafetales favorecía la conectividad a través de los fragmentos, indicando que es un mosaico productivo con gran heterogeneidad espacial que favorece la persistencia de las especies de murciélagos en un contexto donde el ecosistema ha sido severamente diezmado (Numa *et al.*, 2005).

Para este estudio, los cultivos de aguacate con distinto manejo constituyen escenarios ideales para estudiar la fauna de murciélagos asociada, ya que han demostrado ser determinantes en la regeneración y conservación de los bosques. Por otro lado, representa unas de las primeras aproximaciones al estudio de los murciélagos en cultivos de aguacate con diferente manejo en su producción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en seis huertas de aguacate de Michoacán, México, situadas en los municipios de Uruapan, Tacámbaro, Acuitzio y Peribán. Se consideraron dos tipos de huertas de aguacate, tres huertas con un manejo tradicional ubicadas en Uruapan (19°27'38.61"N ; 102°1'32.24"O), (19°27'2.33"N ; 102°4'40.66"O) y Tacámbaro (19°15'42.83"N; 101°23'41.34"O), y tres huertas que con un manejo orgánico ubicadas en Peribán (19°32'36.33"N ; 102°23'29.26"O), Tacámbaro (19°15'53.77"N ; 101°27'47.19"O) y Acuitzio (19°26'0.52"N ; 101°16'38.08"O). Las huertas fueron empleadas como réplicas del tipo de cultivo (tradicional vs orgánico).

3.2 Captura de murciélagos

3.2.1 Redes de niebla

Se realizaron cinco muestreos en cada sitio durante febrero a noviembre de 2019, en los días cercanos a luna nueva, debido que la captura se ve reducida por la presencia de luna llena. Se colocaron 10 redes de niebla de 6 x 2.5 m en cada uno de los sitios (dos noches por sitio al mes). Las redes colocadas se abrieron a partir del ocaso y permanecieron abiertas durante cinco horas, revisándose cada 30 minutos.

Los murciélagos capturados fueron identificados mediante la clave de campo de Medellín *et al.* (2007). Posteriormente fueron incorporados los cambios recientes a la nomenclatura de las especies, con base en el trabajo de Solari & Martínez-Arias (2014). A cada individuo se le determinó el sexo, estado reproductivo y edad relativa, y se le tomaron las medidas de peso, longitud del antebrazo, longitud total, longitud de oreja y longitud del trago.

3.2.2 Muestreo acústico

Los registros de las vocalizaciones de los murciélagos se realizaron en un horario diurno y crepuscular con 12 h aproximadas de registro en cada uno de los sitios de muestreo, esto para ampliar el número de especies potenciales que pudieran evitar las redes de niebla. Durante el periodo de muestreo se registró la actividad de los murciélagos desde 30 minutos antes del anochecer y hasta 30 minutos después del amanecer (Hourigan *et al.*, 2006). Estas evaluaciones se realizaron cada noche de las 19:00 a 07:00 h con el objetivo de obtener la mayor cantidad de registros, ya que las especies de murciélagos tienen diferentes horarios de forrajeo. Para la detección de las emisiones se utilizó un detector ultrasónico SONG METER SM4BAT FS, el cual nos permite obtener mayor información sobre la diversidad de murciélagos al registrar especies insectívoras que generalmente evitan las redes de niebla. Los ajustes de grabación se seleccionaron a priori con la finalidad de mantener la homogeneidad en la captura de datos (Ganancia 12 dB, Filtro alto de 16 k apagado, Frecuencia de muestreo 500 kHz, Duración mínima 1.5 ms, Sin duración máxima, Nivel de disparo 12 dB, Ventana de disparo 3 s).

Para la identificación de las vocalizaciones de los murciélagos se utilizó el análisis RandomForest por medio del paquete randomForest (Liaw y Wiener, 2002) para R ver. 3.6.1, el cual consiste en un conjunto de clasificadores, los cuales son remuestreados de forma aleatoria. Se realizó una lista de las especies que potencialmente podrían estar presentes en el área de estudio (Medellin *et al.* 2007; CONABIO 2018). El entrenamiento del modelo fue verificado con otro conjunto de datos de la misma base; utilizando los parámetros indicados en Zamora-Gutiérrez *et al.* (2016). El modelo resultante tuvo una eficacia del 65%. La extracción de los registros obtenidos se realizó mediante el software Kaleidoscope Pro 3 de

Wildlife Acoustic, para analizar grandes volúmenes de datos y clasificarlos para cada una de las especies de murciélagos.

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1 Curvas de acumulación de especies

Para obtener la riqueza de especies (S) solamente se utilizaron datos de presencia/ausencia. Se obtuvo una curva de acumulación de especies para cada tipo de cultivo en el programa EstimateS ver. 9.1.0 (Colwell, 2013) basada en muestras para comprobar la suficiencia de los muestreos para cada cultivo. La función de acumulación de especies grafica el número acumulado de diferentes especies encontradas dentro de una cierta área geográfica en función de una medida de esfuerzo de colectarlas (Díaz-Francés y Soberón 2005). Además, se calculó la riqueza esperada con base al estimador no paramétrico de Chao 1 que utiliza datos basados en la abundancia y considera a las especies raras (Rajakaruna *et al.* 2016). Para determinar diferencias en la riqueza entre los tipos de cultivo se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en el programa JMP ver. 8.0, donde los factores de variación son el tipo de cultivo (orgánico y tradicional).

4.2 Abundancia Relativa

La abundancia relativa de los registros acústicos se estimó al contabilizar la presencia de cada especie durante intervalos de un minuto. Posteriormente se contabilizó el número de intervalos con presencia de murciélagos durante cada noche de muestreo por sitio (Miller, 2001). Este procedimiento permite reducir no sólo el sesgo en la interpretación de los registros acústicos sino también la sobreestimación de la abundancia de una especie muestreada (Hourigan *et al.* 2010) siempre y cuando sean al menos dos pulsos de las vocalizaciones dentro del intervalo de tiempo (Miller, 2001).

4.3 Rango Abundancia

Con los valores de logaritmo base 10 de la abundancia, se elaboraron curvas de rango abundancia para cada tipo de cultivo, las cuales permiten analizar la riqueza de especies, sus abundancias y la secuencia de cada una de ellas.

4.4 Diversidad Alfa (α)

Se realizaron análisis de diversidad alfa utilizando el índice de Shannon-Wiener (H'), este índice se basa en el concepto de equidad y asume que los individuos son seleccionados al azar y que en todas especies están representadas en la muestra y (Moreno, 2001). Se puede concebir también como una medida de incertidumbre al no saber a qué especie pertenecerá el siguiente individuo capturado con lo que, mientras más alto sea el valor, mayor será la incertidumbre.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H' = diversidad.

p_i = número de organismos por especie.

De igual forma se utilizó el índice de dominancia de Simpson que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Por último, se realizó la prueba de t modificada por Hutchenson para comprobar si existen diferencias significativas en H' entre dos muestras distintas.

$$t = (H'_1 - H'_2) / (\text{var } H'_1 + \text{var } H'_2)^{1/2}$$

Dichos análisis se realizaron con el programa *PAST* ver. 3 (Hammer *et al.* 2001).

4.5 Diversidad Beta (β)

Se utilizó el índice de Jaccard que establece diferencias debidas a la composición de especies y además el índice de similitud Bray-Curtis, usando datos de abundancia, para ver el efecto de la proporción de ejemplares capturados (Moreno, 2001). Ambos análisis se calcularon con el programa *PAST* ver. 3 (Hammer *et al.* 2001).

4.6 Escalonamiento Multidimensional No Paramétrico (MNDS)

Se utilizó el análisis de escalonamiento multidimensional no paramétrico para observar de una manera general la similitud que tienen las especies entre ellas en función de los sitios de muestreo, debido a que esta técnica utiliza un algoritmo iterativo que toma los datos multidimensionales de una matriz de similitudes y la presenta sobre un espacio, típicamente de dos dimensiones.

Los grupos definidos en el análisis de MNDS se compararon con la prueba ANOSIM que es una prueba de permutación no paramétrica, análoga al análisis de varianza, pero basado en índices de similitud (Clarke & Warwick, 2001). La prueba estadística implica el cálculo de un estadístico global (R), el cual contrasta la varianza de la similitud dentro y entre los grupos. El estadístico R, de ANOSIM, usualmente se encuentra entre 0 y 1, alcanzando su valor máximo cuando todas las similitudes dentro de los grupos son mayores que las similitudes entre los grupos; cuando R alcanza el valor de 0 indica que no hay separación en la estructura

entre los grupos. Ambos análisis se calcularon con el programa *PAST* ver. 3 (Hammer *et al.* 2001).

4.7 Gremios Tróficos

Para el análisis de la abundancia por gremio trófico se consideró el total de las especies capturadas en redes y registradas mediante el monitoreo acústico. Para determinar diferencias entre los tipos de gremio trófico se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en el programa JMP ver. 8.0, donde la abundancia es la variable respuesta (número de individuos).

4.8 Proporción Huerto – Bosque

Evaluamos el tamaño del huerto (Has) y el tamaño del bosque asociado (Has) a los cultivos de aguacate con diferente manejo. Para lo cual se realizó una regresión lineal en el programa JMP ver. 8.0.

5. RESULTADOS

Se trabajó un total de 48 noches, totalizando un esfuerzo de muestreo de 28,800 m² red/hora y 8,640 m² grabadora/hora para cada una de las estrategias. En total se tienen 4,095 registros individuales que corresponden a seis familias, 29 géneros y 45 especies, teniendo una representación de cinco gremios tróficos (i.e nectarívoros, frugívoros, insectívoros, carnívoro y hematófagos).

En cuanto a la riqueza de especies en los cultivos orgánicos fue de 45, mientras que en los cultivos tradicionales fue de 33 especies, existiendo significativamente más riqueza de especies en las huertas con cultivo orgánico que en las tradicionales ($F_{(1,4)} = 9.24$, $p = 0.03$). De acuerdo con el estimador no paramétrico Chao 1 la eficiencia es del 93.75% en cultivos orgánicos (Figura 1a) y de 84.07% en cultivos tradicionales (Figura 1b).

La familia con mayor número de especies fue Vespertilionidae con 16, y la familia más abundante fue Molossidae con 2,191 individuos, lo que representa el 53% del total de individuos registrados. La familia que aportó el menor número de individuos fue Noctilionidae con seis (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de murciélagos y su abundancia en cada uno de los tipos de cultivo en la franja aguacatera de Michoacán.

	Orgánicas	Tradicionales
Familia Emballonuridae		
<i>Balantiopteryx plicata</i>	18	9
<i>Peropteryx macrotis</i>	2	–
<i>Rynchonycteris naso</i>	1	–
<i>Saccopteryx bilineata</i>	131	59
Familia Molossidae		
<i>Eumops underwoodi</i>	152	450
<i>Molossus molossus</i>	109	93
<i>Molossus rufus</i>	149	51
<i>Molossus sinaloae</i>	2	–
<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	31	17
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	23	7
<i>Nyctinomops macrotis</i>	19	6
<i>Promops centralis</i>	639	337
<i>Tadarida brasiliensis</i>	92	14
Familia Mormoopidae		
<i>Mormoops megalophylla</i>	413	171
<i>Pteronotus davyi</i>	10	2
<i>Pteronotus parnelli</i>	11	–
<i>Pteronotus personatus</i>	7	6
Familia Noctilionidae		
<i>Noctilio leporinus</i>	4	1
Familia Phyllostomidae		
<i>Anoura geoffroyi</i>	9	14
<i>Artibeus jamaicensis</i>	121	122
<i>Artibeus lituratus</i>	36	20
<i>Carollia perspicillata</i>	1	1
<i>Chiroderma salvini</i>	1	–
<i>Dermanura phaeotis</i>	37	34
<i>Desmodus rotundus</i>	84	20
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	2	–
<i>Macrotus californicus</i>	36	4
<i>Sturnira lilium</i>	23	10
<i>Sturnira ludovici</i>	42	26
Familia Vespertilionidae		
<i>Corynorhinus mexicanus</i>	1	2
<i>Corynorhinus townsendii</i>	24	8
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	24	5
<i>Eptesicus furinalis</i>	130	75
<i>Idionycteris phyllotis</i>	4	–
<i>Lasiurus blossevillii</i>	52	22
<i>Lasiurus cinereus</i>	6	1
<i>Lasiurus ega</i>	1	–
<i>Myotis auriculus</i>	2	–
<i>Myotis velifer</i>	2	–
<i>Myotis volans</i>	10	1
<i>Myotis yumanensis</i>	14	11
<i>Nycticeius humeralis</i>	5	6
<i>Pipistrellus hesperus</i>	6	1
<i>Pipistrellus subflavus</i>	2	–
<i>Rhogeessa parvula</i>	1	–
TOTAL	2489	1606

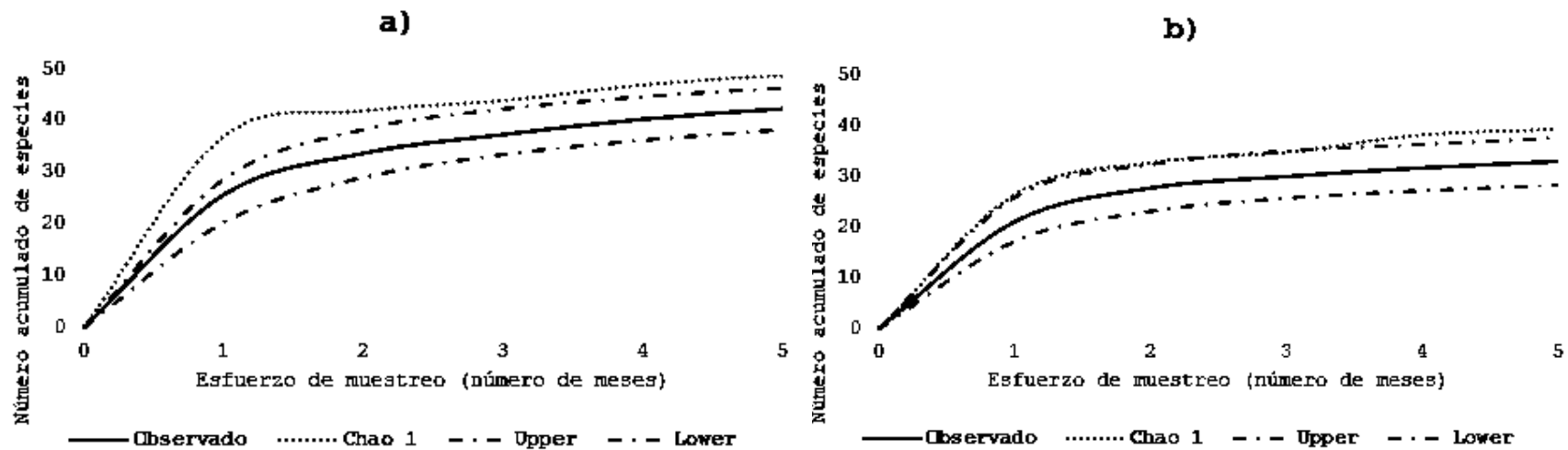


Figura 1. Curva de acumulación de especies de murciélagos registrados con redes de niebla y grabadoras de febrero 2019 a noviembre 2019 en la franja aguacatera de Michoacán. a) cultivos orgánicos b) cultivos tradicionales.

En las huertas con cultivo orgánico se registraron 2,489 individuos y las especies más abundantes en orden decreciente fueron *Promops centralis*, *Mormoops megalophylla*, *Eumops underwoodi*, *Molossus rufus* y *Eptesicus furinalis*. Las especies que presentaron bajas abundancias con menos de cinco registros fueron *Chiroderma salvini* (Frugívoro), *Idionycteris phyllotis*, *Lasiurus ega*, *Molossus sinaloae*, *Myotis auriculus*, *Myotis velifer*, *Peropteryx macrotis*, *Pipistrellus subflavus*, *Pteronotus parnelli*, *Rhogeessa párvula*, *Rynchonycteris naso* (Insectívoro), *Leptonycteris yerbabuena* (Nectarívoro), fueron exclusivas de este tipo de manejo (Figura 2).

En los cultivos con manejo tradicional las especies que concentraron la mayoría de los registros en orden decreciente fueron *Eumops underwoodi*, *Promops centralis*, *Mormoops megalophylla*, *Artibeus jamaicensis* y *Molossus molossus*. Las especies que presentaron bajas abundancias de cinco o menos fueron *Corynorhinus mexicanus*, *Eptesicus brasiliensis*, *Lasiurus cinereus*, *Myotis volans*, *Pipistrellus hesperus*, *Pteronotus davyi*, *Macrotus californicus* (Insectívoro), *Noctilio leporinus* (Carnívoro), *Carollia perspicillata* (Frugívoro) (Figura 2).

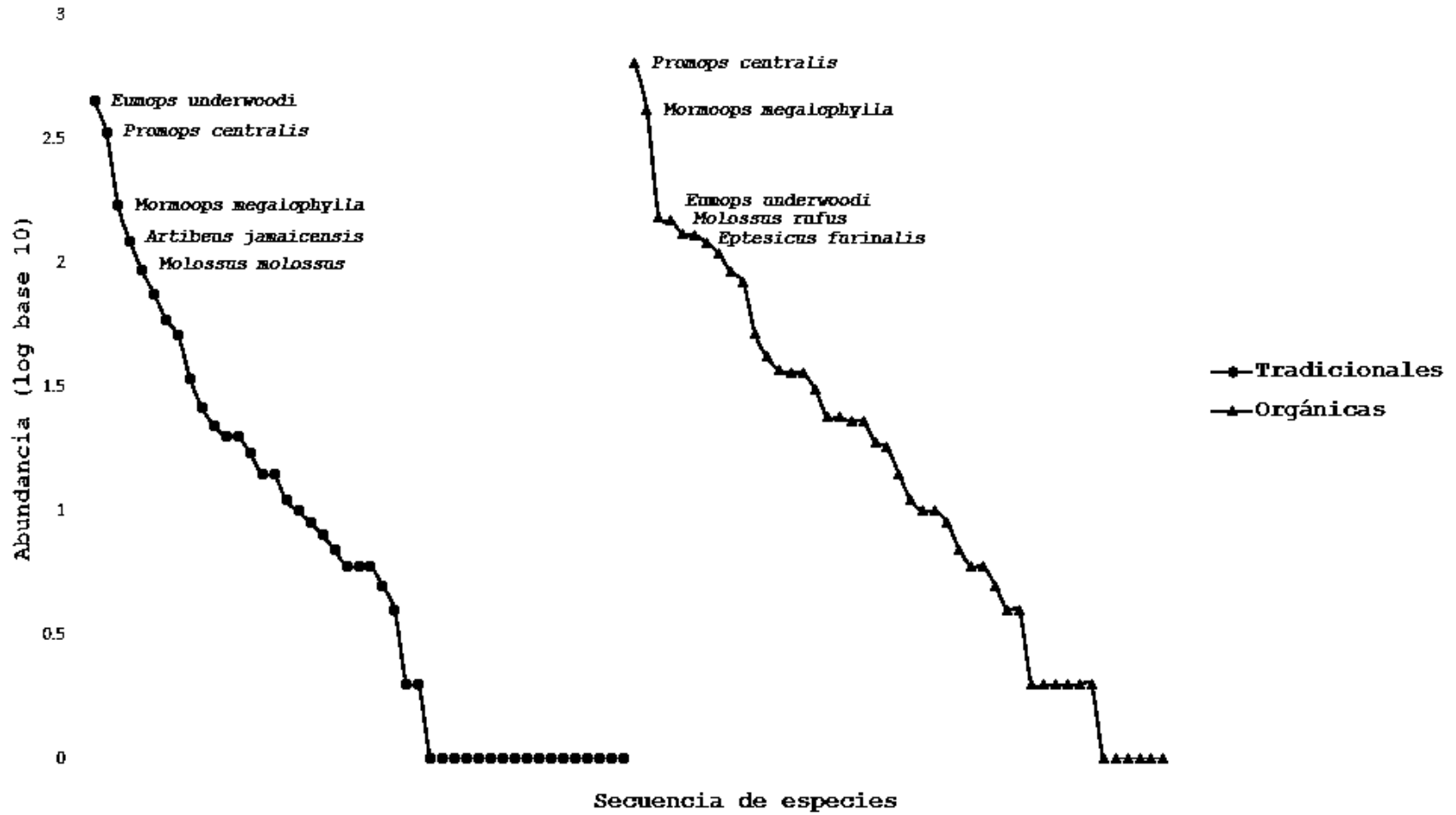


Figura 2. Curvas de rango abundancia de las especies de murciélagos registradas en cultivos orgánicos y tradicionales en la franja aguacatera de Michoacán.

El valor de la diversidad alfa expresado mediante el índice de Shannon (H') para los cultivos orgánicos fue de 2.70 y en los cultivos tradicionales el valor de H' fue de 2.38 (Cuadro 2). La diversidad de Shannon presentó diferencias significativas entre cultivos ($t= -8.06$, $P= 1.01E-15$).

Por otro lado, la dominancia expresada mediante el índice de Simpson (D) para los cultivos orgánicos fue de 0.11 y en los cultivos tradicionales el valor de D fue de 0.14 (Cuadro 2). Los valores obtenidos denotan una baja dominancia en ambos casos, sin embargo, si se obtuvieron diferencias significativas entre ellos siendo los cultivos tradicionales los que presentan una mayor dominancia ($t= 5.23$, $P= 1.79E-07$).

Cuadro 2. Índices de diversidad y dominancia calculados para el ensamble de murciélagos, para cada tipo de cultivo en la franja aguacatera de Michoacán, de febrero 2019 a noviembre 2019. H , diversidad de Shannon y D , dominancia de Simpson.

	Huertas Tradicionales	Huertas Orgánicas
H:	2.3847	2.7039
Varianza:	0.0009	0.0006
p(same):	1.01E-15	
D:	0.1492	0.1152
Varianza:	2.75E-05	1.49E-05
p(same):	1.79E-07	

El recambio de especies entre los dos tipos de cultivos fue calculado mediante el coeficiente de similitud de Jaccard de lo cual se obtuvo un valor de 0.73, lo cual indica que comparten el 73% de las especies. Teniendo en cuenta los resultados del índice de similitud de Bray-Curtis (0.63), indica que la similitud en el ensamblaje es del 63%.

Se ajustó el MNDS a dos dimensiones con distancia basado en el índice de similitud de Bray-Curtis, donde se relacionan las variables de la abundancia de las especies de murciélagos dependientes del tipo de cultivo de aguacate (Figura 3). En general, el ensamblaje de la comunidad de murciélagos forma dos grupos independientes uno del otro y no existe similitud aparente entre las abundancias de murciélagos por tipo de cultivo (Tradicional y Orgánicas). El análisis NMDS se sometió a la prueba de similaridad (ANOSIM), obteniendo ($R = 0.11$, $p = 0.5$), por lo que se infiere que no existen diferencias estadísticamente significativas en la estructura de la comunidad y abundancia de las especies de murciélagos entre los distintos sitios de muestreo de la franja aguacatera de Michoacán.

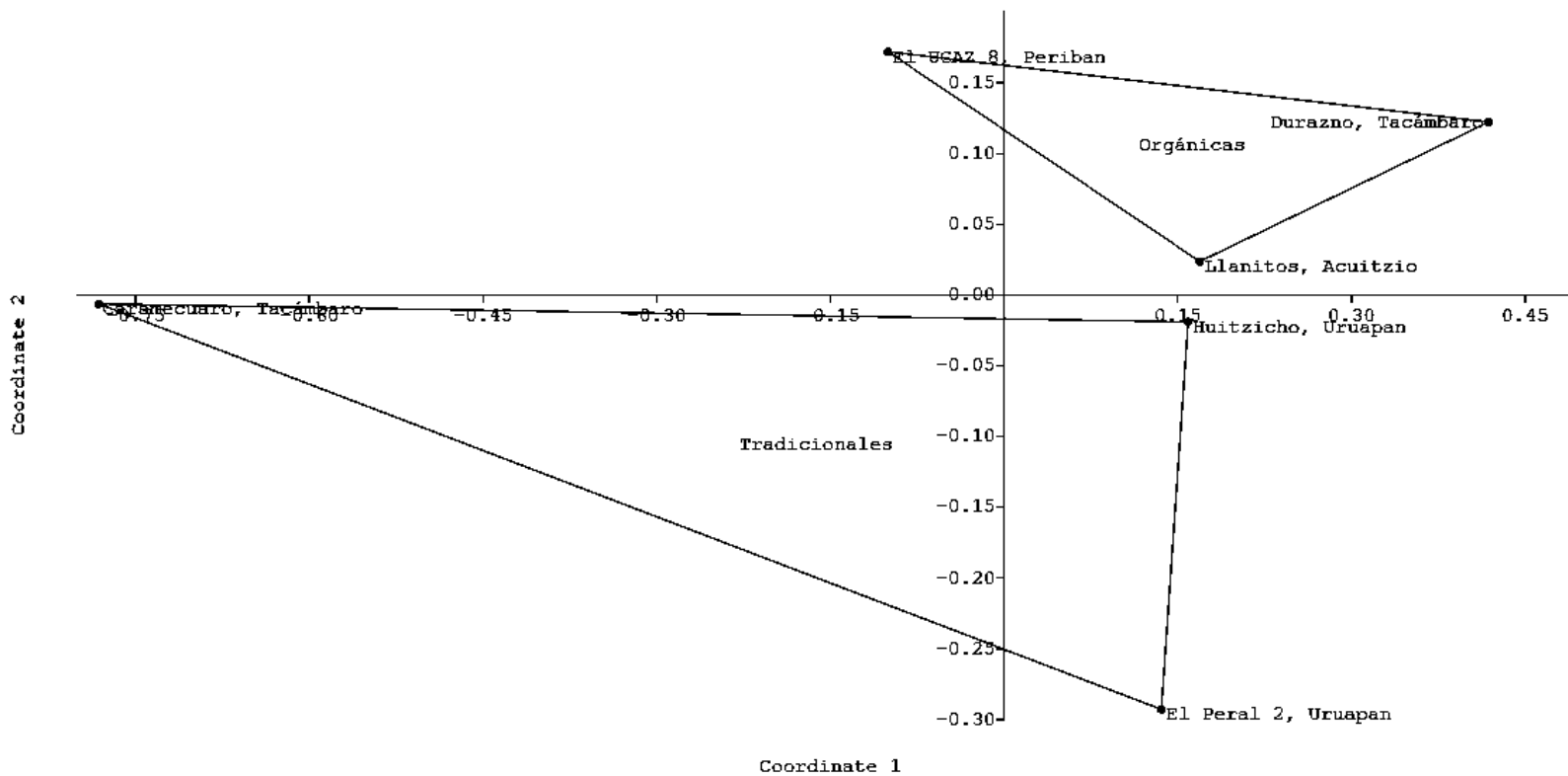


Figura 3. Escalonamiento multidimensional no paramétrico de la comunidad de murciélagos en la franja aguacatera de Michoacán, plot basado en la distancia del coeficiente de similitud de Bray-Curtis.

En relación a los gremios tróficos el más rico y abundante fue el insectívoro en ambos tipos de manejo, representando el 85.12% del total de murciélagos registrados, el gremio frugívoro representó el 11.59%, el gremio hematófago el 2.53%, los nectarívoros el 0.61% y los carnívoros fueron los menos abundantes (Figura 4).

Los resultados de la prueba de ANOVA denotan que hay diferencias significativas en la abundancia de los murciélagos por gremio trófico entre los dos tipos de cultivos ($F_{(9,50)} = 7.40$, $p = < 0.0001$). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en la abundancia de los murciélagos tomando en cuenta el tipo de cultivo y en la interacción de gremio - tipo de cultivo ($F_{(1,1)} = 0.06$, $p = 0.080$), ($F_{(4,4)} = 0.05$, $p = 0.99$).

Las especies insectívoras estuvieron mejor representadas en los cultivos orgánicos con 34 especies mientras que en los cultivos tradicionales se registraron 24 especies. Mientras tanto el gremio frugívoro en ambos tipos de cultivo fue similar, 7 especies en cultivos orgánicos y 6 en cultivos tradicionales. El gremio nectarívoro en cultivos orgánicos estuvo representado por 2 especies y una especie se registró en cultivos tradicionales. El gremio hematófago está representado en ambos cultivos por *Desmodus rotundus*. Por último, en el gremio de los carnívoros se registró una sola especie para ambos tipos de cultivo, *Noctilio leporinus*.

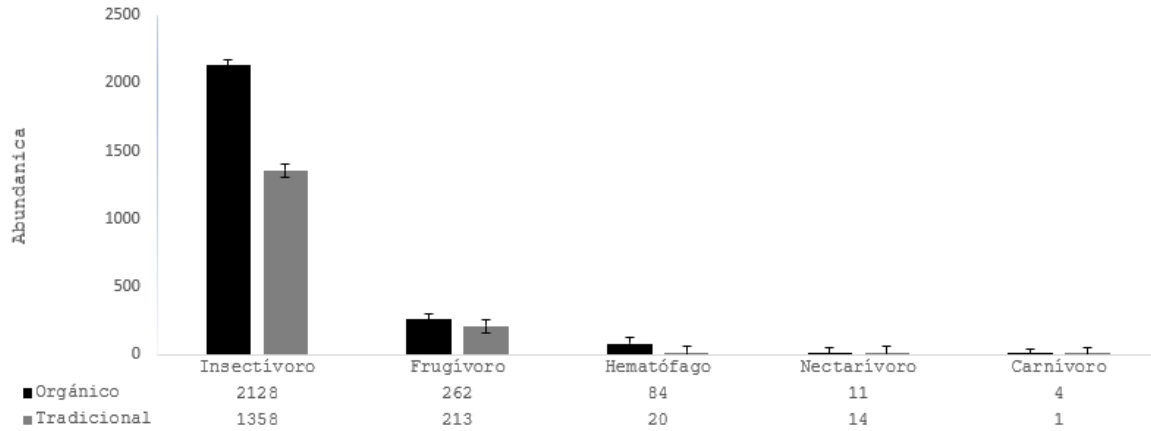


Figura 4. Abundancia de las especies de murciélagos por gremio trófico registrados de febrero 2019 a noviembre 2019 en cultivos tradicionales y orgánicos de la franja aguacatera de Michoacán.

Por otro lado, se evaluó el tamaño del huerto y el tamaño del bosque asociado a los cultivos de aguacate con diferente manejo (tradicional y orgánico) de cada uno de los sitios muestreados para observar si tienen un efecto sobre la riqueza y la abundancia de las especies de murciélagos expresados anteriormente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Proporciones de huerta-bosque (Has) de los sitios de muestreo con diferente manejo en la franja aguacatera de Michoacán.

Sitio	Tipo de manejo	Bosque (Ha)	Huerto (Ha)	Riqueza	Abundancia
El Durazno, Tacámbaro	Orgánico	1	1.2	37	1171
Huitzicho, Uruapan	Tradicional	1	4	27	602
Caramécuaro, Tacámbaro	Tradicional	2.5	5	24	174
Llanitos, Acuitzio	Orgánico	123	2	39	856
El peral 2, Uruapan	Tradicional	3	2	25	830
El UCAZ 8, Peribán	Orgánico	2.5	2	29	462

Se realizó una regresión lineal entre las dimensiones del huerto (en ha) y las variables de respuesta (riqueza y abundancia de las comunidades de murciélagos) dando peso a las Has de bosque nativo. Los resultados de la regresión lineal denotan que no existen diferencias significativas en la riqueza de los murciélagos por tamaño de huerto y el tamaño de bosque asociado en ambos tipos de cultivos ($R^2 = 0.421$, $p = 0.162$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la abundancia de los murciélagos tomando en cuenta el tamaño del huerto y el tamaño del bosque asociado para ambos tipos de cultivo ($R^2 = 0.735$, $p = 0.029$).

6. DISCUSIÓN

Los distintos métodos de muestreo utilizados en este trabajo suelen diferir en cuanto a la efectividad de captura de algunas especies de murciélagos. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo comprobar la baja efectividad de captura con redes de niebla para algunos grupos de murciélagos. El método tradicional de muestreo con redes de niebla menciona que las redes de niebla es un método efectivo para especies de la familia Phyllostomidae, que forrajean principalmente en el sotobosque, no así para la mayoría de las familias de murciélagos (Molossidae, Vespertilionidae) cuyo tipo de alimentación y mejor sistema de ecolocación influyen en el tipo de vuelo (maniobrabilidad, altura), reduciendo la probabilidad de captura (López Berrizbeitia *et al.* 2013). Por lo tanto, para obtener un panorama más amplio de la comunidad de murciélagos se utilizó el método tradicional con redes de niebla y métodos no invasivos como lo son los muestreos acústicos.

A pesar de que la mayoría de los cultivos de estudio están altamente antropizados, la plasticidad ecológica de muchas especies de murciélagos les permite hacer uso de ellas. Los murciélagos pertenecientes a la familia Vespertilionidae tuvieron el mayor número de especies (16) y la familia Molossidae fue la más abundante (2,191 individuos), ambas familias pertenecen al gremio de los insectívoros.

Es importante mencionar que, debido a que se utilizaron dos métodos de muestreo, es altamente probable que se hayan detectado la mayoría de las especies en esta zona en particular ya que la mayoría de los murciélagos insectívoros vuelan sobre el dosel y no se logran capturar con las redes, por lo que el monitoreo acústico es complementario para su detección (Meyer *et al.*, 2011).

A partir de los registros observamos que la riqueza de murciélagos es mayor en los cultivos orgánicos donde se registraron 45 especies en comparación con los cultivos tradicionales donde se registraron un total de 33 especies, esto puede deberse a un efecto negativo de los químicos usados en los cultivos con un manejo tradicional, especialmente el uso de plaguicidas para controlar plagas agrícolas e insectos que pueden ser fuente de alimento para los murciélagos (Kunz *et al.*, 2011).

Se obtuvieron individuos pertenecientes a cinco gremios tróficos en ambos tipos de cultivo, la mayoría formando parte del de los insectívoros y principalmente *Eumops underwoodi*, *Promops centralis* y *Mormoops megalophylla*, que fueron las especies que presentaron una mayor dominancia. Estas especies están ampliamente distribuidas en esta región y se encuentran en bosques primarios, secundarios y alterados, en zonas de cultivo y cerca de asentamientos humanos, principalmente *Mormoops megalophylla* que llega a cubrir gran parte del país (Rezsutek & Cameron, 1993).

En el caso de los murciélagos frugívoros en los cultivos orgánicos se encontró exclusivamente la especie *Chiroderma salvini*, este único registro fue mediante el uso de redes de niebla en el municipio de Peribán, sin embargo, su distribución está mejor representada en bosques húmedos (Gardner, 2007) y se alimenta principalmente de higos (*Ficus* spp.) y de las semillas de los frutos que ingiere (Gardner, 1977). Su captura en este estudio puede sugerir que el cultivo de aguacate orgánico le está brindando recursos alimenticios para persistir en paisajes perturbados. Por otro lado, existe poca información de los patrones de actividad y preferencia de hábitats de las especies del género *Chiroderma*, pero se piensa que son murciélagos del interior del bosque, ocupando el estrato medio y bajo

(LaVal y Rodríguez, 2002), debido a esto su frecuencia de aparición en ambientes perturbados como los cultivos de aguacate es muy baja.

Los murciélagos pertenecientes al gremio nectarívoro fueron escasos al solo registrar dos especies *Anoura geoffroyi* que se distribuye principalmente en ambientes boscosos, incluidos los bosques de pinos y robles, incluso en cultivos agrícolas (Ortega & Alarcón, 2008) y *Leptonycteris yerbabuena* que al ser una especie migratoria se le puede encontrar en la parte occidental y sur de México (Cole & Wilson, 2006). Estas especies se alimentan principalmente de néctar de plantas de floración nocturna como las cactáceas y son importantes polinizadores de este tipo de plantas. Su baja abundancia es probablemente resultado de la baja disponibilidad de recursos alimenticios en los cultivos dominados principalmente por aguacate.

El gremio de los hematófagos está representado solo por *Desmodus rotundus* ya que es la especie de murciélago vampiro más abundante debido al crecimiento de la producción ganadera (Medellín *et al.*, 2000), la mayoría de los registros con redes de estos individuos (siete de los ocho registrados con este método) se atribuye a que dentro del cultivo de aguacate en uno de los sitios con manejo tradicional (Caramécuaro, Tacámbaro) existía la presencia de ganado del cual obtienen sus recursos. Sin embargo, utilizando los métodos acústicos la abundancia de esta especie fue mayor en cultivos orgánicos (84) que en cultivos tradicionales (20), esto podría ser explicado por la presencia de algún tipo de ganado cerca de los cultivos.

Finalmente, el gremio de los carnívoros fue registrado únicamente con los métodos acústicos y presentó baja abundancia debido a la poca o nula presencia de cuerpos de agua cerca de los cultivos de aguacate ya que *Noctilio leporinus* se alimenta principalmente de peces que atrapa

mientras realiza vuelos rasantes sobre la superficie del agua. Sin embargo, también se alimenta de una gran variedad de insectos, mayoritariamente coleópteros y lepidópteros (Brooke, 1994). Está presente en bosques primarios, secundarios e intervenidos. Es usual verlo volar sobre ríos grandes o pequeños o sobre lagunas de aguas tranquilas y poco torrentosas. También puede estar presente en zonas pantanosas, estanques, piscinas camaroneras, en zonas abiertas de manglar, en el mar o cerca de las costas (Tirira, 2017). Esta especie fue registrada únicamente utilizando los registros acústicos.

Cabe señalar que se registraron doce especies exclusivas de los cultivos orgánicos, (*Chiroderma salvini*, *Idionycteris phyllotis*, *Lasiurus ega*, *Leptonycteris yerbabuena*, *Molossus sinaloae*, *Myotis auriculus*, *Myotis velifer*, *Peropteryx macrotis*, *Pipistrellus subflavus*, *Pteronotus parnelli*, *Rhogeessa parvula*, *Rynchonycteris naso*) lo que sugiere que este tipo de manejo en los cultivos de aguacate que tienen un menor uso de agroquímicos y que simultáneamente promueven el desarrollo de otras especies de plantas, reduce el impacto negativo sobre la comunidad de murciélagos al ofrecer un repertorio más amplio de recursos en comparación con los cultivos tradicionales que sí utilizan una mayor cantidad de químicos. Se logró concluir que el tipo de manejo tradicional en la producción de aguacate podría ser la causa de la disminución de las especies de murciélagos que se encuentran en estos sitios específicos debido a la baja conectividad con los bosques nativos con lo cual, aumenta el peligro de que las especies de murciélagos desaparezcan en zonas habituales de su distribución histórica al modificar su ambiente natural a monocultivos extensivos.

Dentro de las evidencias importantes que este estudio ha permitido establecer es que la comunidad de murciélagos es más rica y más diversa en cultivos bajo sistema de manejo orgánico y estos resultados son determinantes en el mantenimiento de la biodiversidad y los

servicios ecosistémicos que los murciélagos proporcionan. Por lo tanto, es de gran importancia que se contemplen agrosistemas de aguacate con un manejo orgánico ya que estos ofrecen una mayor diversidad florística que podría implicar un cambio positivo en la composición de las especies de murciélagos al ofrecer una mayor oferta de recursos alimenticios.

Este estudio constituye un primer acercamiento sobre la falta de información para el grupo de quirópteros, cuando estos se ven expuestos a zonas con una fuerte influencia antropogénica, específicamente en el cultivo de aguacate. Por lo cual, es necesario una mayor cantidad de trabajos enfocados en evaluar el efecto de los diferentes tipos de manejo en la producción de aguacate y el impacto que tienen sobre la vida silvestre. Por otro lado, es de suma importancia considerar una mayor planificación y exigencia en los protocolos que guían los estudios de impacto ambiental para este cultivo, principalmente por el efecto que puede tener en el aislamiento y reducción de especies sensibles que permiten mantener en equilibrio los ecosistemas de la franja aguacatera de Michoacán.

7. CONCLUSIONES

- I. Se observaron diferencias en la riqueza de especies de murciélagos en los diferentes tipos de cultivo, siendo los cultivos orgánicos los que presentaron mayor número de especies (45) en comparación de los cultivos tradicionales (33).
- II. Los murciélagos pertenecientes al gremio insectívoro presentaron una mayor dominancia en ambos tipos de cultivos (*Eumops underwoodi*, *Promops centralis*, *Mormoops megalophylla*).
- III. Se observaron diferencias en la abundancia de los murciélagos por tipo de gremio trófico, siendo los cultivos orgánicos los que presentaron una mayor abundancia de murciélagos en comparación con los cultivos tradicionales.
- IV. Se registraron 12 especies de murciélagos exclusivas en los cultivos orgánicos.
- V. El análisis de similaridad demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en la estructura de la comunidad y abundancia de las especies de murciélagos entre los distintos sitios de muestreo.
- VI. Se observaron diferencias significativas en la abundancia de los murciélagos tomando en cuenta el tamaño del huerto y el tamaño del bosque asociado para ambos tipos de cultivo.
- VII. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio los cultivos de aguacate con un manejo orgánico muestran diferencias respecto a los cultivos tradicionales ya que albergan una mayor diversidad y abundancia de especies de murciélagos al reducir el uso de agroquímicos en su producción.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes* (pp. 19-31). Elsevier.
- Álvarez, C. F. (2008). Sistemas de certificación ambiental para la extensión tecnológica, la competitividad y el desarrollo rural. *Producción más limpia*, 3(2), 61-87
- Álvarez, C. F., Gilchrist, E., David, C. A., & Varón, L. M. (2014). Evaluación ambiental de actividades agropecuarias de pequeños productores en el municipio de Angelópolis (Antioquia, Colombia). *Journal of agriculture and Animal Sciences*, 3(1):8-21
- Ávila-Flores, R. & Fenton, M. B. (2005). Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy*. (86): 1193–1204.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2).
- Bhattacharjee, J., Dutta, B. K., Bhattacharjee, P. C., Singha, H., Deb, P., Dutta, H., & Hussain, M. M. (2018). Student Perceptions of, and Attitudes toward, Bats in Barak Valley, Assam, India. *Anthrozoös*, 31(4), 411–422.
- Bonilla-Moheno, M., Redo, R., Aide, T., Clark & M., Grau, H. (2013). Vegetation change and land tenure in Mexico: a country-wide analysis. *Land Use Policy* 30, 355–364.
- Brooke, A. P. (1994). Diet of the fishing bat, *Noctilio leporinus* (Chiroptera: Noctilionidae). *Journal of Mammalogy* 75(1): 212-218.
- Caballero-Martínez L. A., I.V. Manzano R. & L. I. Aguilera G. (2009). Hábitos alimentarios de *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) en Ixtapan del Oro, Estado de México. *Acta Zoológica Mexicana* 25(1): 161-175.

- Cajas, C.J., Ávila, S. C., Grajeda, G.A., Machuca O. C., & Benítez C. Laura. (2005). Aves y Murciélagos Dispersores de Semillas en Tres Etapas Sucesionales De la Regeneración Del Bosque en la Ecoregión Lachuá, Alta Varapaz, Guatemala. En Proyectos de investigación Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de estudios conservacionistas, Pp.94-96.
- Cane, J. H., & Tepedino, V. J. (2001). Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. *Conservation Ecology*, 5(1).
- Castaño, J. H., Botero, J. E., Velásquez, S., y Corrales, J. D. (2004). Murciélagos en Agroecosistemas Cafeteros de Colombia. *Chiroptera Neotropical* 10 (1-2): 196199.
- Castro, J., & Amador, M. (2007). Proyecto emisión de gases de efecto invernadero y agricultura orgánica: sistematización de metodologías. San José, Costa Rica: Cedeco.
- Céspedes, M. C. (2012). Producción Hortofrutícola Orgánica. Boletín INIA N° 232. Número de páginas p 192. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Challenger, A. (2003). Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*, 17.
- Chavez, A. G. T., Morales-Chávez, R., García-González, Y., Francisco, A., & Rojas, G. T. (2019). Partición de la precipitación en cultivo de aguacate y bosque de pino-encino en Michoacán, México.
- Chávez-León, G., Vargas, L. M. T., Espinoza, M. B., Reyes, J. T. S., Flores, H. J. M., Fernández, I. V., Guzmán, A. L., Ánima, J. B. R., Ramírez, F. J. V., Pérez, J. S., Rocillo, J. J. A., Mendoza-Cantú, M. E. (2012). Impacto del cambio de uso del suelo

- forestal a huertos de aguacate. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 13, pp 116.
- Clarke, F. M., Rostant, L. V. & Racey, P. A. (2005). Life after logging: post-logging recovery of a neotropical bat community. *Journal of Applied Ecology* (42): 409–420.
- Codex Alimentarius Commission. (2001). Guidelines for the Production, Processing, Labelling and Marketing of Organically Produced Foods. First Revision. Joint Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO) Food Standards Program, Rome, Italy.
- Cole, F. R., & Wilson, D. E. (2006). *Leptonycteris yerbabuenae*. *Mammalian Species*, (797), 1-7.
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS*: Statistical estimation of species richness and shared species for simples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- CONABIO. (2018). naturalista. Recuperado de <https://www.naturalista.mx>
- Cunto, G. C., & Bernard, E. (2012). Neotropical Bats as Indicators of Environmental Disturbance: What is the Emerging Message? *Acta Chiropterologica*, 14(1), 143-151.
- Díaz-Francés, E. and J. Soberón. (2005). Statistical estimation and model selection of species-accumulation functions. *Conservation Biology*, 19:569-573.
- Dinerstein, E. (1986). Reproductive ecology of fruit bats and the seasonality of fruit production in a Costa Rican cloud forest. *Biotropica* 18:307-316.
- Dirzo, R., & Domínguez, C. A. (1986). Seed shadows, seed predation and the advantages of dispersal. In *Frugivores and seed dispersal* (pp. 237-249). Springer, Dordrecht.

- Espinoza, A. V., Aguirre, L. F., Galarza, M. I., & Gareca, E. (2008). Ensamble de murciélagos en sitios con diferente grado de perturbación en un bosque montano del Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Mastozoología neotropical*, 15(2), 297-308.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R., & Meritt Jr, D. (1993). Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography*, 16(4), 309-318.
- FAO: Food and Agriculture Organization (2004) Dorantes L, Parada L, Ortiz A. AVOCADO: Post-Harvest Operation. Disponible en: <http://www.fao.org/3/au996e.pdf> (acceso 20 juni (2017)).
- FAO. (2007). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Pagos a los agricultores por servicios ambientales. Agricultura - 38. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 255 p
- FAO [Food and Agriculture Organization]. (2011). State of the World's Forests. FAO, Rome: 164 pp.
- Fleming, T. H. (1988). The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions. University of Chicago Press, Nueva York.
- Fleming, T. H. y Sosa, V. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75(4):845-851.
- Florian, E. M. (2005). Tropical bird assemblages in coffee agroforestry systems: exploring the relationships between landscape context, structural complexity and bird communities in the Turrialba-Jiménez Biological Corridor (Tesis de maestría inédita). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

- Freitas, B. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Medina, L. M., Kleinert, A. D. M. P., Galetto, L., NatesParra, G., & Quezada-Euán, J. J. G. (2009). Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40(3), 332-346.
- Fuller, R.J., Norton, L.R, Feber, R.E., Johnson, P.J., Chamberlain, D.E., Joys, A.C, ... & Firbank, A.C. (2005). Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology Letters*, 1(2), 431-434.
- Gaisler, J., Zukal, J., Rehak, Z. & Homolka, M. (1998). Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology* (244): 439–445.
- Galindo-González, J., Guevara, S. & Sosa V. J. (2000). Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*. 14(6): 1693-1703.
- García-Estrada, C., Damon, A., Sánchez-Hernández, C., Soto-Pinto, L., & Ibarra-Núñez, G. (2012). Diets of Frugivorous Bats in Montane Rain Forest and Coffee Plantations in Southeastern Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 44(3), 394-401.
- García-Morales, R., L. Chapa-Vargas, J. Galindo-González & E. I. Badano. (2012). Seed dispersal among three different vegetation communities in the Huasteca Region, Mexico, analyzed from bat feces. *Acta Chiropterologica* 14 (2): 357-367.
- Gardner, A. (1977). Feeding habits. Pp 293–350. En: Baker, R. J., Jones, J. K. y Carter D. C. (Eds.). *Biology of bats of the New World, family Phyllostomatidae Part II*. Special Publications of the Museum 13. Lubbock, Texas Tech University Press.
- Gardner, A. L. (2007). Genus *Chiroderma*. En: Gardner, A. L (Ed.). *Mammals of South America. Volume I. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. Chicago: The University of Chicago Press.

- George, A. (2006). Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. (Tesis de maestría inédita). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Ghazoul, J. (2005). Response to Steffan-Dewenter et al.: Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(20), 652-653.
- Gliessman, S. (2000). *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*, Boca Raton, Florida, Lewis Publishers.
- Guillen, C., Soto-Adames, F. & Springer, M. (2006). Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 30(2), 7-17.
- Hagerman, S. M., & Pelai, R. (2018). Responding to climate change in forest management: two decades of recommendations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(10), 579-587. Retrieved from [://WOS:000451912200009](https://doi.org/10.1002/fee.1974). doi:10.1002/fee.1974
- Hald, A.B. (1999). Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal elds in Denmark. *Annals of Applied Biology*, 134(3) 307-314.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- Hourigan, C. L., Catterall, C. P., Jones, D., & Rhodes, M. (2010). The diversity of insectivorous bat assemblages among habitats within a subtropical urban landscape. *Austral Ecology*, 35(8), 849-857.

- Hudson, A. M., S.P. Mickleburg & P. A. Racey. 2001. Microchiropteran Bats: Global Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC, Chiroptera Specialist Group, IUCN, Gland. Switzerland and Cambridge, UK.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F., Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 45: 27-36.
- Jansen, K., & Vellema, S. (2004). one| Agribusiness and environmentalism: the politics of technology innovation and regulation. *Critical praise for this book*, 1.
- Jaramillo, V. (2004). El ciclo global del Carbono. In: Cambio climático: una visión desde México. INE/SEMARNAT. México, D.F. pp.16-27.
- Jeanneret, P., Schüpbach, B., Pfiffner, L., & Walter, T. (2003). Arthropod reaction to landscape and habitat features in agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 18(3), 253-263.
- JMP[®], Versión 8.0. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte.
- Jobbágy, E. G., Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10: 423-36. DOI: 10.1890/1051-0761(2000)010.
- Jung K. & Kalko, E. K. V. (2010). Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy*. 91(1): 144-153.

- Kanninen M. (2003). Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. FAO. Consultado el 24 de julio del 2013. <http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s09.htm>
- Keeley, A. T. H. & Keeley, B. W. (2004). The mating system of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae) in a large highway bridge colony. *Journal of Mammalogy*. (85):113–119.
- Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., ... & Kremen, C. (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology letters*, 16(5), 584-599.
- Kingston, T., Jones, G., Akbar, Z., & Kunz, T. H. (2003). Alternation of echolocation calls in 5 species of aerial-feeding insectivorous bats from Malaysia. *Journal of mammalogy*, 84(1), 205-215.
- Kraker-Castañeda, C. y Pérez-Consuegra, G.S. (2011). Contribución de los Cafetales Bajo Sombra en la Conservación de Murciélagos en la Antigua Guatemala, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana*, 27 (2): 291-303.
- Kunz T. H., E. Braun de Torrez, D. Bauer, T. Lobova & T. H. Fleming. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*. (1223):1-38.
- LaVal, R. K. y Rodríguez, B. (2002). Murciélagos de Costa Rica. Editorial INBIO. Costa Rica.
- Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Clasificación y regresión por randomForest. *R noticias*, 2(3), 18-22.
- Lobova, T. A., Mori, S. A., Blanchard, F., Peckham, H., & 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.
- López Berrizbeitia, M. F. & Díaz, M. M. (2013). Diversity of bats (Mammalia, Chiroptera) in Lules city, Tucuman. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 29(1): 234-239.
- López, J. E. & C. Vaughan. (2004). Observations on the role of frugivorous bats as seed dispersers in Costa Rican secondary humid forests. *Acta Chiropterologica* 6:111-119.
- Lou S. & L.C. Yurrita. (2005). Análisis de nicho alimentario en la comunidad de murciélagos frugívoros de Yaxhá, Petén, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana*. 21 (1): 83-94
- Mas, J. F., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., & Pérez-Vega, A. (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(4), 249-261.
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., & Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277(5325), 504-509.
- Medellín, R. A., Equihua, M., & Amin, M. A. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation biology*, 14(6), 1666-1675.
- Medellín, R, Arita, H. & Sánchez, O. (2007). Identificación de murciélagos de México, Clave de campo. *Science and Technology*, 109, 106-111
- Medina-Fitoria, A. (2014). Murciélagos de Nicaragua: Guía de campo. Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).

- Meyer, C.F.J., Aguiar, L.M.S., Aguirre, L.F., Baumgarten, J., Clarke, F.M., Cosson, J.F., ...
- Kalko, E. K. V. (2011). Accounting for detectability improves estimates of species richness in tropical bat surveys. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 777-787.
- Miller, B. W. (2001). Un método para determinar la actividad relativa de los murciélagos voladores libres utilizando un nuevo índice de actividad para la monitorización acústica. *Acta Chiropterologica*, 3(1), 93-105.
- Morales-Manilla, L. M., Cuevas, G. (2011). Inventario (1974)2007 y evaluación de impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, Mich.
- Morandin, L. A., & Winston, M. L. (2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological applications*, 15(3), 871-881.
- Moreno C. E. (2001). Métodos para medir la diversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno-Sanchez, R., Buxton-Torres, T., Sinbernagel, K., Moreno-Sanchez, F. (2014). Fragmentation of the forests in Mexico. *Realidad Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*. INEGI 5, 4–17. Muñoz-Pina, C., Guevara, A., Torres, J. M., & Brana, J. (2008). Paying for the hydrological services of Mexico's forests: Analysis, negotiations and results. *Ecological Economics*, 65(4), 725-736. Retrieved from <://WOS:000256151100006>. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.07.031
- Mutuo, P.K., Cadisch, G., Albrecht, A., Palm, C.A., Verchot, L. (2005). Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions

- from soils in the tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 71: 43-54. DOI: 10.1007/s10705-004-5285-6.
- Nair, P. K. (2004). Agroforestry: Trees in support of sustainable agriculture. In: HILLEL, H.; ROSENZWEIG, C.; POWLSON, D.; SCOW, K.; SINGER, M.; SPARKS, D. (eds). *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elsevier, London, U.K. pp. 35-44.
- Nájera Elizalde, O. (2002). El café orgánico en México: Una alternativa para los productores indígenas en la economía globalizada. *Cuadernos de Desarrollo rural*, 48, 59-75.
- Name, H. (2004). Las minas abandonadas como hábitat de murciélagos (Chiroptera) en la región de Guanaceví, Durango. Tesis de maestría en Ciencias con especialidad en manejo de vida silvestre. Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- Nardelli, M., & Túnez, J. I. (2017). Aportes de la genética de la conservación al estudio de los mamíferos neotropicales: revisión y análisis crítico. *Ecología austral*, 27(3), 421-436.
- Newett, S. D. E., Crane, J. H., Balerdi, C. F. (2007). Cultivares y portainjertos. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaiso. Chile. pp. 155-175.
- Numa, C., Verdú, J. R., & Sánchez-Palomino, P. (2005) Phyllostomid bat diversity in a variegated coffee landscape. *Biological Conservation*, 122(1), 151-158.
- Ordoñez, J. A. B., De Jong, B. H. J., García-Oliva, F., Aviña, F. L., Pérez, J. V., Guerrero, G., Martínez, R., Maser, O. (2008). Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of

- Michoacán, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 255: 2074-2084. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.12.024.
- Ortega, J., & Alarcón-D, I. (2008). *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species*, 2008(818), 1-7.
- Ortegón-Martínez, D. A., & Pérez-Torres, J. (2007). Estructura y composición del ensamblaje de murciélagos (Chiroptera) asociado a un cafetal con sombrío en la Mesa de los Santos (Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 29(87), 215-228.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., & Verón, S. R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia hoy*, 15(87), 14-23.
- Pérez, O. (2008). *Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica*. (Tesis de maestría inédita) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12(6), 1239–1252.
- Pierce, M.W. (2012). Assessing bat (Chiroptera) diversity: determinants of assemblage and ensemble structure at Kwalata Game Ranch, Gaunteng, South África. Tesis de Maestría. Johannesburg. University of the Witwatersrand. 115.
- Pimentel, D., Stachow, U., Takacs, D. A., Brubaker, H. W., Dumas, A. R., Meaney, J. J., ... & Corzilius, D. B. (1992). Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience*, 42(5), 354-362.

- Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84(10), 2628-2642.
- Quesada M., K. E. Stoner, J. A. Lobo, Y. Herrerías-Diego, C. Palacios-Guevara, M. A. Munguía-Rosas, K. A. O-Salazar & V. Rosas-Guerrero. (2004). Effects of Forest Fragmentation on Pollinator Activity and Consequences for Plant Reproductive Success and Mating Patterns in Bat-pollinated Bombacaceous Trees. *Biotropica* 36(2): 131-138.
- Rajakaruna, H., Drake, D. A. R., T. Chan, F., & Bailey, S. A. (2016). Optimizing performance of nonparametric species richness estimators under constrained sampling. *Ecology and Evolution*, 6(20), 7311-7322.
- Razz, R., Clavero, T. (2006). Cambios en las características químicas de suelos en un banco de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha*. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 23: 326-331.
- Rezsutek, M., & Cameron, G. N. (1993). *Mormoops megalophylla*. *Mammalian Species*, (448), 1-5.
- Rodríguez-San Pedro A., Allendes, J. L., Carrasco-Lagos, P., & Moreno, R. A. (2014). Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago, Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile (PCMCh). 51 pp.
- Romo, M. (2004). Regeneration ecology and population structure of the emergent tree *Dipterix micrantha* (Fabaceae) in floodplain forests of the Manu river, Amazon Peru. *Annales Universitatis Turkuensis*.

- Rull, V. (2008). Speciation timing and neotropical biodiversity: The Tertiary–Quaternary debate in the light of molecular phylogenetic evidence. *Molecular Ecology*, 17(11), 2722-2729.
- Rydell, J. (1992). Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Functional Ecology*. (6): 744–750.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3-21. Sanchez, P. A. (1995). Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*. 30: 5-55. DOI: 10.1007/BF00708912.
- Saldaña-Vázquez, R. A. (2008). Comparación de la diversidad de murciélagos filostómidos en fragmentos de bosque mesófilo de montaña y cafetales de sombra del centro de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Sans, F.X. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 16(1), 44-49.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., & Anta, S. (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 100.
- Schroth, G., Lehmann, J., Rodriguez, M. R., Barros, E., Macedo, J. L. (2001). Plant-soil interactions in multi state agroforestry in the humid tropics. *Agroforestry Systems*, 53(2): 85-102. DOI: 10.1023/A:1013360000633.
- SIAP-SAGARPA. (2016). Avance de Siembras y Cosechas Resumen nacional por cultivo. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-Secretaría

de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Disponible en: www.siap.gob.mx

Silva, M. M. S., Harmani, N. M. S. & Gonçalves, E. F. B. (1996). Bats from the metropolitan región of São Paulo, Southeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*. 2(1): 39-41.

Sosa, V. J., Hernández-Salazar, E., Hernández-Conrique, D., & Castro-Luna, A. A. (2008). Murciélagos. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo, y Conservación. INECOL & INE-SEMARNAT, México DF*, 181-192.

Swaine, M. D., & Hall, J. B. (1983). Early succession on cleared forest land in Ghana. *The Journal of Ecology*, 601-627.

Téliz, O. D., Marroquín, P. F. (2007). Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. En Téliz OD, Mora A (Eds.) *El Aguacate y su Manejo Integrado*. 2ª ed. Mundi-Prensa. México. pp. 3-16.

Tirira, D. G. (2017). *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Segunda Edición Ediciones Murciélagos Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 11. Quito. 600 pp.

Toledo, V. M., Ordoñez, J. M. (1993). The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habits. In: *Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press, Oxford, New York. pp. 757-777.

Toledo, V. M. (1995). Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos e históricos del desarrollo rural, [Peasantry, agroindustriality, sustainability: the ecological and historical basis of rural development]. *Cuadernos de trabajo*, 3, 29.

- Toledo, R., Alcántar, J. J., Anguiano, J., Chávez, G. (2009). Expansión del cultivo del aguacate y deforestación en Michoacán. Boletín El Aguacatero Núm. 58. Disponible en: <http://www.aproam.com/boletines/a58.html#1>.
- Torres-Rojo, J. M., & Flores-Xolocotzi, R. (2001). Deforestation and land use change in Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*, 12(1-2), 171-192.
- Varela, H., & Aguilera, R. (1999). Breve descripción de los recursos forestales de México. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Programa nacional de reforestación/FAO MONTES. En línea (12 de noviembre de 2006) <http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S16.htm>.
- Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M., & Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77(4), 1043-1060.
- Wetterer, A. L., Rockman, M. V., & Simmons, N. B. (2000). Phylogeny of phyllostomid bats (Mammalia: Chiroptera): data from diverse morphological systems, sex chromosomes, and restriction sites. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 2000(248), 1-200.
- Whitaker, J. O. Jr. (1995). Food of the big brown bat *Eptesicus fuscus* from maternity colonies in Indiana and Illinois. *American Midland Naturalist*. (134): 346-360.
- Wilson, C., & Tisdell, C. (2001). Por qué los agricultores siguen utilizando pesticidas a pesar de los costos ambientales, de salud y de sostenibilidad. *Economía ecológica*, 39(3), 449-462.
- Winter, Y. and v. Helversen, O. (2001). Bats as pollinators: foraging energetics and floral adaptations. In *Cognitive Ecology of Pollination* (ed.L. Chittka & J. D. Thomson), pp. 148-170. Cambridge: Cambridge University Press.

- Wolstenholme, B. N. (2007). Ecología: El Clima y el ambiente edáfico. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaiso. Chile. pp. 75-101
- Zamora-Gutierrez, V., Lopez-Gonzalez, C., MacSwiney Gonzalez, M. C., Fenton, B., Jones, G., Kalko, E. K., ... & Jones, K. E. (2016). Acoustic identification of Mexican bats based on taxonomic and ecological constraints on call design. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(9), 1082-1091.