



El Colegio de la Frontera Sur

**Influencia del uso de suelo sobre la diversidad de aves y su
abundancia de garrapatas en Calakmul, Campeche, México**

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría en Ciencias en
Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Conservación de la Biodiversidad

Por

Filiberto Moisés González Martín del Campo

2018



El Colegio de la Frontera Sur

San Cristóbal de las Casas, Chiapas a, 30 de mayo de 2018.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Filiberto Moisés González Martín del Campo

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

Influencia del uso de suelo sobre la diversidad de aves y su abundancia de garrapatas en Calakmul, Campeche, México.

Para obtener el grado de: **Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

	Nombre	Firma
Director:	Dr. Dario Alejandro Navarrete Gutiérrez	_____
Asesora:	Dra. Paula Lidia Enríquez Rocha	_____
Asesora:	Dra. María Guadalupe Gordillo Pérez	_____
Sinodal adicional:	Dra. Salomé Cabrera Romo	_____
Sinodal adicional:	Dr. Eduardo Naranjo Piñera	_____
Sinodal suplente:	Dr. José Luis Rangel Salazar	_____

Dedicatoria

A Chano, que sigue viviendo en mi memoria, en gran parte estoy aquí por él.

A mi tita Anita, *“todo va a estar bien”*.

A mis Papás, lo que han hecho de mi me ha traído hasta aquí, este pequeño logro es por, y para ustedes.

A las aves, las grandes, chiquitas, flacas, gordas, feas y bonitas. Espero que siga habiendo muchas y durante mucho tiempo.

Agradecimientos

Michelle, gracias especiales para ti, fue un camino complicado que sin tu apoyo, comprensión, y cariño, hubiera sido muy difícil caminar, Ik hou van jou.

Tere y Chuy, gracias por todo durante tanto tiempo, David y Ana por su apoyo y buenas vibras. Naya, Moeke, Vake, Bomma y Bompa, la mejor porra y apoyo, a la demás familia que se mantuvo cerca aunque estuviesen lejos.

A mi consejo tutelar: Dr. Darío, le doy mi más sincero agradecimiento y reconocimiento por tenderme la mano en la situación más difícil en este proceso, por su guía, consejos, apoyo, y la confianza que depositó en mí a pesar de las adversidades; Dra. Paula, gracias por sus observaciones y consejos para este trabajo que quedó escrito y los consejos no escritos que me ayudaron a seguir adelante; Dra. Guadalupe, gracias por las aportaciones al trabajo, su tiempo y su disposición para ayudarme.

A mis sinodales: Dra. Salomé, Dr. Naranjo y Dr. Rangel por tomarse el tiempo para leer este trabajo y ayudar a mejorarlo, además de impulsarme a soñar y ver un poquito más allá.

A mis amigos de aquí y de allá, mis caseras, gracias por todo, en lo académico y no académico. Gracias especiales a mis compañeros y amigos de Campeche y los de San Cristóbal, este trabajo salió por su apoyo. Maru y Klaus, muchas gracias por compartir su casa conmigo, Klaus gracias por todo el apoyo durante 5 meses en campo.

A todos mis profesores por compartir su conocimiento, cada curso que tomé deja algo en esta tesis. Al Dr. Weber por ser mi puerta de acceso a ECOSUR.

A todos mis compañeros de campo, Ismael, Nubia, Ketch y Sergio, su apoyo me ayudó a desarrollar este trabajo. A los propietarios de los predios en Calakmul, Don Alejandro, Maru, Don Gerardo y Don Eduardo. A las autoridades del ejido Nuevo Conhuas por las facilidades para realizar la investigación.

Gracias a El Colegio de la Frontera Sur por haberme ofrecido la oportunidad de realizar mis estudios de maestría y al CONACYT por otorgarme la beca para poder realizarlos.

Por último, pero no menos importante, este trabajo se realizó gracias a que todos y todas las mexicanas aportan un poquito de dinero y esfuerzo para el desarrollo de ciencia, gracias por eso. Espero este trabajo pueda aportar aunque sea un poquito para la construcción de un mejor país.

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Estructura de la tesis.....	2
Capítulo I.....	3
Introducción.....	3
1. Diversidad, riqueza e importancia de las aves en procesos ecológicos.....	5
1.1 Migración y dispersión.....	5
2. Uso del suelo y modificación de los ecosistemas.....	7
2.1 Uso de suelo como determinante de la estructura de las comunidades de aves.....	8
3. Garrapatas: taxonomía y ciclo biológico.....	9
3.1 Distribución e importancia de las garrapatas.....	11
3.2 Hospederos de garrapatas.....	12
3.2.1 Aves como hospederos y dispersores de garrapatas.....	12
4. Importancia los distintos usos de suelo en la interacción aves-garrapatas.....	14
Capítulo II.....	17
Diversidad de aves en sitios con distinto uso de suelo en la región de Calakmul, Campeche.....	17
Ticks (Acari: Ixodidae) in Wild Birds in Sites with Different Land Use in Campeche, Mexico.....	54
Capítulo III.....	63
Conclusiones generales.....	63
1. Influencia de los diferentes usos de suelo sobre las comunidades de aves.....	63
2. Abundancia de garrapatas en aves en sitios con distinto uso de suelo.....	64
3. Importancia de nuestros hallazgos y recomendaciones a futuro.....	65
Literatura citada en capítulos I y III.....	69
Anexos.....	81
Anexo 1. Comprobantes de envío de publicaciones.....	81
Anexo 2. Formato de campo para registro de aves y garrapatas.....	82
Anexo 3. Permiso del ejido Nuevo Conhuas para realizar el trabajo de Campo.....	83

Anexo 4. Permiso para captura de aves	84
Anexo 5. Ubicación de la zona de muestreo y clasificación de la cobertura de los sitios de muestreo	86
Anexo 6. Anexo fotográfico	88

Resumen

Las enfermedades transmitidas por garrapatas han aumentado considerablemente en los últimos años a nivel mundial, esto está relacionado a cambios regionales y globales en la cobertura del suelo como resultado de su uso, mismo que influye en las comunidades de aves, identificadas como importantes dispersores de garrapatas a diferentes escalas geográficas. Estudiar las aves como hospederos y dispersores de garrapatas puede ayudar a identificar sitios potenciales de emergencia estas enfermedades. En este estudio describimos la abundancia de garrapatas en aves en sitios con distinto uso de suelo en la región de Calakmul. Muestreamos aves de febrero a junio de 2017 en cuatro sitios con distinto uso de suelo. Colectamos las garrapatas que parasitaban las aves para después identificarlas en el laboratorio y determinar su estadio de desarrollo. Analizamos cada sitio a nivel de paisaje con SIG para conocer su cobertura de suelo. Calculamos índices de la diversidad de aves de cada sitio. Empleamos análisis multivariados para identificar la influencia del uso de suelo sobre las comunidades de aves. La diversidad y composición de las comunidades de aves fue distinta en cada sitio. Los acahuales y las selvas de la Reserva de la Biosfera presentaron mayor similitud en sus comunidades. Las aves generalistas fueron más abundantes en el sitio ganadero mientras que la reserva presentó más especies especialistas. Existió una influencia de la cobertura de suelo sobre las comunidades de aves. La mayoría de las garrapatas fueron estadios inmaduros con mayor abundancia en aves residentes y en los acahuales. Todas las garrapatas fueron Ixódidos, siendo el género *Amblyomma sp.* el más abundante. Registramos dos nuevas especies de aves como hospederos de garrapatas. El uso de suelo influye en las comunidades de aves en los sitios estudiados y también en la abundancia de garrapatas en estas. Demostramos la importancia de las aves como hospederos y dispersores de garrapatas, principalmente del género *Amblyomma sp.*

Palabras clave: Parásitos, Vectores, Avifauna, Comunidades, Uso de suelo.

Estructura de la tesis

El presente trabajo se estructura en tres capítulos: Un capítulo introductorio, un capítulo central en el que se presentan dos publicaciones y un último capítulo a manera de conclusiones e importancia de los hallazgos.

En el primer capítulo se presenta el estado general del conocimiento en el que se fundamenta este estudio. En donde se pueden identificar tres secciones. La primera aborda la importancia de las aves en los ecosistemas y características generales de la historia de vida de este grupo de vertebrados, así como la importancia de los ecosistemas y el uso de suelo para las aves. En la segunda sección se aborda la importancia de las garrapatas, su diversidad, importancia como vectores y la influencia del uso de suelo y hospederos para las garrapatas. La tercera ofrece información referente a las aves como hospederos de garrapatas y liga la importancia de su diversidad de historias de vida y uso de suelo con la abundancia de garrapatas en aves. Se describe también el objetivo general de esta investigación y las hipótesis planteadas.

En el segundo capítulo se identifican dos secciones. La primera corresponde a un artículo sometido en el que se analiza la diversidad de las comunidades de aves en cuatro sitios con diferente uso de suelo en la región de Calakmul. La segunda sección presenta un documento sometido sobre la abundancia y diversidad de garrapatas en aves de la región de Calakmul. En este documento se describe la abundancia de garrapatas en la comunidad de aves en general, la abundancia de garrapatas en las aves en cada uno de los sitios muestreados, en diferentes especies y grupos de aves, así como la identidad y estadio de desarrollo de las garrapatas encontradas parasitando las aves.

El tercer capítulo se presenta en tres secciones. La primera corresponde a las conclusiones generales sobre la influencia de distintos usos de suelo en las comunidades de aves. La segunda presenta conclusiones generales sobre la abundancia de garrapatas en aves. La tercera sección recopila información sobre abundancia de garrapatas en aves y se coteja con los resultados encontrados, resaltando la importancia de los hallazgos de este estudio y se plantean recomendaciones a futuro para continuar con esta misma línea de investigación.

Capítulo I

Introducción

Existen enfermedades infecciosas que involucran múltiples huéspedes y sus patógenos asociados (Collinge y Ray 2006), éstas enfermedades son conocidas como enfermedades infecciosas zoonóticas, las cuáles se pueden transmitir entre distintas especies de animales vertebrados, entre los que se incluye el ser humano (Ogrzewalska et al. 2011; Isaza Nieto 2015). Dentro de estas enfermedades están las transmitidas por vectores, que son organismos (generalmente insectos o artrópodos) en los que se puede llevar parte del ciclo biológico del patógeno y pueden transmitirlo a distintos hospederos.

Algunos ejemplos de estas enfermedades son:

A) El dengue, la malaria y la fiebre amarilla, que son transmitidas por mosquitos de los géneros *Aedes spp.* y *Anopheles spp.* principalmente.

B) La tripanosomiasis, transmitida por una chinche (en América principalmente *Triatoma infestans*),

C) La enfermedad de Lyme, fiebre hemorrágica del Congo, Anaplasmosis humana, babesiosis, entre otras transmitidas por garrapatas (Gubler 1998; Baneth 2014). Las garrapatas también han sido identificadas como vectores de otros microorganismos como hongos y virus, y se han expandido de manera drástica recientemente (Pfaffle et al. 2013; Sonenshine y Roe 2014).

El brote de enfermedades infecciosas transmitidas por artrópodos como las garrapatas y sus hospederos que entrelazan ecosistemas a través de grandes distancias, representan un problema global de salud. En los últimos años se han incrementado los casos humanos reportados de enfermedades transmitidas por garrapatas al ser humano, principalmente en el hemisferio norte (Pfaffle et al. 2013). Las enfermedades transmitidas por garrapatas pueden involucrar múltiples huéspedes (Collinge y Ray 2006) y pueden causar impactos en áreas como la ganadería (Byford et al. 1992), la salud pública (Magnarelli 2009) y la conservación de distintas especies silvestres (Spickett et al. 1995). Estas enfermedades han sido asociadas a diversos factores como la diversidad de hospederos, cambios a escalas locales, regionales y mundiales (Ostfeld y Keesing 2000;

Ogrzewalska et al. 2011) y factores como cambios de coberturas y de uso suelo (Allan et al. 2003; Aguirre y Tabor 2008; Patz et al. 2008; Guzmán-Cornejo et al. 2011).

Las garrapatas son parásitos hematófagos obligados que pueden infestar a cualquier vertebrado terrestre, pertenecen a la clase de los arácnidos y están presentes en todo el mundo representadas por tres familias (Gayle y Ringdhal 2001; Sonenshine y Roe 2014). En México se han registrado 100 especies de garrapatas (Pérez et al. 2014). Sus ciclos de vida son variados, y dentro de su ciclo enzoótico como parásitos obligados de distintas especies de vertebrados las aves son importantes hospederos, ocupando el segundo grupo en orden de importancia (Conover y Vail 2014; Sonenshine y Roe 2014).

Más del 10% de la diversidad mundial de aves se encuentra en México (Navarro-Sigüenza et al. 2014) y en la región de Calakmul se tienen registradas 406 especies (González-Jaramillo et al. 2016). Sus diferentes grupos cumplen con funciones específicas relacionadas con sus historias de vida, como la migración y la dispersión (Sekercioglu 2006). Además, la composición de las comunidades en las aves se relaciona estrechamente con las características del hábitat que utilizan, resultado del uso de suelo.

Las aves, por sus características biológicas son importantes hospederos y dispersores de garrapatas, quienes participan en el ciclo enzoótico de varias enfermedades transmitidas por este vector (Vianna et al. 2016). Las enfermedades transmitidas por garrapatas están estrechamente relacionadas a los cambios en los ecosistemas y el uso de suelo a nivel local (Daszak 2001). Sin embargo, estos cambios locales pueden tener una influencia global, ya que la dispersión de las aves entrelaza a poblaciones y ecosistemas distantes, estas poblaciones que se entrelazan por medio de la dispersión son conocidas como meta-poblaciones (Levins 1969; Hanski 1998). La dispersión de estas poblaciones es lo que las mantiene unidas Su desplazamiento o dispersión forma parte de un flujo que conecta ecosistemas a diferentes escalas geográficas, conocidos como meta-ecosistemas (Loreau et al. 2003). Ya que las aves al dispersarse pueden también dispersar vectores como las garrapatas, es importante resaltar que la influencia de la cobertura del suelo no es un problema aislado, sino que puede representar un problema a nivel de metacomunidades o metapaisajes.

Es importante estudiar a las aves como hospederos y potenciales dispersores de garrapatas, y cómo los sitios con diferentes usos de suelo pueden influir en las comunidades de aves y en la abundancia de garrapatas en las aves, en un principio a nivel local, pero teniendo implicaciones a niveles regionales y continentales.

1. Diversidad, riqueza e importancia de las aves en procesos ecológicos

México presenta una importante diversidad de aves, ya que aproximadamente 1115 especies, equivalente al 10% de la diversidad mundial, está representada en el país (Berlanga et al. 2017). La mayor riqueza se encuentra en la región de la península de Yucatán y la vertiente del Pacífico, en las zonas montañosas y tropicales de tierras bajas (Navarro-Sigüenza et al. 2014).

Las aves cumplen con varias funciones ecológicas importantes, las cuales están asociadas a su diversidad e historias de vida (Sekercioglu 2006). La mayoría de las aves son de hábitos terrestres y entre las funciones anteriormente mencionadas se encuentran la dispersión de semillas, polinización y control de plagas, por esta razón son consideradas como “ingenieros de los ecosistemas” (Sekercioglu 2006; Navarro-Sigüenza et al. 2014). De esta manera existe una relación directa entre los ecosistemas, hábitats y las aves, además son los vertebrados con mayor capacidad de movilidad y pueden cubrir grandes distancias durante diferentes etapas de su vida (Cox, 2010).

Las aves han sido consideradas como bio-indicadores ambientales y sus diferentes grupos están asociados a distintos tipos de hábitat, de esta manera las comunidades de aves se ven afectadas por los cambios en el hábitat producto del uso de suelo (Chettri et al. 2005). Aunado a esto, en las aves se observa uno de los fenómenos más interesantes de la naturaleza, la migración (Reed et al. 2003).

1.1 Migración y dispersión

Para muchas especies de aves la migración es parte de su historia de vida. Este comportamiento, es considerado un proceso ecológico – evolutivo, en el cual las aves se mueven a diferentes latitudes para evitar el invierno (Newton 2008) teniendo una respuesta adaptativa a la heterogeneidad espacial y temporal en los recursos. Los

movimientos migratorios son considerados un movimiento único para cada especie, ya que cada una de las especies de aves tienen diferentes requerimientos y responden de diferente manera a los siguientes características: (i) es orientado o persistente, (ii) es activo a través de la locomoción o con el uso de un medio como el agua o el aire para el transporte, y (iii) se realiza al suprimir comportamientos de manera temporal, como el forrajeo (Kennedy, 1961, 1985).

Se estima que alrededor de 300 especies de aves migran de Norteamérica a Centro y Suramérica cada año, y un número similar de especies migran del este de Europa a África, este proceso migratorio es complejo y varía entre especies (Reed et al. 2003). Las especies de aves que migran grandes distancias tienen la capacidad de ajustar su conducta de migración durante la ruta y en respuesta a la variación ambiental (La Sorte y Fink 2017). De esta manera las aves migratorias neotropicales y las residentes dependen de la vegetación presente en los sitios, la cual puede ser resultado del uso del suelo (Smith et al. 2001).

Entre una de las funciones más importantes de las aves se encuentra la dispersión, la cual es definida como el movimiento de organismos o sus propágulos a un área diferente de su origen (Trakhtenbrot et al. 2005). La dispersión de larga distancia (DLD) ha sido definida como:

- i) La dispersión más allá de un umbral de distancia
- ii) Eventos de dispersión que alcanzan distancias que son mayores que las alcanzadas por la mayoría de otros individuos que se dispersan (Nathan 2005).

La DLD involucra también la dispersión organismos o propágulos que no son capaces de dispersarse largas distancias por sí mismos, por ejemplo semillas o artrópodos, que pueden dispersarse largas distancias por medio del agua o el viento. Sin embargo, los animales que se dispersan largas distancias pueden ser también un mecanismo importante para la DLD de distintos propágulos (Gillespie et al. 2012).

En este sentido los animales migratorios son más propensos a realizar este proceso de dispersión (Nathan et al. 2008). Las aves migratorias neotropicales se consideran entre los dispersores más eficientes, su importancia particular para la DLD

cae en la regularidad, velocidad y distancia a la que viajan (Gillespie et al. 2012). La dispersión de las aves a escalas locales y continentales promueve la conectividad de diferentes taxones y está asociada a importantes procesos biológicos que modelan los ecosistemas. Los movimientos de dispersión pueden promover invasiones biológicas y se ha observado que estos procesos pueden estar asociados a cambios regionales y globales (Reed et al. 2003; Nathan 2005; Nathan 2008; Viana et al. 2016). Las aves además de dispersar semillas pueden también dispersar parásitos o microorganismos infecciosos (Hubálek 2004; Sajid y Ehsan 2017).

2. Uso del suelo y modificación de los ecosistemas

A través de la historia los ecosistemas han sufrido modificaciones por y para distintas causas. Estas modificaciones son muchas veces producto de las actividades humanas, que cuando se realizan provocan cambios en la cobertura natural del suelo, que pierde sus atributos originales específicos para ser destinadas a un uso particular, como la ganadería, agricultura, zonas destinadas a conservación, o zonas urbanas. Esto es lo que conocemos como uso de suelo, y la cobertura presente en estos sitios, puede ser resultado de este uso (Lambin et al. 2003).

Históricamente, a nivel global y regional los cambios en el uso del suelo han estado asociados a asentamientos humanos, esto ha llevado a la intensificación de actividades agropecuarias y uso de los recursos de los ecosistemas (Chowdhury 2006; Lambin y Meyfroidt 2011). México ha sufrido una de las mayores tasas de modificación de sus ecosistemas y deforestación a nivel de América Latina, en las últimas dos décadas más de 100,000 ha de bosques han sido deforestadas en México (Ellis et al. 2017). La intensificación de actividades agropecuarias han modificado drásticamente distintos hábitats (Smith et al. 2001).

Entre 1993 y 2002 Campeche tenía una tasa de deforestación de 30,968 ha por año (Céspedes y Moreno 2010). Para el estado de Campeche, el 74% del territorio estatal corresponde a terrenos que han sido modificados por actividades humanas y, solamente el 25.1 % restante está cubierto por vegetación natural (INEGI 2015). En Calakmul el sistema de propiedad ejidal ha sido el principal promotor del cambio de uso del suelo en

la región (Chowdhury 2006), para 1970 había 14 ejidos, después de 1980 había 45, las actividades agropecuarias eran una actividad común (Turner et al. 2001), fue hasta 1989 que se decretó la Reserva de la Biósfera de Calakmul (REBICA), pero aún las actividades de los habitantes de la región representan un promotor de transformación que actúa a la par de su conservación (Martínez y Galindo-Leal 2002).

El resultado de las actividades humanas es un paisaje manejado, conteniendo un mosaico de distintos tipos de vegetación con diferentes etapas de sucesión (Warkentin et al. 1995; Smith et al. 2001). Los cambios provocados por estas actividades se hacen evidentes mediante la presencia de acahuales, generados principalmente por la agricultura, tala e incendios (Martínez y Galindo-Leal 2002). Los acahuales son comunidades de vegetación secundaria de selva baja o mediana, asociadas a la producción agrícola de la roza-tumba y quema (Levy-Tacher y Aguirre-Rivera 2000). Algunas comunidades humanas de la región reconocen al menos 4 estadios de acahuales dependiendo de su edad, en los cuáles la estructura y tipo de vegetación varía dependiendo del tiempo de abandono (Granados-Sánchez et al. 1999).

Cuando la producción agrícola de roza tumba y quema se realiza a pequeña escala, quedan fragmentos intactos de vegetación que pueden promover el mantenimiento de la biodiversidad (Smith et al. 2001). Estos elementos conforman paisajes fragmentados, muchas veces inmersos en una matriz de producción agrícola. En este sentido ha sido postulado que paisajes fragmentados pueden promover la riqueza de especies y que la heterogeneidad del paisaje puede ser importante para la supervivencia de distintas comunidades animales (Farihg 2003; Farihg 2017).

2.1 Uso de suelo como determinante de la estructura de las comunidades de aves

Las aves están asociadas a distintos hábitats con distintas coberturas vegetales, y sus dinámicas y poblaciones dependen de éstos. El uso de suelo es un factor que puede moldear los hábitats y la vegetación presente en distintos sitios. En este sentido, el uso de suelo puede favorecer o perjudicar distintas especies y gremios de aves (Chettri et al. 2005).

Las aves migratorias neotropicales pueden verse afectadas por el tipo de uso de suelo (Reed et al. 2003) ya que con base en los cambios que éste provoca, estas aves pueden modificar o adaptar sus rutas de migración (Viana et al. 2016). En este sentido, la vegetación presente en distintos sitios, como resultado del uso de suelo, puede determinar la presencia de ciertas especies de aves y cómo estas utilizan la vegetación. Las aves, dependiendo de sus características biológicas e historias de vida pueden utilizar distintos tipos y estratos de la vegetación. En el Amazonas se relacionó un mayor uso de los estratos inferiores del bosque por las aves cuando hay una mayor densidad en la cobertura de los bosques (Walther 2002).

En el sur de México se ha reportado el uso de vegetación por distintos gremios y grupos de aves. Paisajes modificados, como los cafetales, son importantes para aves migratorias (Greenberg et al. 1997). Van-Bael et al. (2008) reportaron que en paisajes agroforestales el dosel favorece a las aves migratorias neotropicales y residentes. En la región de estudio la aproximación más cercana a abundancia de aves es en relación al hábitat pero no al uso de los estratos de la vegetación (Salgado-Ortiz 1999).

Hay aves especialistas que dependen de ciertos tipos de hábitat y la vegetación presente en éstos, y otras especies de aves generalistas que se pueden encontrar en distintos hábitats independientemente de la vegetación presente. Por esta razón es importante identificar cómo el uso del suelo y la vegetación presente en diferentes sitios afectan a diferentes comunidades de aves. Esto puede ayudar a identificar zonas necesarias para la conservación de especies residentes y migratorias. El uso de suelo, además de impactar en las comunidades de aves, puede también favorecer la presencia de otros organismos, como las garrapatas (Patz et al. 2008).

3. Garrapatas: taxonomía y ciclo biológico

Las garrapatas pertenecen a la clase de los arácnidos y a la subclase Acari (ácaros). La subclase Acari se divide en dos superórdenes, uno de ellos, el de los Parasitiformes, que incluye al orden Ixodida (Pérez et al. 2014) en el que se encuentran las garrapatas. Las garrapatas son parásitos hematófagos obligados que pueden parasitar a cualquier vertebrado terrestre. Se caracterizan por ser de los ácaros más grandes y presentar

partes bucales modificadas para poder sujetarse y alimentarse de sangre (Pérez et al. 2014). Existen tres familias de garrapatas, la familia Ixodidae con 13 géneros y 692 especies, la familia Argasidae con 6 géneros y 186 especies, y la familia Nuttalliellidae con 1 especie (Gayle y Ringdhal 2001; Sonenshine y Roe 2014).

En México se han registrado 100 especies, lo que corresponde al 11.3% de la diversidad mundial. Está representada por las familias Argasidae (garrapatas blandas) e Ixodidae (garrapatas duras). De la familia Argasidae se han registrado cinco géneros y 32 especies *Argas sp.* (6 especies), *Antricola sp.* (3), *Ornithodoros sp.* (20), *Otobius sp.* (2) y *Nothoaspis sp.* (1). De la familia Ixodidae se han registrado cinco géneros y 68 especies: *Ixodes sp.* (26 especies), *Amblyomma sp.* (26), *Dermacentor sp.* (10), *Haemaphysalis sp.* (3) y *Rhipicephalus sp.* (3) (Guzmán-Cornejo et al. 2011; Pérez et al. 2014).

El ciclo de vida de las garrapatas de la familia Ixodidae y Argasidae usualmente involucra cuatro estados: huevos, larvas, ninfas y adultos; el ciclo de la familia Ixodidae es bianual. Las hembras adultas depositan un paquete de huevos conteniendo entre 800-3000 huevos en la primavera del primer año, las larvas eclosionan durante el verano y comienzan a buscar un huésped, usualmente aves, pequeños mamíferos o reptiles, se alimentan de 3 a 5 días, se desprenden y se convierten en ninfas durante el invierno. Durante la siguiente primavera o verano la ninfa busca un nuevo huésped, usualmente aves o mamíferos pequeños o medianos (Conover y Vail 2014). Después de alimentarse de cuatro a cinco días la ninfa se desprende y se convierte en adulto. El adulto busca un huésped, la hembra deposita huevos y comienza de nuevo el ciclo (Conover y Vail 2014).

El ciclo de vida es muy parecido para la familia Argasidae, en ocasiones el patrón de alimentación incluye diversos hospederos, con varios estadios ninfales, adultos que ingieren sangre en varias ocasiones, seguida cada una de ellas por la producción de huevos o de esperma. El número de estadios ninfales varía según la especie (Faccioli 2011). En este sentido sus ciclos se componen de dos periodos principales: i) en el que son parásitos de vida libre, en el cual se desarrollan fuera del huésped, en la vegetación, y después comienzan a buscar hospederos, y ii) en el que son parásitos hematófagos obligados y necesitan encontrarse parasitando un hospedero.

3.1 Distribución e importancia de las garrapatas

Las garrapatas se distribuyen en todo el mundo, en México se han registrado distintas especies en toda la superficie del territorio nacional tanto en vida libre como parasitando distintos hospederos (Guzmán-Cornejo et al. 2007, 2011; Pérez et al. 2014). Desde la mitad del siglo XIX se identificó que las garrapatas transmiten enfermedades a los humanos y otros vertebrados. En este sentido son consideradas tan importantes porque son organismos vectores y transmisores de microorganismos patógenos como bacterias, virus, hongos y protozoarios (Sonenshine y Roe 2014; Sosa-Gutiérrez et al. 2016).

Las garrapatas tienen impactos importantes en: la salud pública, la economía, la ganadería, y la conservación de especies silvestres. Sin embargo tal vez su mayor importancia recae en su capacidad para transmitir enfermedades. Algunos de los microorganismos que transmiten son causantes de enfermedades zoonóticas, que son enfermedades que se pueden transmitir entre animales vertebrados, entre los que se incluye el ser humano (Isaza Nieto 2015). Entre las enfermedades zoonóticas transmitidas por garrapatas se encuentran la enfermedad de Lyme, fiebre hemorrágica del Congo, Anaplasmosis humana y la babesiosis, entre otras. (Baneth 2014).

En los últimos años se han incrementado los casos humanos reportados de enfermedades transmitidas por garrapatas al ser humano, principalmente en el hemisferio norte (Pfaffle et al. 2013). En México éstas enfermedades son emergentes y se reportan los primeros casos de la enfermedad de Lyme en 2007 y de Ehrlichiosis humana en 1999 y 2016 (Gordillo et al. 2007; Sosa-Gutiérrez et al. 2016). En la ganadería se han registrado pérdidas millonarias de ganado por enfermedades transmitidas por garrapatas (Byford et al. 1992; Sonenshine y Roe 2014). Han sido registrados casos en los que los microorganismos transmitidos por éstas han causado enfermedades asociadas que casi han diezmado poblaciones de mamíferos silvestres (Spicket et al. 1995; Dybas 2009), las garrapatas además de transmitir enfermedades pueden causar decremento en la condición sus hospederos por el volumen de sangre ingerido y abrir la oportunidad de infección por otros patógenos oportunistas (Brown et al. 1995; Munson et al. 2008).

3.2 Hospederos de garrapatas

En la fase en que las garrapatas son parásitos obligados se han realizado estudios en mamíferos (silvestres y domésticos), ya que han sido identificados como sus principales hospedadores, sin embargo, en orden de importancia también parasitan aves, reptiles y en algunos casos anfibios (Sonenshine y Roe 2014). En México el género *Ixodes sp.* ha sido asociado a 24 especies de mamíferos y 6 especies de aves, mientras que el género *Amblyomma sp.* ha sido asociado a 43 taxones, entre los que se incluyen algunas especies de aves, este último género ha sido encontrado en 30 de los 32 estados de México (Gordillo et al. 2009; Pérez et al. 2014).

Existen reportes de parasitismo en personas, mamíferos silvestres como: jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tapir (*Tapirus bairdii*), pecarí (*Pecari tajacu*), zorrillo, en reptiles como la tortuga casquito (*Kignosternon sp.*), *Rhinoclemmys ocelata*, iguana (*Iguana iguana*) y serpientes (*Spillotes pullatus*), y en mamíferos domésticos como el caballo (*Equus caballus*), vacas (*Bos taurus*), perros (*Canis familiaris*) y gatos (*Felis catus*), y en aves domésticas y silvestres (Guzmán-Cornejo et al. 2011; Arana-Guardia et al. 2015; Sosa-Gutiérrez et al. 2016).

En la región de Calakmul se han registrado especies de garrapatas como *A. cajennense*, *A. calcaratum*, *A. nodosum*, *A. ovale*, *I. affinis* y *R. microplus* en mamíferos silvestres como *Urocyon cinereoargenteus*, *Leopardus pardalis*, *Puma yagouaroundi*, *O. virginianus* y *Tamandua mexicana*, entre otros. (Guerrero-Sánchez 2011; Villalobos-Cuevas 2011), sin embargo no hay reportes de parasitismo en aves. Un estudio de modelaje estima la presencia de garrapatas del género *Ixodes sp.* y *Amblyomma sp.* en la región de Calakmul (Illoldi-Rangel et al. 2012), misma que por su alta diversidad de aves es una región importante para el estudio de garrapatas en aves.

3.2.1 Aves como hospederos y dispersores de garrapatas

A nivel mundial especies de garrapatas como *I. scapularis*, *I. pacificus*, *I. dammini*, *A. americanum*, *Rhipicephalus sanguineus*, *Dermacentor spp*, *A. mixtum*, *A. cajennense* y *A. imitator*, que han sido identificadas como vectores de enfermedades (Smith et al. 1996;

Oliveira et al. 2010; Scott et al. 2010; Iloldi-Rangel et al. 2012; Feria-Arroyo et al. 2014; Robinson et al. 2014) y han sido registradas parasitando aves (Schulze et al. 1986; Olsen et al. 1995; Smith et al. 1996; Brownstein et al. 2005; Almazán et al. 2013). En México la familia Ixodidae se ha encontrado parasitando algunas especies de aves, entre ellas, el género *Ixodes* sp. se ha registrado parasitando al zopilote negro (*Coragyps atratus*), mientras que el género *Amblyomma* sp. en especies de aves como la tángara rojinegra (*Ramphocelus sanguinolentus*), picoplano de anteojos (*Rhynchocyclus brevirostris*) y el picoplano sulfuroso (*Tolmomyias sulphurescens*) (Guzmán-Cornejo et al. 2011; Pérez et al. 2014; Rodríguez-Vivas et al. 2016)

Las aves migratorias pueden dispersar garrapatas en vuelos de hasta 950 km diarios (Scott y Durden 2015), además, utilizan sitios de descanso en los que se detienen durante el día antes de volver a emprender el vuelo hacia su destino final (Reed et al. 2003). Las garrapatas deben permanecer alimentándose del huésped durante varios días para ser dispersadas (Hubálek 2004). Estudios de parasitismo en aves han encontrado que las larvas y ninfas son las que principalmente parasitan distintas a este grupo (Hubálek 2004) y que las principales garrapatas que son dispersadas por las aves son de las familias Ixodidae y Argasidae (Hubálek 2004).

Las aves al desplazarse grandes distancias pueden funcionar como portadores biológicos y dispersores de enfermedades y garrapatas principalmente por dos mecanismos:

- 1) Cuando las aves se encuentran infectadas con algún patógeno y lo dispersan, la dispersión se realiza vía endozoocoria ya que el patógeno viaja en su interior
- 2) Cuando las aves dispersan ectoparásitos (garrapatas) funcionan como dispersores vía epizoocoria ya que el propágulo se encuentra en su exterior (Viana et al. 2016).

Los patógenos transmitidos por garrapatas de la familia Ixodidae están siendo dispersados por aves vía transporte de larvas y ninfas infectadas (Hubálek 2004). El orden de los passeriformes ha sido reportado como el principal que es parasitado y aves de este orden han sido encontradas dispersando garrapatas infectadas (Skoracki et al. 2006; Pacheco et al. 2012; Lommano et al. 2014; Newman et al. 2015). En un estudio realizado en Estados Unidos se encontró que al menos 90 % de las garrapatas colectadas

en aves migratorias eran de las regiones tropicales de América (Mukherjee et al. 2014). Sorprendentemente en México no existen reportes o estudios detallados de parasitismo por garrapatas en aves, los registros que se tienen para algunas garrapatas incluyen solamente el orden de los Paseriformes y familias como Tyrannidae o Thraupidae representadas por las especies *R. sanguinolentus*, *R. brevirostris* y *T. sulphurescens* (Guzmán-Cornejo et al. 2011).

4. Importancia los distintos usos de suelo en la interacción aves-garrapatas

La cobertura de suelo y la vegetación presente en distintos sitios es determinada por distintos usos de suelo para actividades humanas. Esto puede influir en la riqueza, diversidad y composición de sus comunidades. Ha sido argumentado que paisajes más heterogéneos y fragmentados como resultado de distintos usos de suelo pueden favorecer la riqueza de aves (Farihg 2003, 2017). Sitios en los que el uso de suelo es destinado a la conservación tienden a favorecer la diversidad de las comunidades de aves, caso contrario los sitios que están siendo impactados por actividades humanas, esto fue también reportado por Rangel-Salazar et al. (2009) en Chiapas. En este sentido también la estructura de la vegetación en los sitios puede determinar la composición de las comunidades de aves (Ugalde et al. 2009).

Las aves silvestres pueden utilizar distintos tipos de hábitats y los cambios en el uso de suelo inducidos por las actividades humanas influyen en sus comunidades (Smith et al. 2001), pero estos cambios también influyen en las interacciones parásito-hospedero (Ham-Deñas et. al 2017). En este sentido estos cambios pueden estar relacionados con la presencia y abundancia de distintas especies de aves y garrapatas. Para las garrapatas la vegetación provee protección contra condiciones ambientales adversas y ofrece una oportunidad para varias especies de garrapatas de parasitar hospederos (Tack et al. 2012). En sitios con diferentes tipos de vegetación, como resultado del uso de suelo, la abundancia de garrapatas puede variar (Lindstrom y Jaenson 2003; Hornok y Farkas 2009). La vegetación arbustiva ha sido reportada como refugio para las garrapatas y ofrece oportunidades para parasitar hospederos (Tack et al. 2012).

La distribución del complejo de *I. ricinus* ha ido cambiando en los últimos años relacionado a los cambios en el paisaje (Léger et al. 2013), se ha reportado que tiene mayor abundancia en zonas boscosas donde la vegetación provee de humedad (Hornok y Farkas 2009). En sitios boscosos o en combinación con pastizales se ha reportado mayor infestación por *I. scapularis* (Alleklint-Eisen y Eisen 1999). Con *D. reticularis* se encontró mayor abundancia en arbustos (entre uno y 1.5 m) ya que proveía un mejor refugio para las garrapatas (Mierzejewska et al. 2015), situación similar para *I. scapularis* (Civitello et al. 2008; Feria-Arroyo et al. 2014). En garrapatas del género *Boophilus sp.* ha sido descrito que el ambiente fuera del huésped es severo en pastizales donde hubo ganado, resultando en una alta mortalidad de garrapatas (Teel et al. 1997).

La diversidad y composición de las comunidades de aves, y sus dinámicas y poblaciones, están asociadas a distintos hábitats, así como a la vegetación presente en cada sitio como resultado de su uso de suelo (Chettri et al. 2005). Ha sido descrito que las aves que forrajean en el piso tienen mayor abundancia de garrapatas (Scharf 2004). También ha sido descrito que la abundancia de garrapatas se relaciona con la densidad de hospederos y sus dinámicas (Boyard et al. 2007), el ambiente físico (Swei et al. 2011) y variables ambientales, principalmente la humedad (Tack et al. 2012). Entonces, el tipo de cobertura de vegetación presente, como resultado del uso de suelo, puede a la presencia de diferentes gremios y especies de aves, y diferentes especies y abundancias de garrapatas. Esto podría determinar diferencias en la abundancia de garrapatas en las aves (Mitra et al. 2010).

Las enfermedades transmitidas por garrapatas se han incrementado recientemente en diferentes regiones del hemisferio Norte, lo que es un problema de salud pública y de salud animal a nivel global. La emergencia de estas enfermedades se puede relacionar a cambios en el uso de suelo, el cual modifica la cobertura de vegetación e influye en la composición de las comunidades de especies de aves, que son hospederos y dispersores de garrapatas. El propósito de este estudio fue aportar información que ayude a entender cómo el uso de suelo afecta las comunidades de aves y su relación con la abundancia de garrapatas en las aves. Esto puede ayudar a identificar sitios potenciales de emergencia de enfermedades e identificar especies que pueden

servir como potenciales dispersores de garrapatas y patógenos, lo que puede tener implicaciones a escalas geográficas continentales. Nuestro estudio puede ofrecer herramientas para entender la ecología de las enfermedades transmitidas por garrapatas y generar información hasta el momento desconocida sobre la abundancia de garrapatas en aves de la región de Calakmul. Nos planteamos las siguientes preguntas: i) ¿Distintos usos de suelo y su cobertura vegetal influyen en la composición, riqueza, diversidad y dominancia de las comunidades de aves?; ii) ¿La abundancia de garrapatas será mayor en sitios que no son destinados a la conservación?; iii) ¿Existen diferencias en la abundancia de garrapatas en las diferentes especies de aves silvestres y entre las aves migratorias neotropicales y residentes?, y; iv) ¿Las aves migratorias neotropicales tienen una función importante en la dispersión de garrapatas?. Planteamos las siguientes hipótesis: i) La comunidad de aves en sitios con mayor cantidad de cobertura de vegetación conservada, como resultado del uso de suelo, serán más diversas que las comunidades de aves en sitios cuyo uso de suelo está siendo, o fue utilizado para actividades humanas y ii) la abundancia de garrapatas será diferente entre las especies y grupos de aves y estará relacionada a sitios con diferentes usos de suelo.

El objetivo general de este estudio fue describir la abundancia de garrapatas en las comunidades de aves en sitios con diferente uso de suelo en la región Calakmul, Campeche. Particularmente: i) analizar las comunidades de aves en sitios con diferentes usos de suelo, ii) describir la abundancia de garrapatas en aves silvestres presentes en sitios con diferente uso de suelo en la región de Calakmul, e iii) Identificar si la abundancia de garrapatas en aves está relacionada al uso de suelo y especies de aves.

Capítulo II. *Artículo sometido al Acta Zoológica Mexicana (<http://www1.inecol.edu.mx/azm/>)

Diversidad de aves en sitios con distinto uso de suelo en la región de Calakmul, Campeche.

González Martín del Campo Filiberto Moisés¹, Enríquez Rocha Paula Lidia.¹, Gordillo Pérez María Guadalupe³, Navarrete Gutiérrez Darío Alejandro^{1,2}

Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de La Frontera Sur, Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, (01 9679) 674 9000, fili.gmd@gmail.com, penrique@ecosur.mx. 1

Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística. El Colegio de La Frontera Sur, Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, (01 9679) 674 9000, dnavarre@ecosur.mx. 1,2

Unidad de investigación médica de enfermedades infecciosas y parasitarias, Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI IMMS, Avenida Cuauhtémoc 330, Doctores, 06720 Cuauhtémoc, CDMX, (55) 5627 6900 lugope2@yahoo.com.mx 3

Autor de correspondencia: Filiberto Moisés González Martín del Campo

Forma de citar: González-Martín del Campo F., Navarrete-Gutiérrez D. A., Enríquez PL., y Gordillo-Pérez M. G.

Diversidad de aves en Calakmul

Diversidad de aves en sitios con distinto uso de suelo en la región de Calakmul, Campeche.

Las aves son uno de los grupos de vertebrados más importantes en el funcionamiento de los ecosistemas ya que sus especies y gremios se asocian a distintos tipos de vegetación. Sin embargo, las comunidades y sus poblaciones, se pueden ver afectadas por cambios en los ecosistemas. Estas modificaciones son reflejo de los diferentes usos de la tierra, por esta razón es importante analizar como las áreas con diferentes coberturas y usos de la tierra influyen en las comunidades de aves. Para este estudio, los muestreos de aves se realizaron de febrero a junio de 2017 utilizando redes de niebla en cuatro sitios con distintas condiciones de uso: un sitio con vegetación conservada (Reserva de la Biósfera de Calakmul), dos acahuales, uno agrícola y otro forestal y un sitio ganadero. La diversidad y composición de las comunidades fue diferente en cada uno de los sitios muestreados, se identificó que las comunidades de aves entre acahuales y la Reserva de la Biósfera de Calakmul son más similares a las del sitio ganadero. El gremio de los semilleros y las aves generalistas fueron más abundantes en el sitio ganadero. Existió un mayor número de especies especialistas en el sitio con vegetación conservada y su abundancia fue baja, 32/82 (39%) de las especies estuvieron presentes en la reserva de Calakmul. Los análisis multivariados demostraron que el tipo de vegetación presente en los sitios influye en la abundancia de familias y especies de aves. La presencia de especies compartidas entre los acahuales y la reserva de Calakmul demuestra la importancia en la conservación y regeneración de acahuales ya que pueden ser estados de transición que ayuden a recuperar especies presentes en las selvas maduras y que se encuentren bajo alguna categoría de riesgo.

Palabras clave: Diversidad, Comunidades, Avifauna, Uso de suelo, Calakmul

Bird diversity in sites with different land use in the Calakmul region, Campeche.

Birds are one of the most important vertebrate groups for the ecosystems' functioning, because their species and guilds are associated with different vegetation types. Nevertheless, their communities and populations are affected by changes in the ecosystems. These modifications are a reflection of different land use, and for this reason it is important to analyze how sites with different land use and ground cover can have an influence on the birds' communities. For this study we sampled birds from February to June of 2017 using mist nets in sites with different land use: a site inside the Calakmul Biosphere Reserve, two acahuals, and one livestock site. The diversity and composition of the bird communities were different in each one of the sampling sites. We identified that bird communities between acahuals and the Calakmul Biosphere Reserve had a greater similarity than the livestock site. The seeders guild and the generalist species were more abundant in the livestock site. There was a greater number of specialist birds with low abundances in the Calakmul Biosphere Reserve. There was a higher number of specialist bird species in the sites with greater conserved vegetation, 32/82 (39%) of the species were present in the Calakmul Biosphere Reserve. The multivariate analysis showed that the vegetation type present in the sites can have influence the abundance of the bird species and their families. The presence of shared species between the acahuals and the Calakmul Biosphere Reserve shows the importance of the conservation and regeneration of the acahuals because they could be a transition stage that contributes to the recovery of some bird species present in mature jungles that are threatened or belong to a risk category

Key Words: Diversity, Communities, Avifauna, Land Use, Calakmul.

Introducción

México presenta una elevada diversidad de aves, ya que aproximadamente se distribuyen 1115 especies que, representan el 10% de la diversidad mundial (Berlanga et al. 2017). La península de Yucatán y la vertiente del Pacífico son las áreas dónde se concentra esta riqueza (Navarro-Sigüenza et al. 2014). La mayoría de las aves son de hábitos terrestres y cumplen con distintas funciones ecológicas como la dispersión de semillas, polinización y control de plagas, por esta razón son consideradas como “ingenieros de los ecosistemas” (Sekercioglu 2006). De esta manera existe una relación directa entre los ecosistemas, los hábitats y las aves, ya que son los vertebrados terrestres con la mayor capacidad de movimiento y pueden cubrir amplias distancias durante diferentes etapas de su historia de vida (Cox 2010). Para muchas especies la migración es parte de su historia de vida. Este comportamiento, es considerado un proceso ecológico – evolutivo, en el cual las aves se mueven a diferentes latitudes para pasar el invierno (Newton 2008) teniendo una respuesta adaptativa a la heterogeneidad espacial y temporal en los recursos. Los movimientos de migración son considerados un movimiento único que algunas especies tienen y responden a los siguientes características (i) es orientado o cíclico, (ii) es activo a través de la locomoción o con el uso de un medio como el agua o el aire para el transporte, y (iii) se realiza al suprimir comportamientos de manera temporal, como el forrajeo (Kennedy 1961, 1985). Considerar la migración de esta forma permite compararla en estudios empíricos entre especies residentes y migratorias. Así mismo, apoya a determinar el efecto que tiene la migración en las comunidades, parámetros de las poblaciones y patrones de distribución espacial (Dingle 1996). Se estima que alrededor de 300 especies migran de Norteamérica a Centro y Suramérica cada año y durante la migración utilizan sitios de descanso para después continuar con su viaje a su destino final (Reed et al. 2003). Hay evidencia de que las especies que migran grandes distancias tienen la capacidad de ajustar su conducta de migración durante la ruta y en respuesta a la variación ambiental (La Sorte & Fink 2017). De esta manera las aves migratorias neotropicales y las residentes dependen de la vegetación presente en los sitios, la cual puede ser resultado del uso del suelo (Smith et al. 2001). En este sentido, México ha sufrido una de las mayores tasas de

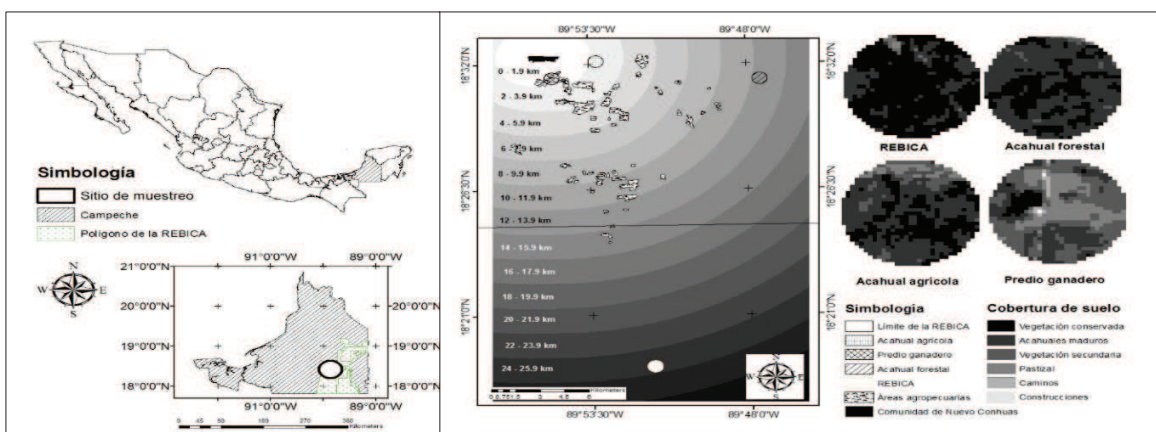
modificación de sus ecosistemas y deforestación a nivel de América Latina, en las últimas dos décadas más de 100,000 ha de bosques han sido deforestados en México (Ellis et al. 2017). Entre 1993 y 2002 Campeche tenía una tasa de deforestación de 30,968 ha por año (Céspedes & Moreno 2010), principalmente a por la intensificación de actividades agropecuarias (Smith et al., 2001). Para el estado de Campeche, el 74% del territorio estatal corresponde a terrenos que han sido modificados por actividades humanas y, solamente el 25.1 % restante está cubierta por vegetación natural (INEGI 2015). En Calakmul el sistema de propiedad ejidal ha sido el principal promotor del cambio de uso de tierra en la región (Chowdhury 2006), el resultado es un paisaje manejado conteniendo un mosaico de distintos tipos de vegetación con diferentes etapas de sucesión (Warkentin et al. 1995; Smith et al. 2001). Un ejemplo de esto es la presencia de acahuales o hubchés (Martínez & Galindo 2002), que son comunidades secundarias de la selva baja o mediana asociadas a la producción agrícola de la roza-tumba y quema (Levy & Aguirre 2000). Algunas comunidades de la región reconocen al menos cuatro estadios dependiendo de su edad, en los cuáles la estructura y tipo de vegetación varía dependiendo del tiempo de abandono (Granados et al. 1999). Sin embargo, cuando éstas prácticas se realizan a pequeña escala y quedan parches intactos de vegetación se puede promover el mantenimiento de la biodiversidad (Smith et al. 2001). En este sentido se ha propuesto que paisajes fragmentados pueden promover la riqueza de especies, entonces la heterogeneidad del paisaje es importante para la supervivencia de distintas comunidades animales (Farihg 2003, 2017). En el sur de México han reportado el uso de vegetación por distintos gremios y especies de aves, de los cafetales de sombra para las aves migratorias (Greenberg et al. 1997) o paisajes agroforestales en los que las aves usan generalmente el dosel (Van et al. 2008). Este uso diferenciado de distintos tipos de vegetación se puede relacionar con la presencia de ciertos grupos de aves. Hay aves especialistas que dependen de ciertos tipos de hábitat y también de coberturas de vegetación y otras generalistas que se presentan en distintos hábitats para las que en general la vegetación puede no ser un factor determinante. Por esta razón es importante identificar cómo el uso del suelo y la vegetación presente en diferentes sitios afectan a diferentes comunidades de aves, esto puede ayudar a identificar zonas necesarias para la conservación de especies residentes y migratorias. Ya que las aves están asociadas a los ecosistemas y sus

hábitats, cambios en estos, inducidos por las personas, pueden tener impactos en las comunidades de aves, perjudicándolas o favoreciéndolas. En este sentido, el objetivo general de este estudio fue analizar si el uso de suelo en la región de Calakmul influye en la composición y diversidad de las comunidades de aves. Los objetivos particulares fueron determinar la cobertura de suelo de cada sitio y analizar su influencia sobre las abundancias de aves migratorias neotropicales y aves residentes, así como identificar la importancia de estos usos de suelo para aves que son generalistas y especialistas. A través de esto determinar la importancia e influencia del uso de suelo sobre las comunidades de aves y que implicaciones tienen para su conservación.

Materiales y métodos

La Reserva de la Biósfera de Calakmul (REBICA) se localiza al sureste del estado de Campeche, en el municipio de Calakmul, limita al este con el estado de Quintana Roo y al sur con la República de Guatemala. Se ubica entre las coordenadas 19°15' y 17°45' N y 90°10' y 89°15' O (SEMARNAP 1999). De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973), el clima es cálido subhúmedo (Aw) (García 1973; SEMARNAP 1999), la temperatura promedio anual es de 24.6°C, y el promedio de precipitación total anual es de 1076.2 mm (Martínez & Galindo 2002). La vegetación principal son selvas secas inmersas en una mezcla de selvas tropicales, subperenifolias, y subcaducifolias secas (Weterings et al. 2009), pudiendo ser altas, medianas, bajas o inundables.

Figura 1. Ubicación del estado de la región de Calakmul en el estado de Campeche y clasificación de la cobertura de los sitios de muestreo.



Selección de sitios de muestreo

El muestreo fue realizado en el ejido Nuevo Conhuas (89° 55' 22" N, 18° 32' 26 " O) donde se seleccionaron cuatro sitios con base en el uso actual de suelo. Para esto realizamos entrevistas semiestructuradas a tres de los pobladores más viejos del ejido. El primer sitio se localizó dentro de la REBICA (18°18'52.19"N, 89°51'23.40"O), esta área está sujeta a protección y no se permite el aprovechamiento extractivo desde la declaración de la reserva en 1989. La vegetación presente en este sitio es una mezcla de selva baja (también llamados bajos inundables), selva mediana y alta. Los otros sitios se ubicaron en la zona de amortiguamiento de la REBICA, en estos sitios se llevan a cabo aprovechamiento de recursos forestales y actividades como la agricultura y ganadería. El segundo sitio es un acahual de manejo forestal con más de 20 años de abandono (18°31'19.61"N, 89°47'31.92"O) en el que se realizó la explotación de los recursos forestales, la vegetación es selva mediana. El tercer sitio es un acahual de agricultura con vegetación secundaria entre 5 y 10 años de edad desde su abandono (18°32'9.24" N, 89°53'12.95" O), era sembrado con maíz, chile y calabaza (chihua). El tipo de agricultura que se realizó en este sitio fue roza, tumba y quema, la vegetación presente actualmente es selva baja y selva mediana. El cuarto sitio es de manejo ganadero (18°31'22.97" N, 89°54'47.53" O) en el que se mantiene ganado bovino en pastizales de *Mulembergia spp.* Es importante mencionar que los sitios en la zona de amortiguamiento se encuentran inmersos en parches en los que se han realizado distintas actividades de aprovechamiento, situación que caracteriza a la región.

Muestreo de aves

El muestreo de aves se realizó de febrero a junio de 2017. Se colocaron seis redes de niebla en el sotobosque con una separación de 90 y 120 m entre ellas (Ralph et al. 2001), las cuales permanecieron

abiertas desde las 06:30 hasta las 11:00 hrs durante tres días consecutivos. Este procedimiento se realizó cinco veces en cada sitio con un intervalo de tiempo de tres semanas. El esfuerzo total de muestreo fue de 14,580 hr/red. Las aves capturadas fueron pesadas con una balanza digital marca ADIR, identificadas a nivel de especie con guías de campo (Kaufman 2005; Perlo 2006; MacKinnon, 2013; Arizmendi & Berlanga, 2014; Sibley 2014), cuando fue posible se determinó la edad y el sexo de los organismos (Ralph et al. 2001). Las aves fueron marcadas en ambos tarsos con barniz para uñas (Kendall et al. 2009) para identificar posibles recapturas. Posterior a esto las aves fueron liberadas en el lugar de captura.

Análisis del paisaje

Para determinar la cobertura del suelo de cada sitio se utilizó ArcGIS versión 10.2. y FRAGSTATS versión 4 (McGarigal et al. 2012). Fue utilizada un imagen satelital LANDSAT 8 OLI del 14 de febrero de 2017 (USGS 2017) debido a que no se requería hacer la comparación en el tiempo de las coberturas y usos de suelo de la zona, no se realizó una corrección atmosférica y la imagen se trabajó utilizando los números digitales. Se llevó a cabo una clasificación automatizada no supervisada usando nueve clases para toda la imagen (con base en la experiencia del primer autor en el campo). Se estableció una zona buffer de 70 ha a partir del centroide de cada sitio en la que fueron colocadas las redes, esta fue determinada con base en datos de rango hogareño de tres especies capturadas: *Hylocichla mustelina* (Gmelin, 1789) y *Sittasomus griseicapillus* (Vieillot 1818) y *Empidonax virescens* (Vieillot, 1819) teniendo en cuenta que los ámbitos hogareños registrados para estas especies no exceden una superficie de 70 ha (Anders et al. 1998; Ausprey & Rodewald, 2013; Jirinec et al. 2016). Las clases dentro de cada zona búfer se analizaron con FRAGSTATS v4 (McGarigal et al. 2012), fueron determinadas las siguientes clases: vegetación conservada (VEC), acahuales maduros (ACM), vegetación secundaria (VES), pastizales (PAS), caminos (CAM) y construcciones (CON). Posteriormente se realizaron métricas a nivel de paisaje, se obtuvieron los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson de la cobertura, riqueza y cantidad de fragmentos, densidad de borde, que es una variable relacionada con la fragmentación de los sitios, y superficie en hectáreas de cada tipo de fragmento (cobertura) en cada sitio dentro de la zona

buffer. Fue también incluida la distancia a la comunidad en kilómetros (DISC) como variable explicativa (Cuadro 1). Las superficies de las variables VES Y PAS fueron combinadas creando una que generalizara la vegetación modificada (VESPA), los caminos y construcciones fueron combinados para derivar en una variable que indicara la ausencia de vegetación (SINV).

Cuadro 1. Características de la cobertura de suelo, en hectáreas (ha) y su porcentaje entre paréntesis (%) e índices de diversidad de cobertura de cada sitio.

	REBICA	FOR	AGR	GAN
VC	52.56 (75.45)	22.86 (32.82)	21.78 (31.27)	3.96 (5.68)
AM	15.57 (22.35)	44.46 (63.82)	36.45 (52.33)	17.73 (25.45)
VS	1.08 (1.55)	1.89 (2.71)	6.57 (9.43)	29.88 (42.89)
PA	0.45 (0.65)	0.36 (0.52)	3.69 (5.3)	16.65 (23.9)
CA	0 (0)	0.09 (0.13)	1.17 (1.68)	1.26 (1.81)
CO	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0.18 (0.75)
DB	130.92	168.38	204.13	187.76
RP	4	5	5	6
NP	26	31	37	32
SH	0.64	0.78	1.14	1.3
SI	0.72	0.71	0.48	0.46
DC (km)	2.02	3.44	13.53	25.6

Análisis de datos

La diversidad de aves fue analizada con el programa estadístico R Studio 1.0.153 (RStudio Team 2016) utilizando el Paquete INEXT para conocer los números efectivos de especies (Chao et al. 2014) lo anterior para identificar diferencias en la diversidad de especies en cada condición de uso de suelo. Los números

efectivos de especies son una medida de diversidad que permite comparar la magnitud de las diferencias entre las comunidades. En sus diferentes órdenes (q) se puede determinar la sensibilidad de las especies abundantes o raras en la medida de la diversidad, el orden 0 es insensible a la abundancia de las especies, lo que es equivalente a la riqueza de la mismas. Cuando el orden toma el valor de 1 todas las especies son incluidas con un peso proporcional a su abundancia en la comunidad, los valores mayores a 1 toman en cuenta las especies comunes (Moreno et al., 2011). Fue calculado el valor de equidad ($EF = D_2/D_1$) con los números efectivos de especies, esta relación permite representar la proporción de especies dominantes de una comunidad (Jost 2010). Se calculó la cobertura de muestra para la comunidad con los valores de abundancia observada y estimada a 300 individuos por sitio. Este análisis fue también realizado para los tres gremios más abundantes en la comunidad (insectívoros, nectarívoros y semilleros). Para el análisis de cobertura por gremio alimenticio las aves capturadas fueron clasificadas con información disponible en los sitios web Naturalista (www.naturalista.mx), Guía en línea del Laboratorio de aves de Cornell (<https://neotropical.birds.cornell.edu>) y guía en línea de Audubon para aves de Norteamérica (<http://www.audubon.org/bird-guide>), así como información en Neri (2007) y la guía de aves de Sibley (2014). El analizar coberturas de muestra similares permite realizar comparaciones más acertadas en relación a los valores de diversidad obtenidos por medio de los números efectivos de especies (Jost 2010). Se realizaron correlaciones de Pearson para buscar relaciones entre la diversidad observada y estimada con los números efectivos de especies y las características de cobertura de suelo en cada sitio, como la vegetación conservada, índices de Shannon y Simpson de vegetación en cada sitio, distancia en km a la comunidad, y densidad de borde. Todas las variables fueron transformadas (\log_{10}), los análisis fueron realizados con R studio. Fue calculado el índice de diversidad Beta de Whittaker (β_w) y el índice de similitud de Jaccard, Se utilizó un análisis de similaridades (ANOSIM) (Clarke 1993; McArdle & Anderson 2001) con el programa estadístico PAST 3.15 (Hammer et al. 2001) para identificar diferencias en las comunidades de aves de cada sitio. Fueron identificadas las especies con un individuo (singletones) y con dos individuos (doubletones) con el programa estadístico EstimateS V.9 (Colwell 2013) así como las especies presentes en solamente un sitio para identificar especies especialistas en la comunidad y su

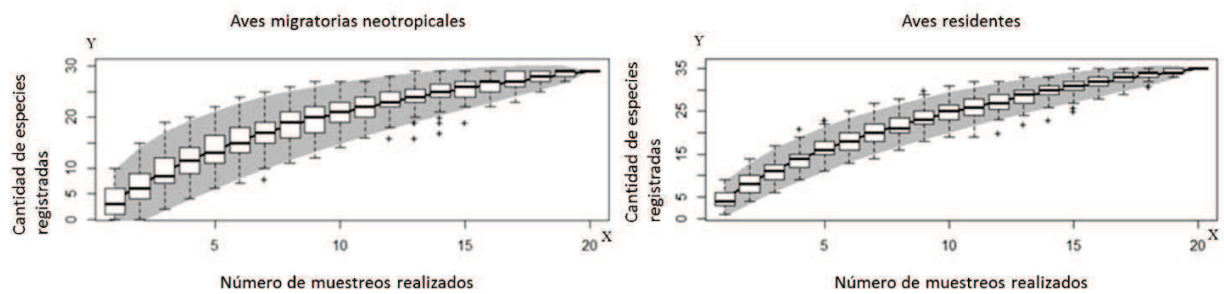
relación con la vegetación en cada uno de los sitios muestreados. Para evaluar de manera estadística la diferencia en la abundancia de las especies entre sitios y por mes de muestreo se realizó un análisis de varianza con permutaciones (PERMANOVA) utilizando las matrices de distancia de Bray-Curtis; se implementó la función “adonis” configurado en el paquete Vegan (Oksanen et al. 2018) en R; como un complemento a las pruebas de ANOSIM, por ser considerados más robustas que éstas ya que permite conocer de manera simultánea el efecto de los factores así como sus interacciones y se basa en una serie de permutaciones y utiliza una prueba de F considerando la suma secuencial de cuadrados en $n=999$ permutaciones de los datos (Chizinski et al. 2013). Fueron utilizadas pruebas de Kruskal-Wallis con la corrección de Bonferroni en R Studio 1.0.153 para analizar si existían diferencias entre la diversidad, riqueza y abundancia de especies y gremios alimenticios entre los sitios muestreados y meses de muestreo. Se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) con el paquete Vegan en R Studio, para determinar las asociaciones entre la comunidad de aves y las variables de tipos de vegetación de los sitios muestreados. Este método multivariado evalúa las relaciones de las especies con el ambiente, que están interactuando en un área determinada (Braak 1987) Las variables de tipo de vegetación utilizadas en el modelo fueron el logaritmo base 10 de la superficie de acahuals maduros (ACM) y de la suma de las superficies de caminos y construcciones (SINV), así como el logaritmo base 10 de la distancia a la comunidad de Nuevo Conhuas. La abundancia de especies fue transformada ($\log x+1$), la significancia del modelo y de las variables incluidas fueron evaluadas con pruebas ANOVA. Para la ordenación se consideró la escala de Hill tipo 2, (el promedio ponderado de las especies por sitio de registro), por lo que los otros sitios tienden a quedar fuera del área de influencia de las especies. Esta escala permite interpretar espacialmente la relación entre las especies y las variables ambientales en los sitios donde éstas se registraron (McCune & Grace 2002). Debido a que el CCA es sensible a la abundancia de las especies menos abundantes o raras, se realizó el tratamiento previo de los datos de abundancias de las especies de aves, transformando la variable considerando la distancia de Hellinger por ser recomendada para análisis de conglomerados o de ordenación cuando se analiza la composición de comunidades (Legendre & Gallagher 2001). Con las variables significativas del CCA se realizaron modelos lineales generalizados

(MLG) con distribución binomial negativa para la comunidad con el objetivo de analizar la influencia del sitio y tipos de vegetación sobre la abundancia de las aves y familias, fueron excluidas del modelo las familias representadas por un solo individuo, todos los modelos se realizaron en R studio 1.0.153 con el paquete mvabund (Wang et al. 2012).

Resultados

Fueron capturados 415 individuos (nueve de ellos recapturas) representados por siete órdenes, 22 familias y 82 especies. El 42.61% de las aves capturadas fueron migratorias neotropicales mientras que el 55.41% fueron aves residentes (Figura 2), el porcentaje restante fueron aves clasificadas como transitorias.

Figura 2. Acumulación de especies migratorias neotropicales y residentes durante todo el muestreo.



El orden mayormente representado fue el de los Passeriformes con 362 individuos equivalente al 89.16% del total de las capturas. La mayor parte de las capturas fueron de la familia Cardinalidae con 124 individuos (30.54%), seguida de la familia Parulidae con 66 (16.25%). Los órdenes Coraciiformes, Cuculiformes y Psittaciformes solamente presentaron un individuo cada uno, mientras que las familias Alcedinidae, Cuculidae, Corvidae, Fringillidae, Ramphastidae y Psittacidae también estuvieron representadas por un solo individuo (Apéndice 1). El sitio con mayor riqueza de especies observadas fue el ganadero ($D_0=36$), la mayor diversidad fue en el acahual de agricultura ($D_1=26.59$) mientras que el de mayor dominancia fue la REBICA ($D_2=21.45$). Los valores de riqueza (D_0), diversidad (D_1) y dominancia (D_2) observados y estimados de los cuatro sitios de muestreo se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores observados y estimados de los números efectivos de especies, factor de equidad para cada uno de los predios, abundancia de especies residentes y migratorias, especies con un solo registro, especies registradas en dos ocasiones y cálculo de la cobertura de muestra con la abundancia observada y estimada a 300 individuos por sitio.

	Observado			Estimado			E= D ₂ /D ₁	Estatus		f ₁	f ₂	Cn%		
	D	D ₁	D ₂	D ₀	D ₁	D ₂	OBS	ES	SR	SM	n	n		
	0							T					obs	300
REB	3	25.9	21.4	42.5	35.7	27.6	0.82	0.7	35	36	1	9	0.7	0.9
	2	6	5	6	4	0		7			4		8	4
FOR	3	19.1	11.3	39.1	24.2	12.3	0.59	0.5	63	23	1	1	0.8	0.9
	1	5	0	7	1	8		1			3	0	3	5
AG	3	26.5	20.8	38.4	32.6	24.4	0.78	0.7	65	28	1	1	0.8	0.9
R	4	9	4	6	6	8		4			0	1	7	5
GA	3	9.51	3.88	54.3	10.8	3.91	0.40	0.3	63	93	2	5	0.8	0.9
N	6			9	3			6			4		4	1

Cuadro 3. Valores de abundancia, riqueza, especies con un solo registro, especies registradas en dos ocasiones y cálculo de la cobertura de muestra observada y estimada para tres diferentes gremios de la comunidad de aves.

Sitio	N	D ₀	f ₁	f ₂	Cn%	Cn%
					(n=obs)	(n=100)
Semilleros						

REBICA	1	1	1	0	0	0
Acahual forestal	4	3	2	1	0.37	0.97
Acahual de agricultura	10	3	0	0	0	0
Sitio ganadero	117	9	3	2	0.96	0.95
Nectarívoros						
REBICA	6	3	0	2	0	0
Acahual forestal	6	2	0	1	0	0
Acahual de agricultura	6	3	0	3	0	0
Sitio ganadero	8	5	3	1	0.57	0.96
Insectívoros						
REBICA	61	25	8	9	0.83	0.90
Acahual forestal	75	26	11	9	0.83	0.87
Acahual de agricultura	76	27	9	7	0.86	0.89
Sitio ganadero	21	16	13	2	0.37	0.86

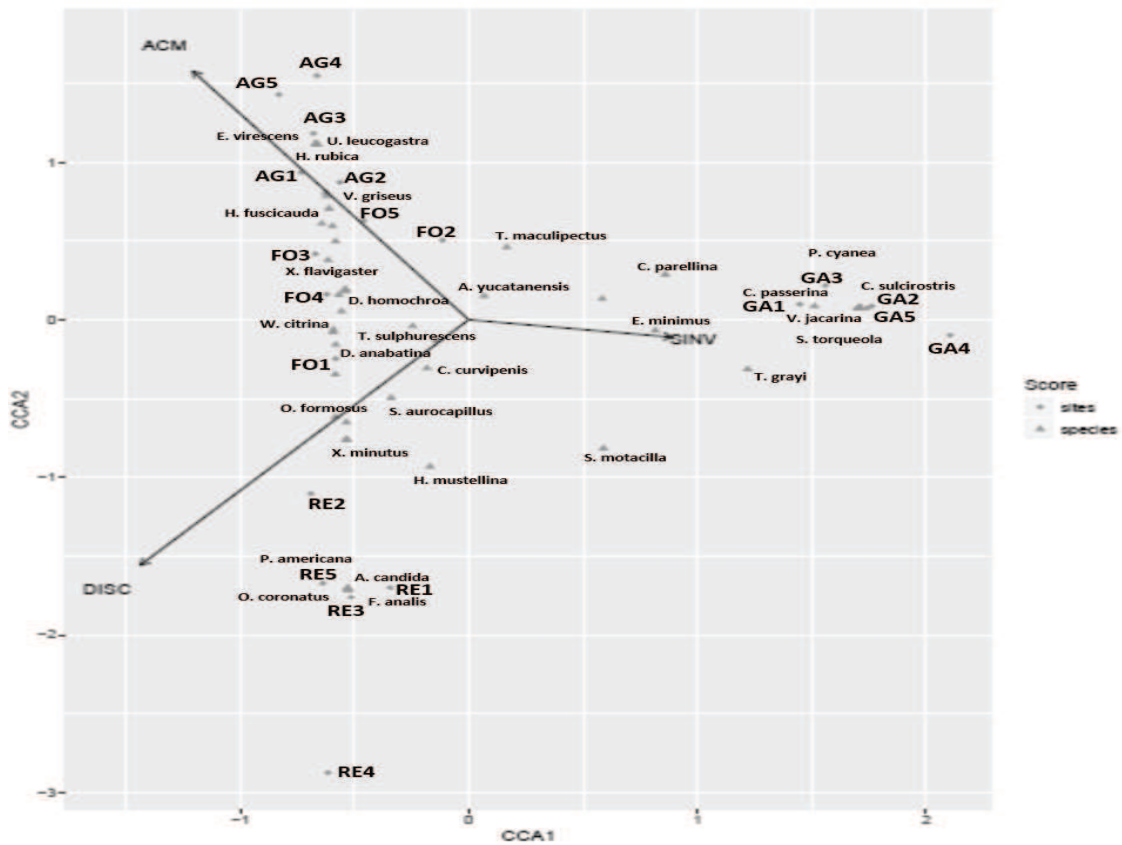
Todas las correlaciones mostraron valores de $p > 0.2$. La diversidad beta de la comunidad fue $\beta_w = 1.44$. Los resultados del ANOSIM demostraron una disimilitud entre los cuatro sitios ($R=0.482$, $p=0.001$), los sitios que mostraron una mayor diferencia en la composición de las especies fueron el acahual de agricultura y el sitio ganadero ($R=0.728$, $p=0.006$) seguido del sitio acahual forestal y el sitio ganadero ($R=0.664$, $p=0.007$), mientras que los más similares fueron la REBICA y el acahual de agricultura ($R=0.324$, $p=0.042$). Los sitios con mayor similitud respecto al índice de Jaccard fueron ambos acahuales (0.40) mientras que los menos similares fueron la REBICA y el sitio ganadero (0.15), existió una similitud entre la REBICA y el acahual forestal (0.36) y de la REBICA con el acahual de agricultura (0.24). Fueron identificados 32 especies con un solo individuo, seis en la reserva de la biósfera (*Amazilia candida* (Bourcier & Mulsant 1846), *Chloroceryle aenea* (Pallas, 1764), *Setophaga ruticilla* (Linnaeus,

1758) y *Myiarchus tuberculifer* (d'Orbigny & Lafresnaye 1837)), cuatro en el acahual forestal (*Contopus cinereus* (Spix 1825), *Myiarchus crinitus* (Linnaeus 1758), *Rhynchocyclus brevirostris* (Cabanis 1847) y *Veniliornis fumigatus* (d'Orbigny 1840)), cinco en el acahual de agricultura (*Amblycercus holosericeus* (Deppe 1830), *Dendroica pensylvanica* (Linnaeus 1766) , *E. virescens*, *Lepidocolaptes souleyetii* (Des Murs 1849) y *Pteroglossus torquatus* (Gmelin JF 1788)) y 17 en el sitio ganadero (*Archilochus colubris* (Linnaeus 1758), *Columbina talpacoti* (Temminck 1810) , *Crotophaga sulcirostris* (Swainson 1827) , *Piranga rubra* (Linnaeus 1758), *Cyanocorax morio* (Wagler 1829), *Megarynchus pitangua* (Linnaeus 1766), *Myiarchus tyrannulus* (Muller 1776) y *Sporophila torqueola* (Bonaparte 1850) entre otros) (Apéndice 1). La abundancia de las especies no presentó una distribución normal ($W= 0.66$, $p<0.001$). El resultado del PERMANOVA al analizar la abundancia de las aves en relación a los meses mostró diferencias ($Df = 4$, $p = 0.008$). Las pruebas de Kruskal- Wallis también mostraron diferencias en relación a la abundancia de aves migratorias neotropicales, fue diferente en los meses de enero y junio ($X^2=13.88$, $df = 4$, $p = 0.007$). Existieron diferencias entre los sitios con relación al gremio de los semilleros ($X^2=15.22$, $df = 3$, $p = 0.001$) entre el sitio ganadero y acahual forestal ($p=0.024$), y sitio ganadero y la REBICA ($p=0.001$), también entre los sitios con relación al gremio de los insectívoros ($X^2=8.47$, $df = 3$, $p = 0.037$) entre el sitio forestal y la REBICA.

El sitio que presentó mayor diversidad de tipos de vegetación fue el ganadero ($H'=1.30$) y existió mayor dominancia respecto al índice de Simpson para el paisaje (0.72) mientras que en la REBICA presentó menor dominancia (0.46). La mayor cantidad de fragmentos (37) y densidad de borde (204.13) se presentó en el acahual de agricultura, la menor riqueza de fragmentos (4) y densidad de borde (130.92) fue en la REBICA, también ésta presentó la mayor superficie de vegetación conservada (52.56 ha) y la menor la tuvo el sitio ganadero (3.96 ha). Los acahuales presentaron superficies similares de todos los tipos de vegetación. Fueron la REBICA y el sitio ganadero los que presentaron superficies de vegetación más contrastantes (Cuadro 1, Figura 1). La composición de las especies de aves en los diferentes sitios estuvo asociada al tipo de vegetación (cobertura) presente en los éstos, así como a la distancia a la comunidad de

Nuevo Conhuas. El modelo con las variables DISC+ACM+SINV fue el más significativo ($p=0.001$), las variables individualmente fueron también significativas, DISC ($F=1.74$, $p=0.001$), ACM ($F=1.57$, $p=0.001$) y SINV ($F=1.41$, $p=0.019$). Los tres ejes del modelo explicaron 0.74, 0.39 y 0.30 respectivamente, correspondiente alrededor del 23% de la variación total (Figura 3).

Figura 3. Ordenación gráfica de los sitios muestreados y especies, se representan las especies de aves más representativas de los sitios. .



El sitio fue el que determinó una influencia en la abundancia de las especies de aves (Dev=373.1, $p=0.001$) así como en las familias (Dev=114.15, $p=0.001$). El modelo SP~VEC+ACM+SINV y todas las variables mostraron una influencia, VEC (Dev=186.20, $p=0.002$), ACM (Dev=117.11, $p=0.006$) y SINV (Dev=69.83, $p=0.01$). Para las familias fue utilizado un modelo con las mismas variables FAM~VEC+ACM+SINV, en este caso las variables también mostraron influencia, VEC (Dev=52.17, $p=0.002$), ACM (Dev=40.46, $p=0.005$) y SINV (Dev=21.84, $p=0.043$).

Discusión

La riqueza de especies de aves observada en este estudio equivale al 20.3% de la riqueza descrita por González et al. (2016), quienes reportan 403 especies para la REBICA. La mayor riqueza de especies de aves observada fue en el sitio ganadero, esto coincide con lo descrito por Ugalde et al. (2010) y Bojorges (2005) quienes encontraron resultados similares en un bosque templado en el Estado de México y una selva mediana en Veracruz respectivamente. Sitios con mayor perturbación pueden presentar mayor riqueza y menor diversidad de aves, sitios con mayor estado de conservación tienden a presentar mayor diversidad (Rangel-Salazar et al. 2009). Aunque el sitio ganadero presentó la mayor riqueza observada y estimada fue también el que presentó la menor diversidad y mayor dominancia de aves conforme a los números efectivos de especies. La diferencia en la magnitud de la diversidad de las comunidades de aves es muy grande entre los sitios, siendo esta magnitud más del doble en los otros sitios en comparación con el sitio ganadero (Cuadro 2). Los valores de equidad en las comunidades muestran el mismo patrón, siendo el sitio ganadero el que tiene el valor más bajo. La comparación realizada por medio de la cobertura de muestra (aves) refuerza las estimaciones de la diversidad de sus comunidades. Los sitios en regeneración y o que su uso de suelo actual es destinado a la conservación tienden a favorecer la diversidad de las comunidades de aves, caso contrario los sitios que están siendo impactados por actividades humanas, esto fue también reportado por Rangel-Salazar et al. (2009) en Chiapas. Anteriormente se ha reportado la preferencia de hábitat por gremios de aves (Petit & Petit 2003; Wilson et al. 1996) Nosotros, al comparar la preferencia de distintos gremios desde un enfoque de cobertura de

muestra de cada gremio, encontramos tendencias de estos a utilizar sitios con distintas características. Los insectívoros por ejemplo, en el acahual de agricultura presentan la mayor riqueza y abundancia, la cobertura estimada con 100 individuos alcanzó un valor de cobertura de 0.89%, mientras que el sitio ganadero, con una menor abundancia y riqueza se obtuvo un valor 0.86%, ambos valores similares, lo que puede indicar que los acahuales son de mayor importancia para los insectívoros que el sitio ganadero (Cuadro 3). Respecto a las especies registradas solo en una ocasión y las registradas en dos ocasiones para las diferentes comunidades, el análisis muestra que el mayor número lo tiene el sitio ganadero. Sin embargo, especies identificadas como únicas encontradas en este sitio han sido reportadas como generalistas, lo que coincide por lo reportado por Wal et al. (2012) respecto a las condiciones favorables de sitios agroforestales para aves generalistas. En este sentido, encontramos especies como *Onychorhynchus coronatus* (Muller 1776) (en peligro de extinción), *Formicarius analis* (d'Orbigny & Lafresnaye 1837), *Eucometis penicillata* (Spix, 1825) (bajo protección especial), *A. candida* y *C. aenea*, únicamente en la REBICA, son especies que han sido reportadas como especialistas y se encuentran enlistadas bajo alguna categoría de protección (SEMARNAT 2010; González et al. 2016). Smith et al. (2001) menciona que las aves podrían verse afectadas por la intensificación de las actividades humanas, situación que se observa para las especies anteriormente mencionadas. En el sureste de Campeche se ha encontrado que algunas especies de interior de selva se pueden encontrar en áreas en regeneración (Smith et al. 2001); esto lo encontramos de forma similar en este estudio, dónde la mayor similitud se presentó entre los acahuales y la REBICA como lo muestra el resultado del análisis ANOSIM, sin embargo también se ha reportado para bosques de latifoliadas (Vázquez et al. 2017) dónde las áreas en regeneración se recuperan rápidamente y se pueden encontrar en estos sitios especies de aves de selvas maduras o sitios con mayor estado de conservación. Por el contrario, la mayor diferencia fue entre la REBICA y el sitio ganadero, que actualmente tiene una presión permanente por actividades humanas, y que pudiera explicar esta disimilitud en la composición de especies. Esto puede mostrar un cambio gradual y una transición tendiente a la similitud de las comunidades de aves conforme madura la selva, lo que pudiera influir en la recuperación de especies residentes. Robbins et al. (1989) mencionan que hay evidencia empírica que

indica que la deforestación está afectando a las especies migratorias, no obstante, en este estudio encontramos una alta abundancia de aves migratorias en el sitio ganadero, y una acumulación similar de individuos residentes y migratorios durante el muestreo, y no encontramos diferencias entre la abundancia de aves migratorias neotropicales entre los sitios. González et al. (2016) mencionan además que las aves migratorias se pueden ver afectadas por la deforestación y por el efecto acumulativo de varios usos de suelo. Sin embargo lo encontrado en nuestro estudio muestra que de manera general este grupo de aves utiliza sitios con distintas coberturas y con distintos estados de perturbación. El tamaño y la riqueza de aves de un sitio pueden estar determinadas por las etapas sucesiones de la vegetación (Maldonado & Marini 2000). Ninguna de las correlaciones entre la diversidad de aves y tipo de cobertura de los sitios muestreados fue estadísticamente significativa, sin embargo esto puede deberse a que solamente fueron considerados cuatro sitios para el análisis y no se midió la heterogeneidad del paisaje en otras áreas con características similares. Las diferencias estadísticas encontradas en el PERMANOVA refuerzan los hallazgos del ANOSIM índice de Jaccard y pruebas de Kruskal Wallis, ya que estas pruebas indicaron diferencias entre las comunidades de aves analizadas. Aunque los resultados del CCA explican solo el 23% de la variación total, el análisis soporta lo encontrado en el ANOSIM y el índice de Jaccard, la distancia entre los acahuales y la presencia e identidad de las especies de aves en ellos muestra una tendencia en la composición de la comunidad. El uso de suelo determinó la composición de la comunidad de aves. La estructura de la vegetación en los sitios puede determinar la composición de las comunidades de aves (Ugalde et al. 2009), en este sentido, la variación no explicada puede estar relacionada a condiciones de hábitat y microhábitat como la estructura, identidad o abundancia de las especies vegetales presentes en los tipos de cobertura de cada sitio. Las familias Cardinalidae, Columbidae y Emberezidae son favorecidas por sitios sin vegetación, en comparación la familia Furnariidae principalmente representada por los trepatroncos, la cual es favorecida por los acahuales y la vegetación conservada en la REBICA, esto puede ser una tendencia de homogenización de sitios en recuperación hacia sitios con mejores condiciones de conservación. La familia Thraupidae, cuya única especie fue *E. penicilata* resultó favorecida por la vegetación conservada y estuvo presente solamente en la REBICA con una abundancia

de cuatro individuos. A nivel de especie, *Dendrocincla homochroa* (Sclater, 1859), *Habia fuscicauda* (Cabanis, 1861), y *Arremonops rufivirgatus* (Lawrence 1851), pertenecientes a las familias Furniriidae, Cardinalidae y Emberezidae respectivamente tuvieron la influencia de la vegetación y esto coincide con los resultados encontrados para las familias. 32 especies de aves (39% de la riqueza total) fueron registros únicos y dobles, además, la mayoría de las especies tuvieron bajas abundancias, esto puede explicar por qué no se detectó una influencia de la cobertura sobre la mayoría de las especies. De manera general ha sido argumentado que paisajes más heterogéneos y fragmentados pueden favorecer la riqueza de aves (Farihg 2003, 2017), y por medio de estudios de modelaje, se ha descrito que a nivel de paisaje la riqueza y diversidad se ve mayormente afectada por la pérdida de hábitat que por la fragmentación (De Camargo et al. 2018). Lo encontrado en nuestro estudio coincide con este hecho, el acahual de agricultura y el sitio ganadero tuvieron mayor heterogeneidad de cobertura y mayor fragmentación y presentaron una mayor riqueza de especies. Rangel-Salazar et al. (2009) realizaron una comparación entre sitios bajo distintas condiciones de perturbación en un bosque templado en Chiapas y encontraron que el sitio más perturbado presentó mayor riqueza y menor diversidad de aves, así como menos especies exclusivas, el sitio con menor perturbación presentó la mayor diversidad, pero la menor riqueza de especies. Esto coincide con lo que encontramos en nuestro estudio, las especies encontradas en el sitio más heterogéneo de cobertura son especies generalistas que han sido asociadas a condiciones de perturbación, por ejemplo *Columbina passerina* (Linnaeus, 1758), *C. tlapacoti*, *Turdus grayi* (Bonaparte 1838), *Volatinia jacarina* (Linnaeus, 1766), *Cyanocompsa parellina* (Linnaeus, 1766), y *Passerina cyanea* (Linnaeus, 1766), ésta última fue la especie más abundante de todas. Por otro lado, Hanski (2015) menciona que sitios con menor perturbación y fragmentación tienden a favorecer la diversidad, esto lo encontramos en la REBICA, que tuvo la mayor diversidad de aves estimada. Sin embargo es necesario analizar la influencia de la cobertura de suelo y heterogeneidad de paisaje sobre especies particulares ya que distintas especies pueden responder de diferente manera a los cambios de cobertura, fragmentación y cantidad de hábitat disponible (De Camargo et al. 2018). En este sentido podemos pensar que no solamente las condiciones de uso de suelo favorecen o perjudican la diversidad de aves, sino pueden influenciar la composición de las comunidades de aves.

Conclusiones

La diversidad de las comunidades de aves puede verse favorecida por sitios con mayor cobertura de vegetación conservada y menos cobertura de suelo asociada a actividades antropogénicas. La similitud de la composición de aves en sitios con coberturas similares demuestra la importancia e influencia del uso de suelo y vegetación presente en la composición de las comunidades de aves. La conservación y buen manejo de los acahuales pudiera tener un papel importante en la conservación de especies residentes y migratorias que han sido identificadas como amenazadas. La transición de estos sitios a selvas maduras puede ayudar a recuperar sus poblaciones, sin embargo, de manera general las aves migratorias muestran una mayor capacidad para adaptarse a sitios con distintos tipos de cobertura y perturbación. Pueden existir tendencias en la presencia de gremios en sitios con distinto uso de suelo y cobertura de vegetación, por ejemplo los semilleros, que en este estudio estuvieron representados por especies generalistas se pudieran ver favorecidos por áreas abiertas en las que las presiones antropogénicas son constantes, mientras que otros gremios como los nectarívoros, insectívoros o frugívoros se pudieran ver perjudicados. El tipo de uso de suelo es un factor importante en la composición de las comunidades de aves y sitios con uso de suelo tendientes a la regeneración o conservación pueden ser de importancia para la conservación en la diversidad de aves. Creemos que futuros estudios se deben de focalizar en el impacto particular y la influencia del uso de suelo sobre especies que han sido reportadas como amenazadas, tanto residentes como migratorias neotropicales. Por ejemplo la influencia en especies como *O. coronatus*, *F. analis* o *E. penicillata*, ya que para estas especies consideradas como de interior de selvas, el cambio en la cobertura primaria puede ser importante. Ya que los acahuales presentaron una similitud mayor con la REBICA creemos que deben de realizarse esfuerzos para su manejo y conservación que sean tendientes a la transformación gradual en selvas maduras y sitios con mayor cobertura de vegetación conservada ya que esto favorecería la diversidad de las comunidades de aves.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca (No. 597639) otorgada al primer autor para la realización de este estudio. A las autoridades del ejido Conhuas por las facilidades otorgadas para trabajar en el ejido y sus sitios. A las personas involucradas en el trabajo de campo. A la dirección de la Reserva de la Biósfera de Calakmul por la orientación y facilidades para realizar este estudio.

Literatura citada

Anders, A. D., Faaborg J., & Thompson, F. R. 1998. *Post-fledging dispersal, habitat use, and home-range size of juvenile wood thrushes*, *The Auk*, 115: 349–358.

Arizmendi, M. C., & Berlanga, H. 2014. *Colibríes de México y Norte América*. CONABIO. México D.F., 160 pp.

Ausprey, I. J. & Rodewald, A. D. 2013. *Post-fledging dispersal timing and natal range size of two songbird species in an urbanizing landscape*. *The Condor*, 115: 102–114.

Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas, V. M., Rodríguez, V., Sánchez, L. A., Ortega, R., & R.

Calderón, R. 2017. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. Available at: http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/scripts_aves/docs/lista_actualizada_aos_2017.pdf. (accessed on February 2018)

Bojorges, J. C., & López L. 2005. *Riqueza y diversidad de aves en una selva mediana subperenifolia en el centro de Veracruz. México*. *Acta Zoológica Mexicana*, 21: 1-20

Céspedes, F., & Moreno, S. 2010. *Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México*. *Investigación Ambiental*, 2: 5-13.

Chao, A, & Jost, L. 2012. *Coverage-based refraction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size*. *Ecology*, 12: 2533-2547

- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. 2014. *Rarefaction and extrapolation with Hill numbers : a framework for sampling and estimation in species diversity studies*. Ecological Monographs, 84:45–67.
- Chizinski, C. J., Peterson, A., Hanowski, J., Blinn, C. R., Vondracek B., & Niemi G. 2011. *Breeding bird response to partially harvested riparian management zones*. Forest Ecology and Management, 261: 1892–1900.
- Chettri, N., Deb, D. C., Sharma, E., & Jackson R. 2005. *The relationship between bird communities and habitat*. Mountain. Research Development, 25:235–243.
- Chowdhury, R. R. 2006. *Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico : Modeling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels*. Applied Geography, 26: 129–152.
- Clarke, K. R. 1993. *Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure*. Austral Ecology, 18: 117-143
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Cox, G. W. 2010. *Bird migration and global change*. Island Press, Washington D.C., 304 pp.
- De Camargo, R. X., Boucher, B., & Currie, D. J. 2018. *At the landscape level, birds respond strongly to hábitat amount but weakly to fragmentation*. Diversity and Distributions, 1-11. Doi: 10.1111/ddi.12706
- Dingle, H. 1996. *Migration: The biology of life on the move*. Oxford University Press, New York, 480 pp.
- Ellis, E. A., Romero, J. A., & Hernández, I. U. 2017. *Deforestation processes in the state of Quintana Roo, Mexico: The Role of Land Use and Community Forestry*. Tropical Conservation Science, 10: 1–12
- Farigh, L. 2003. *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. Annual Review of Ecology and Systematics, 34: 487-515

- Farihg, L. 2017. *Ecological responses to habitat fragmentation Per Se*. Annual Review of Ecology and Systematics, 48: 1–23
- González, M., Martínez, E., & Rangel, J. L. 2016. *Actualización del inventario de la avifauna de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, península de Yucatán, México : abundancia, estacionalidad y categoría de conservación*. Huitzil, 17: 54–106.
- Graham, C. H., & Blake, J. G. 2001. *Influence of patch- and landscape-level factors on bird assemblages in a fragmented tropical landscape*. Ecological Applications, 11:1709–1721.
- Granados, D., López, G. F., & Trujillo, E. 1999. *La milpa en la zona maya de Quintana Roo*. Revista de Geografía Agrícola, 28:57–72.
- Greenberg, R., Bichier, P., & Sterling, J. 1997. *Bird Populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, México*. Biotropica, 29:501–514.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. 2001. *PAST: Paleontological software package for education and data analysis*. Paleontologia Electrónica, 4:9.
- Hanski, I. 2015. *Habitat fragmentation and species richness*. Journal of Biogeography, 42: 989–994
- INEGI. 2015. *Conociendo México*. Sexta ed. Aguascalientes, 30 pp.
- Jirinec, V., Varian, C. P., Smith, C. J., & Leu, M. 2016. *Mismatch between diurnal home ranges and roosting areas in the Wood Thrush (Hylocichla mustelina): Possible role of habitat and breeding stage*. The Auk, 133:1–12.
- Jost, L. 2010. *The relation between evenness and diversity*. Diversity, 2: 207-232.
- Kaufman, K. 2005. *Guía de campo para las aves de Norteamérica*. Houghton Mifflin, 392 pp.

- Kendall, W. L., Converse, S. J., Doherty, P. F., Naughton, M. B., Anders, A., Hines, J. E., & Flint, E. 2009. *Sampling design considerations for demographic studies: A case of colonial seabirds*. *Ecological Applications*, 19: 55–68.
- Kennedy, J. S. 1961. *A Turning Point in the Study of Insect Migration*. *Nature*, 189: 785-791
- Kennedy, J. S. 1985. *Migration: Behavioral and ecological*. Pp. 5-26 In: Rankin, M. A. (ed). *Migration: Mechanisms and Adaptive Significance. Contributions in Marine Science*. Marine Science Institute, University of Texas, Austin, 868 pp.
- La-Sorte, F. A, Fink, D., Blancer, P. J., Rodewald, A, D., Ruiz, V., Rosenberg, K. V., Hochachka, W. M., Verburg, P. H., & Kelling, S. 2017. *Global change and the distributional dynamics of migratory bird populations wintering in Central America*. *Global Change Biology*, 12: 5284-5296.
- Legendre, P., & Gallagher, E. D. 2001. *Ecologically meaningful transformations for ordination of species data*. *Oecología*, 129: 271-280.
- Levy S. I., & Aguirre, R. J. 2000. *El aprovechamiento agrícola intensivo de los Hubchés (Acahuales o comunidades secundarias) de Yucatán*. *Revista Geográfica*, 128:79–103.
- MacKinnon, B. H. 2013. *Sal a pajarear Yucatán (guía de aves)*. La Vaca Independiente, México D.F., 287 pp.
- Maldonado, M. & Marini, M. A. 2000. *Effects of forest fragment size and successional stage on mixed-species bird flocks in southeastern Brazil*. *The Condor*, 102: 585–594.
- Martínez, E., & Galindo, C. 2002. *La vegetación de Calakmul, Campeche, México : clasificación, descripción y distribución*. *Boletín la Sociedad Botánica México*, 71: 7–32.
- McArdle, B. H., & Anderson, M. J., 2001. *Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis*. *Ecology*, 82: 290-297

- McCune, B. & Grace, J. B. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software, Glenden Beach, Oregon, 304 pp.
- McGarigal, K., Cushman, S., & Ene, E. 2012. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. 2010. *Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1249-1261
- Navarro, A. G., Rebón, F. M., Gordillo A., Townsend A., Berlanga, H., & Sánchez, L. A. 2014. *Biodiversidad de aves en México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:476–495.
- Neri, M. 2007. *Ficha técnica de Eucometis penicillata*. In: Escalante-Pliego, P. "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROYNOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO.
- Newton, I. 2008. *The migration ecology of birds*. Oxford: Elsevier, London, 984 pp.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, P. R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2018). *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Perlo, B. V. 2006. *Birds of Mexico and Central America*. Princeton, Princeton University Press, New Jersey, 336 pp.
- Petit, L. J., & Petit, D. R. 2003. *Evaluating the importance of human-modified lands for neotropical bird conservation*. *Conservation Biology*, 17: 687-694.
- Rangel, J. L, Enríquez, P. L., & Sántiz, E. C. 2009. *Variación de la diversidad de aves de sotobosque en el Parque Nacional Lagos de Montebello, Chiapas, México*. *Acta Zoológica Mexicana*, 25: 479-495

- Ralph, C. J., Dunn, E. H., Peach, W. J., & Handel, C. M., 2001. *Recommendations for the use of mist nets for inventory and monitoring of bird populations*. *Studies in Avian Biology*, 29: 187–196.
- Reed, K. D., Meece, J. K., Henkel, J.S., & Shukla, S. K. 2003. *Birds, Migration and emerging zoonoses: west nile virus, lyme disease, influenza A and enteropathogens*. *Clinical Medicine and Research*, 1: 5–12.
- Robbins, C. S., Sauer, J. R., Greenberg, R. S. & Droege, S. 1989. *Population declines in North American birds that migrate to the neotropics*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86: 7658–7662.
- RStudio Team. 2016. RStudio: Integrated Development Environment for R.
- Sekercioglu, C. H. 2006. *Ecological significance of bird populations*. Pp. 15-34. In: del Hoyo, J., Elliot, A., & Christie D, (Eds.). *Handbook of the Birds of the World*. BirdLife International, Lynx Editions, Barcelona, España, 798 pp.
- SEMARNAP. 1999. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera de Calakmul*. Instituto Nacional de Ecología, México D.F, 270 pp.
- SEMARNAT. 2010. *Norma Oficial Mexicana nom-059-semarnat-2010*. Diario Oficial de la Federación 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. México, DF. 77 pp.
- Sibley, D. A. 2014. *The Sibley guide to birds*. 2nd ed. Sibley DA, Knopf AA, (eds). New York, 598 pp.
- Smith, A. L., Ortiz, J., & Robertson, R. J. 2001. *Distribution patterns of migrant and resident birds in successional forests of the Yucatan Peninsula, Mexico*. *Biotropica*, 33: 153–170.
- Braak, C. J. F. 1987. *The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis*. *Vegetatio*, 69: 69-77
- Ugalde, S., Valdez, J. I., Ramírez, G., Alcántara, J. L., & Velázquez, J. 2009. *Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación*. *Madera y Bosques*, 15: 5-26.

- Ugalde, S., Alcántara, J. L., Valdez, J. I., Ramírez, G., Velázquez, J., & Tarángo, L. A. 2010. *Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación*. *Agrociencia*, 44: 159-169
- USGS. 2017. United States Geological Service. Earth Explorer. Available at: <https://www.usgs.gov>. (accessed on september 2017).
- Van, S. A., Philpott, S. M., Greenberg, R., Bichier, P., Barber, N. A., Mooney, K. A., & Gruner, D. S. 2008. *Birds as predators in tropical agroforestry systems*. *Ecology*, 89:928–934.
- Vázquez, L. D., Arizmendi, M., Godínez, H. O., & Navarro, A. G. 2017. *Directional effects of biotic homogenization of bird communities in Mexican seasonal forests*. *The Condor*, 119: 275-288.
- Wal, H. V. D., Peña, B., Arriaga, S. L., & Hernández, S. 2012. *Species, functional groups, and habitat preferences of birds in five agroforestry classes in Tabasco, Mexico*. *Wilson Journal of Ornithology*, 124: 558–571.
- Wang, Y., Naumann, U., Wright, S., & Warton, D. I. 2012. *mvaabund: an R package for model-based analysis of multivariate data*. *Methods in Ecology and Evolution*, 3:471–474.
- Warkentin, I. G., Greenberg, R., & Ortiz, J. S. 1995. *Songbird use of gallery woodlands in recently cleared and older settled landscapes of the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico*. *Conservation Biology*, 9: 1095–1106.
- Weterings, M. J. A., Weterings, S. M., Vester, H. F. M., & Calmé, S. 2009. *Senescence of Manilkara zapota trees and implications for large frugivorous birds in the Southern Yucatan Peninsula, Mexico*. *Forest Ecology and Management*, 256: 1604–1611.
- Wilson, J. D., Taylor, R., & Muirhead, L. B. 1996. *Field use by farmland birds in winter: an analysis of field type preferences using resampling methods*. *Bird Study*, 43: 320-332.

Pie de Cuadro 1. REB (Reserva de la Biósfera de Calakmul), FOR (Acahual forestal), AGR (Acahual agrícola), GAN (Sitio ganadero), VC (Vegetación conservada), AM (Acahuales maduros), VS (Vegetación secundaria), PA (Pastizales), CA (Caminos), CO (Construcciones), DB (Densidad de borde), RP (Riqueza de parches), NP (Número de Parches), SH (índice de Shannon), SI (índice de Simpson), DC (Distancia a la comunidad de Nuevo Conhuas)

Pie de Cuadro 2. REB (Reserva de la Biósfera), FOR (Acahual forestal), AGR (Acahual de agricultura), GAN (Sitio ganadero), OBS (Observado), EST (Estimado), D_0 (Riqueza), D_1 (Diversidad), D_2 (Dominancia), $E = D_2/D_1$ (Factor de equidad), SR (Abundancia de aves residentes), SM (Abundancia de aves migratorias neotropicales), f_1 (especies con registros únicos), f_2 (especies registradas en dos ocasiones), $C_n\%$ (Cobertura de muestra).

Pie de Cuadro 3. N (Abundancia observada para cada uno de los gremios en los diferentes sitios), D_0 (Riqueza observada cada gremio en cada sitio), f_1 (especies con registros únicos), f_2 (especies registradas en dos ocasiones), $C_n\%(n=obs)$ (cobertura de muestra con la abundancia de individuos de cada sitio), $C_n\%(n=100)$ (Cobertura de muestra con una n estimada de 300 individuos para cada sitio).

Pie de Figura 3. RE (Reserva de la Biósfera), FO (Acahual forestal), AG (Acahual de agricultura), GA (Sitio ganadero), los números del 1-5 representan el número de muestreo en cada sitio.

Apéndice 1. Especies de aves capturadas en cuatro sitios en la región de Calakmul, Campeche durante febrero a junio de 2017.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Sitios de captura y número de individuos capturados por sitio.	EST	GAL
				RES FOR AGR GAN		
				(71) (86) (93) (156)		
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia candida</i>	Colibrí cándido	1	R	N
		<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canela	1	R	N
		<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí cola rojiza	2	R	N
		<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco	1 2 3 3	R	N
		<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí garganta rubí	1	M	N
		<i>Campylopterus curvipennis</i>	Fandanguero mexicano	4 4 2 2	R	N
		<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta	1	R	N

Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita	8	R	S
		<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza	1	R	S
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	2	R	S
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle aenea</i>	Martín pescador enano	1	R	O
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero	1	R	O
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cyanocompsa parviflora</i>	Colorín azul negro	2	3	13
		<i>Granatellus sallowi</i>	Granatelo yucateco	2	R	S
		<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara-hormiguera garganta roja	10	6	R
		<i>Habia rubica</i>	Tángara-hormiguera corona roja	3	R	I
		<i>Passerina ciris</i>	Colorín siete colores	2	M	S
		<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	1	76	M
						S

	<i>Piranga flava</i>	Tángara encinera	1	R	I
	<i>Piranga roseogularis</i>	Tángara yucateca	2	R	O
	<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	1	M	I
Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara café	1	R	O
Emberizidae	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador oliváceo	1	R	S
	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	1	R	S
	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	13	R	S
Formicariidae	<i>Formicarius analis</i>	Hormiguero cara negra	3	R	I
Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	1	R	O
Furnariidae	<i>Dendrocincla anabatina</i>	Trepatroncos sepia	2	R	I
	<i>Dendrocincla homochroa</i>	Trepatroncos rojizo	2	R	I
	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	Trepatroncos barrado	2	R	I

	<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	Trepatroncos corona rayada	1	R	I
	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trepatroncos oliváceo	1 7 1	R	I
	<i>Xenops minutus</i>	Picolezna liso	2 2	R	I
	<i>Xiphorhynchus</i>	Trepatroncos bigotudo	3 2 9	R	I
	<i>flavigaster</i>				
Icteridae	<i>Amblycercus</i>	Cacique pico claro	1	R	I
	<i>holosericeus</i>				
	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado	1	R	I
Mimidae	<i>Dumetella carolinensis</i>	Maulador gris	2 2	M	I
	<i>Melanoptila glabrirostris</i>	Maulador negro	1	R	O
Parulidae	<i>Dendroica magnolia</i>	Chipe de magnolia	2 1 2 1	M	I
	<i>Dendroica pensylvanica</i>	Chipe flanco castaño	1	T	I
	<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	2	M	I
	<i>Helmitheros vermivorus</i>	Chipe gusanero	1 1	M	I

<i>Limnothlypis swainsonii</i>	Chipe corona café	1	1	1	M	I
<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	4	2	3	M	I
<i>Oporornis formosus</i>	Chipe patilludo	2		1	M	I
<i>Parula americana</i>	Parula norteña	1			M	I
<i>Seiurus aurocapillus</i>	Chipe suelero	6	3	2	M	I
<i>Seiurus motacilla</i>	Chipe arroyero	1		1	T	I
<i>Seiurus noveboracensis</i>	Chipe charquero		3		M	I
<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante	1			M	I
<i>Vermivora peregrina</i>	Chipe peregrino			2	T	I
<i>Wilsonia citrina</i>	Chipe encapuchado	8	3	11	M	I
<i>Eucometis penicillata</i>	Tángara cabeza gris	4			R	I
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Mosquero cabezón			3	R	I
Troglodytidae	Chivirín de carolina		1	2	R	I
<i>Thryothorus ludovicianus</i>						

<i>Thryothorus</i>	Chivirín moteado	1	1	1	1	R	I
<i>maculipectus</i>							
<i>Uropsila leucogastra</i>	Chivirín vientre blanco		3			R	I
Turdidae							
<i>Catharus ustulatus</i>	Zorsal de Swainson	2				M	I
<i>Hylocichla mustelina</i>	Zorsal maculado	6	2	1		M	I
<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	1		5		R	O
Tyrannidae							
<i>Attila spadiceus</i>	Mosquero atila	2	1	3		R	I
<i>Contopus cinereus</i>	Pibí tropical		1			R	I
<i>Empidonax minimus</i>	Mosquero mínimo	1	1	4		M	I
<i>Empidonax virescens</i>	Mosquero verdoso		1			T	I
<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso			1		R	I
<i>Myiarchus crinitus</i>	Papamoscas viajero		1			M	I
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	1				R	I
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano			1		R	I

<i>Myiarchus yucatanenses</i>	Papamoscas yucateco				I	R	I
<i>Oncostoma cinereigulare</i>	Mosquero pico curvo	2			R	I	
<i>Onychorhynchus coronatus</i>	Mosquero real	4			R	I	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo		1		R	O	
<i>Platyrinchus cancrinus</i>	Mosquero pico chato	2	1		R	I	
<i>Rhynchochlys brevirostris</i>	Mosquero de anteojos	1			R	O	
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Mosquero ojo banco	2	1	3	R	I	
Vireonidae	<i>Vireo flavifrons</i>	2			M	I	
	<i>Vireo griseus</i>	2	6		M	I	
	<i>Vireo olivaceus</i>		1		T	I	
Piciformes	<i>Melanerpes aurifrons</i>	1			R	O	

	<i>Veniliornis fumigatus</i>	Carpintero café	I	R	I
Ramphastidae	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Aracari	1	R	O
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pecho sucio	1	R O

RES (Reserva de la Biosfera), FOR (Acahual forestal), AGR (Acahual de agricultura), GAN (Sitio ganadero), EST (Estacionalidad), M (Migratoria neotropical), T (transitoria), R (Residente), GAL (Gremio alimenticio), I (Insectívoro), S (Semillero), N (Nectarívoro), O (otro).

*Nota Sometida a Southwestern Entomologists (<https://sswe.tamu.edu/>)

Ticks (Acari: Ixodidae) in Wild Birds in Sites with Different Land Use in Campeche, Mexico.

Garrapatas (Acari: Ixodidae) en Aves Silvestres en Sitios con Distinto Uso de Suelo en Campeche, México.

González-Martín del Campo Filiberto

Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de La Frontera Sur, Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Navarrete-Gutiérrez Darío Alejandro

Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística. El Colegio de La Frontera Sur, Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Enríquez Paula L.

Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de La Frontera Sur, Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Gordillo-Pérez María Guadalupe

Unidad de investigación médica de enfermedades infecciosas y parasitarias, Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI IMMS, Avenida Cuauhtémoc 330, Doctores, 06720 Cuauhtémoc, CDMX

Cabrera-Romo Salomé

Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de La Frontera Sur, Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial, 24500 Lerma Campeche, Campeche.

Abstract

Ticks of the family Ixodidae are potential transmitters of pathogens in vertebrates, including birds, which, due to their high mobility, are important hosts and tick dispersers. The finding of these interactions can help to identify potential emerging sites of tick-borne diseases. We describe the ticks abundance of birds captured in the Calakmul region between February and June of 2017 in four sites with different types of land use. Ticks were collected from captured birds and then placed in individual sample tubes with 70% ethanol and labeled identifying the host and collection site for later identification using a stereoscope and taxonomic keys. Of 406 birds captured from 82 species, 2.7% of the individuals were parasitized by ticks, mainly nymphs and larvae of *Amblyomma spp.* As far as we know, this is the first study that analyzes the abundance of ticks in wild birds in Mexico and we are reporting new hosts for ticks of the genus *Amblyomma spp.* in birds in Mexico.

Keywords: Amblyomma, Avifauna, Paseriformes, Parasites, Vectors

Corresponding author: fili.gmd@gmail.com

Resumen.

Las garrapatas de la familia Ixodidae son potenciales transmisores de patógenos en vertebrados, incluyendo a las aves, quienes por su alta movilidad, son importantes hospederos y dispersores de garrapatas. El hallazgo de estas interacciones puede ayudar a identificar sitios potenciales de emergencia de enfermedades transmitidas por

garrapatas. Describimos la abundancia de garrapatas en aves capturadas en la región de Calakmul entre febrero y junio de 2017 en sitios con distinto uso de suelo. Se colectaron garrapatas en aves capturadas y se colocaron en viales individuales identificando el hospedero y sitio de colecta para identificarlas posteriormente. De 406 aves capturadas de 82 especies, el 2.7% de los individuos presentaron garrapatas, principalmente ninfas y larvas de *Amblyomma* spp. Este representa el primer estudio del que tenemos conocimiento que analiza la abundancia de garrapatas en aves silvestres para México y se reportan nuevos hospederos para garrapatas del género *Amblyomma* spp. en aves en México.

Palabras clave: Amblyomma, Avifauna, Paseriformes, Parásitos, Vectores

Ticks belong to the class Arachnida and superfamily Ixodidea, they are important due their capacity to transmit zoonotic diseases as Borreliosis, Anaplasmosis and Erlichiosis to humans and other wild and domestic vertebrate species (Pfaffle et al. 2013). There have been different vertebrate species reported as hosts, mainly mammals (Guerrero-Sánchez 2011; Villalobos Cuevas 2011; Arana-Guardia et al 2015). Birds have been reported as important ticks hosts (Schulze et al. 1986; Smith et al. 1996; Brownstein et al. 2005) and as efficient dispersers of them (Vianna et al. 2016). Among birds, the Passeriformes order is the most important disperser of the Ixodidae (Acari) family and their associated pathogens (Húbalek 2004; Skoracki et al. 2006).

In Mexico the ticks of the family Ixodidae have been found in different hosts. The genus *Ixodes* has been associated to 24 species of mammals, as the white tailed deer (*Odocoileus virginianus*) (Zimmermann, 1780), coatí (*Nasua narica*) (Linnaeus, 1766), dog (*Canis lupus familiaris*) (Linnaeus, 1758) or horse (*Equus caballus*) (Linnaeus, 1758)

among others, and some species of birds, as the black vulture (*Coragyps atratus*) (Bechstein, 1793), while the genus *Amblyomma*, also from the family Ixodidae, has been associated to 43 species, among them birds as the Crimson-Collared tanager (*Ramphocelus sanguinolentus*) (Lesson, 1831), Eye-ringed Flatbill (*Rhynchocyclus brevirostris*) (Cabanis, 1847) and the Yellow-olive flycatcher (*Tolmomyias sulphurescens*) (Spix, 1825) (Guzmán-Cornejo et al. 2011; Pérez et al. 2014; Rodríguez-Vivas et al. 2016). Wild birds can use various habitats and it has been proven that changes in land use provoked by humans can influence in the interactions between a parasite and its' host (Ham-Dueñas et al. 2017). Nonetheless, in Mexico there haven't been any reports or detailed studies about ticks' parasitism in wild birds. Due to the relevance of birds as hosts and dispersers of ticks, in this study we describe for the first time the abundance of ticks in wild birds from the Calakmul region.

The sampling was done in the ejido Nuevo Conhuas, 89° 55' 22 "N, 18° 32' 26"O, in four sites with distinct land use: an agriculture acahual of 10 years old (18°32'9.24"N, 89°53'12.95"O), a forestry acahual of 20 years old (18°31'19.61"N, 89°47'31.92"O) and a livestock estate (18°31'12.76"N, 89°54'47.53"O) all these sites are located outside of the Calakmul Biosphere Reserve. The fourth site (18°18'52.19"N, 89°51'23.40"O) is located inside the Biosphere Reserve. Birds were captured with mist nets from February to June of 2017, sampling each site five times within this period of time. The birds were identified to species and checked for ectoparasites. The ticks were placed in individual sample tubes filled with 70% ethanol for their conservation, and labeled with information like the host and collection site for later identification. The collected ticks were identified with a stereoscopic microscope Zeiss Discovery V12 by species when possible. Taxonomic keys

were used for the identification (Guzmán-Cornejo and Robbins 2010; Guzmán-Cornejo et al. 2011) and pictures available at www.unbio.unam.mx.

During the base study we captured 406 birds of 82 species, 2.7% of the captured birds were parasitized by ticks (n=11), 10.9% from all species had ticks (n=9); (Table 1). Only the Passeriformes order of the families Cardinalidae, Emberezidae, Furnariidae, Turdidae and Tyranidae was parasitized. Most of the parasitized birds were resident species (63.6%) of the families Cardinalidae, Emberezidae and Furnariidae of the species *Habia fuscicauda* (Cabanis, 1861), *Cyanocompsa parellina* (Linnaeus, 1766), *Volatinia jacarina* (Linnaeus, 1766), *Dendrocincla homochroa* (Sclater, 1859), *Sittasomus griseicapillus* (Vieillot, 1818) (n=2), and *Xiphorynchus flavigaster* (Swainson, 1827). Only 3/11 (27.2%) were neotropical migrants of the species *Passerina cyanea* (Linnaeus, 1766) (n=1) and *Hylocichla mustelina* (Gmelin, 1789) (n=2), and one individual of the specie *Empidonax virescens* (Vieillot, 1819), registered as transitory. In total 14 ticks were collected, all of the family Ixodidae, of the genus *Amblyomma spp*, *Hyalomma spp*, and *Ixodes sp.*. The mayor proportion of the individuals were in immature stages, 8/14 (57.1%) larvae, 2/14 (14.2%) nymphs, and 4/14 (28.5%) adults. The parasitized bird species that we're reporting represent new host records for ticks in Mexico.

Table 1. Bird species parasitized with ticks in four sites studied in Calakmul, Campeche, México.

Taxa	N _G /N _A (%)	Land use type				TxG	E(N _G)
		AGRI	FOR	GAN	RES		

Family					
Cardinalidae					
<i>Cyanocompsa parellina</i>	1/18 (5.5)	X		<i>Amblyomma</i> sp.	L (1)
<i>Habia fuscicauda</i>	1/16 (6.2)	X		<i>Amblyomma</i> sp.	L (3)
<i>Passerina cyanea</i>	1/77 (1.2)		X	<i>Ixodes</i> , sp.	A (1)
Emberizidae					
<i>Volatinia jacarina</i>	1/13 (7.6)		X	<i>Ixodidae</i>	L (1)
Furnariidae					
<i>Dendrocincla homochroa</i>	1/26 (3.8)		X		
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	2/9 (22)		X	<i>Amblyomma</i> sp	L (1)
			X	<i>Amblyomma pacae</i> (Aragão, 1911)	A (1)
<i>Xiphorynchus flavigaster</i>	1/13 (7.6)	X		<i>Hyalomma</i> sp.	A (1)
Tyrannidae					
<i>Empidonax virescens</i>	1/1 (100)	X		<i>Ixodidae</i>	A (1)
Turdidae					
<i>Hylocichla mustelina</i>	2/8 (25)		X	<i>Amblyomma</i> <i>sabanerae</i> (Stoll, 1890)	N (2)
			X	<i>Amblyomma</i> sp.	L (1)
<hr/>					
<i>Sp/St parasitized (%)</i>		4/34	3/31	3/36	0/32
	9/82 (10.9)	(11)	(9.6)	(8.3)	(0)
<i>Np/Nt parasitized (%)</i>		4/86	3/31	3/36	0/32
	11/406 (2.7)	(4.6)	(9.6)	(8.3)	(0)

NG/NA (Number of ticks/number of birds), AGRI (Agricultural acahual), FOR (Forestry acahual), GAN (Livestock estate), RES (Biosphere reserve), TxG (Taxa), E(NG) (Stage

and number of ticks), SP/ST (Parasitized species/Captured species), NP/NT (Parasitized individuals/Captured individuals), L (Larvae), A (Adult), N (Nymph).

Other studies have reported the importance of Paseriformes as hosts and tick dispersers (Hubálek 2004; Skoracki et al. 2006), our findings reiterate this, because the Paseriformes order was the only parasitized. It is important to highlight that six of the parasitized birds were resident species, five of them captured in acahuales, and the majority of them parasitized by ticks in immature stages. This suggests that the acahuales and the resident birds could play an important role in the maintenance of the ticks life cycles, as well as the wildlife cycle of some of the tick-borne diseases. In addition, the recent report of *Anaplasma phagocytophilum* infection in dogs and opossums in Campeche (Rojero-Vázquez et al. 2017), highlights the importance of the identification of new bird species that could serve as ticks hosts. Understanding and describing the ticks-birds interactions can help to identify potential emerging sites of tick borne diseases.

Acknowledgement

To the “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (CONACYT) for offering the opportunity to the first author to develop his masters studies (scholarship No. 597639). To El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) and the authorities of the ejido Nuevo Conhuas and all the people involved in this work.

References cited

Arana-Guardia R, Baak-Baak CM, Reyes-Solis GC, Ojeda-Robertos NF, García-Rejón JE, Zarza H, Ceballos G, Machain-Williams C. 2015. Ticks (Acari: Ixodidae) from wild

mammals in fragmented environments in the south of Yucatán Peninsula, México. Southwest. Entomol. 40: 657–660.

Brownstein JS, Skelly DK, Holford TR, Fish D. 2005. Forest fragmentation predicts local scale heterogeneity of Lyme disease risk. *Oecologia* 146: 469–475.

Guerrero-Sánchez S. 2011. Riesgo zoonótico y antropozoonótico en carnívoros silvestres pequeños y medianos en Calakmul, Campeche. Tesis de Maestría. El Colegio de La Frontera Sur.

Guzmán-Cornejo C, Robbins RG. 2010. The genus *Ixodes* (Acari: Ixodidae) in Mexico: adult identification keys, diagnoses, hosts, and distribution. *Rev. Mex. Biodivers.* 81: 289–298.

Guzmán-Cornejo C, Robbins RG, Guglielmone AA, Montiel-Parra G, Pérez TM. 2011. The *Amblyomma* (Acari : Ixodida : Ixodidae) of Mexico : identification keys, distribution and hosts. *Zootaxa* 2998: 16–38.

Hubálek Z. 2004. An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds. *J. Wildl. Dis.* 40: 639–659.

Hamm-Deñás JG, Chapa-Vargas L, Stracey CM, Huber-Sannwald E. 2017. Haemosporidian prevalence and parasitaemia in the Black-throated sparrow (*Amphispiza bilineata*) in central-Mexican dryland habitats. *Parasitol. Res.* 116: 2527-2537.

Pérez TM, Guzmán-Cornejo C, Montiel-Parra G, Paredes-León R, Rivas G. 2014. Biodiversidad de ácaros en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: 399–407.

Pfaffle M, Littwin N, Muders S V., Petney TN. 2013. The ecology of tick-borne diseases. *Int J Parasitol* 43: 1059–1077.

Rodríguez-Vivas RI, Apanaskevich DA, Ojeda-Chi MM, Trinidad-Martínez I, Reyes-Novelo E, Esteve-Gassent MD, Pérez de León AA. 2016. Ticks collected from humans, domestic animals, and wildlife in Yucatan, Mexico. *Vet. Parasitol.* 215: 106–113.

Rojero-Vázquez E, Gordillo-Pérez G, Weber M. 2017. Infection of *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia* spp. in Opossums and Dogs in Campeche, Mexico : The Role of Tick Infestation. *Front. Ecol. Evol.* 5: 1–9.

Schulze TL, Bowen GS, Lakat MF, Parkin WE, Shisler JK. 1986. Seasonal Abundance and Hosts of *Ixodes Dammini*(Acari: Ixodidae) and Other Ixodid Ticks from an Endemic Lyme Disease Focus in New Jersey, USA. *J. Med. Entomol.* 23: 105–109.

Skoracki M, Michalik J, Skotarczak B, Rymaszewska A, Sikora B, Hofman T, Wodecka B, Sawczuk M. 2006. First detection of *Anaplasma phagocytophilum* in quill mites (Acari: Sringophilidae) parasitizing passerine birds. *Microbes Infect.* 8: 303–307.

Smith RP, Rand PW, Lacombe EH, Morris SR, Holmes DW, Caporale D A. 1996. Role of bird migration in the long-distance dispersal of *Ixodes dammini*, the vector of Lyme disease. *J. Infect. Dis.* 174: 221–224.

Viana DS, Santamaría L, Figuerola J. 2016. Migratory birds as global dispersal vectors. *Trends Ecol. Evol.* 31: 763–775.

Villalobos-Cuevas VA. 2011. Ectoparásitos de Mamíferos Silvestres y Domésticos en Dos Zonas de Influencia de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche. Tesis. Universidad Autónoma de Campeche.

Capítulo III.

Conclusiones generales

Los hallazgos realizados en este estudio pueden permitirnos llegar a conclusiones concretas y reflexionar sobre tres aspectos fundamentales:

1) La influencia de los diferentes usos de suelo y el tipo de cobertura sobre la composición y diversidad de las comunidades de aves. De esta manera podemos ofrecer un marco que permita tomar acciones que ayuden a conservar los hábitats y las comunidades de aves en la región de Calakmul.

2) La importancia del uso de suelo y la influencia que este tiene en la abundancia de garrapatas en diferentes grupos y especies de aves. Así como la importancia de las aves como hospederos y su relación con los distintos estadios de desarrollo de las garrapatas.

3) De manera empírica cotejamos nuestros hallazgos con otros estudios para discutir los resultados y esbozar conclusiones sobre la influencia del uso de suelo en las comunidades de aves y su abundancia de garrapatas. Resaltamos la importancia de la influencia del uso de suelo en las comunidades de aves y su abundancia de garrapatas. Así como las implicaciones epidemiológicas que esto puede tener y sugerimos lo que consideramos se debe realizar en esta línea de investigación.

1. Influencia de los diferentes usos de suelo sobre las comunidades de aves.

El uso de suelo influye en la diversidad de las comunidades de aves. Los sitios con mayor porcentaje de vegetación conservada tuvieron mayor diversidad estimada de aves, mientras que sitios con mayor perturbación tuvieron mayor riqueza pero mayor dominancia.

Los sitios muestreados con más homogeneidad de cobertura y mayor superficie de vegetación conservada influyeron positivamente en la presencia de especies de aves especialistas. Distintos gremios de aves se pueden ver favorecidos por el uso de suelo y

el tipo de cobertura. El gremio de los semilleros se vio favorecido por áreas con coberturas modificadas áreas abiertas y menor presencia de vegetación conservada. Esto como resultado del uso de suelo ganadero del sitio. Sitios con mayor cobertura asociada a la perturbación presentaron más especies generalistas en altas abundancias y existió mayor dominancia de especies, en este caso el sitio con uso ganadero.

Los sitios en regeneración (acahuales) y la REBICA presentaron comunidades de aves más similares. La conservación de sitios en regeneración que presentan características de cobertura con mayor similitud a sitios destinados a la conservación como la REBICA pueden ayudar a la conservación de especies y poblaciones de aves especialistas o bajo alguna categoría de riesgo.

De manera general, en este estudio las aves migratorias mostraron mayor plasticidad y adaptabilidad a diferentes tipos de cobertura como resultado del uso de suelo que las aves residentes. Sin embargo la identidad de las comunidades demostró que las aves residentes de distribución local son las que se pueden ver más afectadas por el uso de suelo. Especies como *O. coronatus*, *E. penicillata* y *F. analis*, que son especies consideradas en riesgo se vieron favorecidas directamente por una mayor cobertura de vegetación conservada.

2. Abundancia de garrapatas en aves en sitios con distinto uso de suelo.

En este estudio el orden de los Passeriformes fue más importante como hospederos de garrapatas. Existieron diferencias en la abundancia de garrapatas en distintas especies y grupos de aves. Las aves, particularmente especies de las familias Cardinalidae, Emberezidae, Furnariidae, Turdidae y Tyranidae fueron importantes hospederos de garrapatas, ya que especies residentes y migratorias neotropicales de estas familias estuvieron parasitadas.

En este estudio, las aves registradas como hospederos de garrapatas presentaron en su mayoría estadios inmaduros de garrapatas. Por esta razón las aves pueden tener

un papel importante en el ciclo de vida de las garrapatas y en mantenimiento del ciclo de vida selvático de algunas enfermedades transmitidas por garrapatas.

Se ha reportado que las aves son importantes hospederos para garrapatas de la familia Ixodidae. En este estudio esta fue la única familia que se encontró parasitando las aves, por lo que puede tener un papel importante en su dispersión. En los sitios de estudio los géneros *Amblyomma spp.*, *Hyalomma spp.* e *Ixodes spp.* sugieren ser los principales géneros que parasiten aves.

Los resultados que obtuvimos sugieren que las aves residentes de las familias Cardinalidae, Emberezidae y Furnariidae son importantes hospederos de garrapatas en los sitios analizados. Los resultados sugieren lo mismo para el orden de los Paseriformes. Esta tendencia pudiera ser similar para la región. En los sitios de estudio obtuvimos una mayor abundancia de garrapatas en aves residentes que en aves migratorias neotropicales. Podemos inferir con base en nuestros resultados que el uso de suelo y la cobertura de vegetación pudieran influir en la abundancia de garrapatas en las aves.

Los acahuales que fueron muestreados, como estados de transición o regeneración hacia selvas maduras, presentaron mayor abundancia de garrapatas en las aves. En los sitios estudiados las especies migratorias neotropicales *P. cyanea*, *H. mustellina* y *E. virescens* de las familias Turdidae, Cardinalidae y Emberezidae fueron las únicas que presentaron abundancia de garrapatas.

3. Importancia de nuestros hallazgos y recomendaciones a futuro.

Los cambios en los ecosistemas pueden favorecer la presencia de vectores y enfermedades (Daszak et al. 2001; Keesing et al. 2010) y México en particular ha sufrido de las mayores tasas de cambio de sus ecosistemas a nivel de América Latina, principalmente por actividades como la agricultura (Ellis et al. 2017). En la región de estudio las este cambio de los ecosistemas y deforestación han sido severos (Céspedes y Moreno 2010). Ostfeld y Keesing (2000) y Keessing et al. (2010) mencionan que la diversidad de vertebrados puede ayudar a diluir el efecto de la presencia de vectores y enfermedades, dado que no todos los hospederos pueden ser competentes. Desde esta perspectiva es importante enfatizar que no encontramos aves parasitadas por garrapatas

en la REBICA, el sitio con mayor diversidad estimada de aves y además de ser uno de los sitios con mayor diversidad de vertebrados en el país (SEMARNAP 1999). Pudiera ser interesante poner a prueba la hipótesis sugerida por Ostfeld y Keesing (2000) respecto a la dilución de la presencia de vectores y enfermedades, a escalas espaciales y taxonómicas más amplias en la región estudiada. En este sentido sería interesante replicar el estudio y analizar si las diferencias en la abundancia de garrapatas en comunidades de aves más diversas o dominantes están relacionadas al uso de suelo y cómo esto influye en la dilución de las enfermedades.

Las aves han sido identificadas como los segundos hospederos más importantes de garrapatas (Sonenshine y Roe 2014) y se ha reportado como los principales dispersores de garrapatas en estadios inmaduros (Slowik y Lane 2001; Ogrzewalska et al. 2008; Hasle et al. 2009; Mathers et al. 2011). Los hallazgos encontrados en nuestro estudio refuerzan este hecho. En nuestro estudio el 71.3% de las garrapatas encontrados fueron larvas y ninfas. Todas las familias que reportamos parasitadas ya han sido reportadas con anterioridad como hospederos de garrapatas. Pacheco et al. (2012) reporta en Brasil cuatro de las cinco familias que encontramos, Hasle et al. (2009) reporta que la familia Turdidae contribuyo a más del 60% de las especies encontradas parasitadas en un estudio en Noruega. Las familias Furnariidae, Cardinalidae, Tyranidae, Cardinalidae, Turdidae y Emberezidae, todas passeriformes, también fueron reportadas como hospederos de garrapatas en otros países, principalmente garrapatas del género *Amblyomma* sp. (Ogrzewalska et al. 2008; Pacheco et al. 2012; Cohen et al. 2015; Ribeiro et al. 2016).

En nuestro estudio seis de las nueve especies de aves parasitadas (66%) tuvieron garrapatas del género *Amblyomma* spp, Mismo género que fue también el más abundante de manera general en las familias de aves. Siendo los acahuales los que presentaron aves con la mayor abundancia de garrapatas. *E. virescens*, *H. mustellina* y *P. cyanea*, especies que encontramos parasitadas con garrapatas de la familia Ixodidae, *A. sabanarae* e *Ixodes* spp. respectivamente, fueron reportadas con garrapatas *A. longirostre*, *A. triste* y *A. longirostre* en Estados Unidos. (Cohen et al. 2015). Este hecho refuerza la importancia de los passeriformes migratorios y particularmente de estas

especies en la dispersión de garrapatas, principalmente del género *Amblyomma sp.* (Pacheco et al. 2012; Cohen et al. 2015).

Han sido reportadas enfermedades transmitidas por garrapatas en roedores en la región de Yucatán (Solís-Henández et al. 2016). Un estudio reciente realizado por Rojero-Vázquez et al. (2017) en Campeche reporta tlacuaches parasitados por garrapatas del género *Amblyomma sp.* y su infección con patógenos como *E. chaffensis* y *A. phagocitophilum*. Lo anterior resalta aún más la importancia de nuestros hallazgos, y de las aves como hospederos y dispersores de garrapatas ya que pueden dispersar garrapatas infectadas de zonas con presencia de enfermedades a zonas libres de ellas. El entrelazamiento de meta-poblaciones de aves a través de la dispersión influye en la presencia garrapatas y patógenos en las comunidades de aves que se encuentran geográficamente distantes (Viana et al. 2016; North y Godfray 2017). La presencia de aves parasitadas por garrapatas es de suma importancia a nivel local, pero también a nivel continental, ya que el flujo de aves entre meta-poblaciones y las interacciones que se dan entre personas, ecosistemas y aves, pudiera ayudar a determinar y entender el flujo de garrapatas y agentes patógenos a nivel continental.

En nuestro estudio no capturamos especies de otros órdenes como Falconiformes o Galliformes que son también hospederos registrados (Ribeiro et al. 2016; Scott et al. 2016). En México aves como el tinamú y el zopilote negro se han encontrado parasitadas por garrapatas (Pérez et al. 2014; Rodríguez-Vivas et al. 2016). Es importante tener esto en consideración, ya que especies de estos órdenes tienen historias de vida distintas y por lo tanto diferentes interacciones con su medio, y pudieran ser también importantes hospederos de garrapatas.

Un enfoque interesante para abordar y tratar de entender las interacciones que ocurren entre parásito-hospedero (garrapatas-aves) podría ser el uso y desarrollo de modelos de ocupación (MacKenzie y Nichols 2004; Hui et al. 2006). Podrían considerarse a las aves como parches que las garrapatas utilizan dentro de un paisaje fragmentado. Para el desarrollo de estos modelos se tendrían que seleccionar especies y sitios objetivo (ecosistemas, aves y garrapatas), y tener en consideración la variación espacio-temporal que influiría sobre tres niveles: i) los ecosistemas, a escalas locales y continentales, ii)

las especies de aves objetivo, incluyendo la variación temporal de sus poblaciones y la influencia de la variación del hábitat que estas utilizan y , iii) las garrapatas, considerando datos sobre su distribución y abundancia en vida libre a distintas escalas espaciales y temporales, la influencia de la variación en la dinámica espacio-temporal de sus hospederos, y por último, la variación en los ecosistemas que las aves y las garrapatas utilizan.

Este es el primer estudio del que tenemos conocimiento a nivel nacional que hace énfasis en las aves como hospederos de garrapatas y ofrece información hasta el momento desconocida para el país. Destacamos el hecho de encontrar nuevos registros de especies de aves como hospederos de garrapatas. Es importante mencionar que en este estudio no analizamos la infección por agentes patógenos en aves o en garrapatas. Sin embargo con la información que recabamos y las coincidencias de nuestros hallazgos con otros estudios nos ofrece una oportunidad para continuar con este trabajo. Confiamos que podremos seguir en esta línea y llegar a describir con certeza no solamente la interacción parásito-hospedero, sino confirmar la presencia de agentes patógenos en las garrapatas que encontramos parasitando aves en la región de Calakmul.

Por último, es importante dar un enfoque mayor a las aves como hospederos de garrapatas, hemos comprobado que en los sitios de estudio están parasitadas por garrapatas y que tienen un rol en la dispersión de estos parásitos y las implicaciones epidemiológicas a nivel de vectores reportados. El entender y describir las interacciones garrapatas-aves y cómo el uso de suelo influye en la diversidad y abundancia de hospederos, ayudará a identificar sitios potenciales de emergencia de enfermedades transmitidas por garrapatas.

Literatura citada en capítulos I y III

Aguirre AA, Tabor GM. 2008. Global factors driving emerging infectious diseases: Impact on wildlife populations. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1149: 1–3.

Allan BF, Keesing F, Ostfeld R. 2003. Effect of forest fragmentation on Lyme disease Risk. *Conserv. Biol.* 17: 267–272.

Alleklint-Eisen LT, Eisen RJ. 1999. Abundance of ticks (*Acari: Ixodidae*) infesting the western fence lizard, *Sceloporus occidentalis*, in relation to environmental factors. *Exp. Appl. Acarol.* 23: 731–740.

Almazán C, Castro-Arellano I, Camacho-Puga E. 2013. Black-Legged ticks (*Ixodes scapularis*) on the jaguar (*Panthera onca*). *Southwest. Nat.* 58:122–124.

Arana-Guardia R, Baak-Baak CM, Cigarroa-Toledo N, Reyes-Solis GC, Ojeda-Robertos, NF, García-Rejón JE, Zarza H, Ceballos G, Machain-Williams C. 2015. Ticks (*Acari: Ixodidae*) from wild mammals in fragmented environments in the South of Yucatán Peninsula, México. *Southwest. Entomol.* 40: 657–660.

Baneth G. 2014. Tick-borne infections of animals and humans: A common ground. *Int. J. Parasitol.* 44: 591–596.

Boyard C, Barnouin J, Gasqui P, Vourch GH. 2007. Local environmental factors characterizing *Ixodes ricinus* nymph abundance in grazed permanent pastures for cattle. *Parasitology* 33: 987–994.

Brown CR, Brown MB, Rannala B. 1995. Ectoparasites reduce long-term survival of their avian host. *Proc. R. Soc. London Biol. Sci.* 262: 313–319.

Brownstein JS, Skelly DK, Holford TR, Fish D. 2005. Forest fragmentation predicts local scale heterogeneity of Lyme disease risk. *Oecologia* 146: 469–475.

Byford RL, Craig ME, Crosby BL. 1992. A review of ectoparasites and their effect on cattle production. *J. Anim. Sci.* 70: 597–602.

Céspedes- Flores SE, Moreno-Sánchez E. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Inv Ambl.* 2: 5-13.

Chettri N, Deb DC, Sharma E, Jackson R. 2005. The relationship between bird communities and habitat. *Mt. Res. Dev.* 25:235–243.

Chowdhury RR. 2006. Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico : Modeling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels. *Appl. Geogr.* 26:129–152.

Civitello DJ, Flory SL, Clay K. 2008. Exotic grass invasion reduces survival of *Amblyomma americanum* and *Dermacentor variabilis* ticks (*Acari : Ixodidae*). *Popul. Community Ecol.* 45: 867–872.

Cohen EB, Auckland LD, Marra PP, Hamer SA. 2015. Avian migrants facilitate invasions of neotropical ticks and tick-borne pathogens into the United States. *Appl. Environ. Microbiol.* 81: 8366–78.

Collinge SK, Ray C. 2006. *Disease Ecology: Community Structure and Pathogen Dynamics*. Oxford University Press, Cary, North Carolina. 227 p.

Conover MR, Vail RM. 2014. *Human Diseases from Wildlife*. CRC Press: USA

Cox GW. 2010. *Bird migration and global change*. Island Press: Washington D.C.

Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife: Threats to biodiversity and human health. *Science.* 287: 443-449.

Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD. 2001. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta Trop.* 78: 103–116.

Dybas CL. 2009. Infectious diseases subdue Serengeti lions. *BioScience* 59: 8-13

Ellis AE, Romero-Montero JA, Hernández-Gómez IU. 2017. Deforestation Processes in the state of Quintana Roo, Mexico: the role of land use and community forestry. *Trop Conserv Sci.* 10: 1-12.

Faccioli V. 2011. Garrapatas (*Acari: Ixodidae* y *Argasidae*) de la colección de invertebrados del museo provincial de ciencias naturales Florentino Ameghino. Mus. Prov. Ciencias Nat. "Florentino Ameghino" [Consultado 2017 Septiembre 12] 25:34. http://www.museoameghino.gob.ar/archivos/repositorios/126_descarga_86_faccioli_van_esa.pdf

Farigh L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Sys.* 34: 487-515

Farihg L. 2017. Ecological responses to habitat fragmentation Per Se. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Sys.* 48: 1–23

Feria-Arroyo TP, Castro-Arellano I, Gordillo-Perez G, Cavazos AL, Vargas-Sandoval M, Grover A, Torres J, Medina RF, de León A, Esteve-Gassent MD. 2014. Implications of climate change on the distribution of the tick vector *Ixodes scapularis* and risk for Lyme disease in the Texas-Mexico transboundary region. *Parasit. Vectors* 7:199.

Gayle A, Ringdhal E. 2001. Tick-borne diseases. *Am. Fam. Physician* 64:461–466.

Gillespie RG, Baldwin BG, Waters JM, Fraser CI, Nikula R, Roderick GK. 2012. Long-distance dispersal : A framework for hypothesis testing. *Trends Ecol. Evol.* 27:47–56.

González-Jaramillo M, Martínez E, Esparza-Olguín LG, Rangel-Salazar JL. 2016. Actualización del inventario de la avifauna de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, península de Yucatán, México: abundancia, estacionalidad y categoría de conservación. *Huitzil.* 17: 54-106.

Gordillo-Pérez G, Torres J, Solórzano-Santos F, De-Martino S, Lipsker D, Velázquez E, Ramon G, Onofre M, Jaulhac B. 2007. *Borrelia burgdorferi* infection and cutaneous Lyme disease, Mexico. *Emerg Infect Dis.* 13: 1556-1558.

Gordillo-Pérez G, Vargas M, Solórzano-Santos F, Rivera A, Polaco OJ, Alvarado L, Muñoz O, Torres J. 2009. Demonstration of *Borrelia burgdorferi sensu stricto* infection in ticks from northeast of México. *Clin Microbiol Infect.* 15: 496-501.

Granados-Sánchez D, López-Ríos GF, Trujillo-Murcia E. 1999. La milpa en la zona maya de Quintana Roo. *Rev. Geogr. Agrícola* 28:57–72.

Greenberg R, Bichier P, Sterling J. 1997. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, México. *Biotropica* 29:501–514.

Guerrero-Sánchez S. 2011. Riesgo zoonótico y antropozoonótico en carnívoros silvestres pequeños y medianos en Calakmul, Campeche. [Tesis de Maestría]. El Colegio de La Frontera Sur. 106 pp.

Guzmán-Cornejo C, Robbins RG, Guglielmone AA, Montiel-Parra G, Pérez TM. 2011. The *Amblyomma* (*Acari: Ixodida: Ixodidae*) of Mexico: Identification keys, distribution and hosts. *Zootaxa* 2998:16–38.

Hamm-Dueñas JG, Chapa-Vargas L, Stracey CM, Huber-Sannwald E. 2017. Haemosporidian prevalence and parasitaemia in the Black-throated sparrow (*Amphispiza bilineata*) in central-Mexican dryland habitats. *Parasitol. Res.* 116: 2527-2537.

Hanski I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature.* 396: 41-49.

Hasle G, Bjune G, Edvardsen E, Jakobsen C, Linnehol B, Røer JE, Mehl R, Røed KH, Pedersen J, Leinaas HP. 2009. Transport of ticks by migratory passerine birds to Norway. *J. Parasitol.* 95: 1342–1351.

Hornok S, Farkas R. 2009. Influence of biotope on the distribution and peak activity of questing ixodid ticks in. *Med. Vet. Entomol.* 23: 41–46.

Hubálek Z. 2004. An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds. *J. Wildl. Dis.* 40:639–659.

Hui C, McGeoch MA, Warren M. 2006. A spatially explicit approach to estimating species occupancy and spatial correlation. *Ecology.* 75: 140–147.

Illoldi-Rangel P, Rivaldi C, Sissel B, Trout Fryxell R, Gordillo-Pérez G, Rodríguez-Moreno A, Williamson P, Montiel-Parra G, Sánchez-Cordero V, Sarkar S. 2012. Species distribution models and ecological suitability analysis for potential tick vectors of Lyme disease in Mexico. *J. Trop. Med.*:1–10.

[INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conociendo México. Sexta ed. Aguascalientes: México. 30 pp.

Isaza-Nieto PA. 2015. Glosario de epidemiología. Ibagué: Academia Nacional de Medicina de Colombia: Colombia.

Keesing F, Belden LK, Daszak P, Dobson A, Harvell CD, Holt RD, Hudson P, Jolles A, Jones KE, Mitchell CE, Myers SS, Bogich T, Ostfeld RS. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*. 468: 647-652.

Kennedy J S. 1961. A turning point in the study of insect migration. *Nature*, 189: 785-791.

Kennedy JS. 1985. Migration: Behavioral and ecological. En: Rankin, M. A. (eds). *Migration: mechanisms and adaptive significance*. Texas: Marine Science Institute y University of Texas. P. 5-26.

La-Sorte FA, Fink D, Blancer PJ, Rodewald AD, Ruiz V, Rosenberg KV, Hochachka WM, Verburg PH, Kelling S. 2017. Global change and the distributional dynamics of migratory bird populations wintering in Central America. *Glob Chang Biol*. 12: 5284-5296.

Lambin EF, Geist HJ, Lepers E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28: 205–41

Lambin EF, Meyfroidt P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108:3465–3472.

Léger E, Vourch G, Vial L, Chevillon C, McCoy KD. 2013. Changing distributions of ticks: causes and consequences. *Exp. Appl. Acarol.* 59:219–244.

Levins R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bull Entomol Soc Am.* 15: 237-240

Levy-Tacher SI, Aguirre-Rivera RJ. 2000. El aprovechamiento agrícola intensivo de los hubchés (acahuales o comunidades secundarias) de Yucatán. *Rev. Geográfica* 128:79–103.

Lindstrom A, Jaenson TGT. 2003. Distribution of the common tick, *Ixodes ricinus* (Acari : Ixodidae), in different vegetation types in Southern Sweden. *J. Med. Entomol.* 40: 375–378.

- Lommano E, Dvorak C, Vallotton L, Jenni L, Gern L. 2014. Tick-borne pathogens in ticks collected from breeding and migratory birds in Switzerland. *Ticks Tick Born Dis.* 5: 871–882.
- Loreau M, Mouquet M, Holt RD. 2003. Meta-ecosystems: a theoretical framework for a spatial ecosystem ecology. *Ecol Lett.* 6: 673–679.
- Magnarelli LA. 2009. Global Importance of ticks and associated infectious disease agents. *Clin. Microbiol. Newsl.* 31:33–37.
- Martínez E, Galindo-Leal C. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México : clasificación, descripción y distribución. *Boletín la Soc. Botánica México* 71: 7–32.
- Mathers A, Smith RP, Cahill B, Lubelczyk C, Elias SP, Lacombe E, Morris SR, Vary CP, Parent CE, Rand PW. 2011. Strain diversity of *Borrelia burgdorferi* in ticks dispersed in North America by migratory birds. *J. Vector Ecol.* 36:24–29.
- McKenzie DI, Nichols JD. 2004. Occupancy as a surrogate for abundance estimation. *Anim Biodiv Conserv.* 27: 461–467.
- Mierzejewska EJ, Alsarraf M, Behnke JM, Bajer A. 2015. The effect of changes in agricultural practices on the density of *Dermacentor reticulatus* ticks. *Vet. Parasitol.* 211: 259–265.
- Mitra SS, Buckley PA, Buckley FG, Ginsberg HS. 2010. Highly variable acquisition rates of *Ixodes scapularis* (*Acari: Ixodidae*) by birds on an Atlantic barrier island. *J. Med. Entomol.* 47:1019–1027.
- Mukherjee N, Beati L, Sellers M, Burton L, Adamson S, Robbins RG, Moore F, Karim S. 2014. Importation of exotic ticks and tick-borne spotted fever group rickettsiae into the United States by migrating songbirds. *Ticks Tick. Borne. Dis.* 5:127–134.
- Munson L, Terio KA, Kock R, Mlengeya T, Roelke ME, Dubovi E, Summers B, Sinclair ARE, Packer C. 2008. Climate extremes promote fatal co-infections during canine distemper epidemics in african lions. *PLoS One* 3: 5–10.

- Nathan R. 2005. Long-distance dispersal research: building a network of yellow brick roads. *Density Distrib.* 11:125–130.
- Nathan R. 2008. Long-distance dispersal of plants. *Science.* 25:786–789.
- Nathan R, Schurr FM, Spiegel O, Steinitz O, Trakhtenbrot A, Tsoar A. 2008. Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends Ecol. Evol.* 23:638–647.
- Navarro-Sigüenza AG, Rebón-Gallardo FM, Gordillo-Martínez A, Townsend-Peterson A, Berlanga-García H, Sánchez-González LA. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: 476–495.
- Newman EA, Eisen L, Eisen RJ, Fedorova N, Hasty JM, Vaughn C, Lane RS. 2015. *Borrelia burgdorferi sensu lato* spirochetes in wild birds in northwestern California: associations with ecological factors, bird behavior and tick infestation. *PLoS One* 10:26.
- Newton I. 2008. The migration ecology of birds. London: Oxford, Elsevier.
- North AR, Godfray HCJ. 2017. The dynamics of disease in a metapopulation: The role of dispersal range. *J Theor Biol.* 418: 57-65.
- Ogrzewalska M, Pacheco RC, Uezu A, Ferreira F, Labruna MB. 2008. Ticks (*Acari: Ixodidae*) infesting wild birds in an Atlantic forest area in the state of São Paulo, Brazil, with isolation of rickettsia from the tick *Amblyomma longirostre*. *J. Med. Entomol.* 45: 770–774.
- Ogrzewalska M, Uezu A, Jenkins CN, Labruna MB. 2011. Effect of forest fragmentation on tick infestations of birds and tick infection rates by *Rickettsia* in the Atlantic Forest of Brazil. *Ecohealth* 8: 320–331.
- Oliveira KA, Pinter A, Medina-Sanchez A, Boppana VD, Wikel SK, Saito TB, Shelite T, Blanton L, Popov V, Teel PD, et al. 2010. *Amblyomma imitator* ticks as vectors of *Rickettsia rickettsii*, Mexico. *Emerg. Infect. Dis.* 16:1282–1284.
- Olsen B, Duffy DC, Jaenson TG, Gylfe A, Bonnedahl J, Bergström S. 1995. Transhemispheric exchange of Lyme disease spirochetes by seabirds. *J. Clin. Microbiol.* 33:3270–4.

Ostfeld RS, Keesing F. 2000. Biodiversity series: The function of biodiversity in the ecology of vector-borne zoonotic diseases. *Can. J. Zool.* 78:2061–2078.

Pacheco RC, Arzua M, Nieri-Bastos FA, Moraes-Filho J, Marcili A, Richtzenhain LJ, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2012. Rickettsial infection in ticks (*Acari: Ixodidae*) collected on birds in southern Brazil. *J. Med. Entomol.* 49:710–6.

Patz JA, Olson SH, Uejio CK, Gibbs HK. 2008. Disease emergence from global climate and land use change. *Med Clin N Am* 92:1473–1491.

Pearson DL. 1971. Vertical stratification of birds in a tropical dry forest. *Condor* 73: 46–55.

Pérez TM, Guzmán-Cornejo C, Montiel-Parra G, Paredes-León R, Rivas G. 2014. Biodiversidad de ácaros en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: 399–407.

Pfaffle M, Littwin N, Muders S V., Petney TN. 2013. The ecology of tick-borne diseases. *Int J Parasitol* 43:1059–1077.

Rangel-Salazar JL, Enríquez PL, Sántiz, EC. 2009. Variación de la diversidad de aves de sotobosque en el Parque Nacional Lagos de Montebello, Chiapas, México. *Acta Zool. Mex.* 25: 479-495

Reed KD, Meece JK, Henkel JS, Shukla SK. 2003. Birds, migration and emerging Zoonoses: West Nile Virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens. *Clin. Medicine Res.* 1: 5–12.

Ribeiro H, Luiz J, Faccini H, Landulfo GA, Pereira B. 2016. New host records of ticks (*Ixodidae*) infesting birds in an Atlantic Forest fragment in southeastern Brazil. *Syst. Appl. Acarol.* 21: 1107–1115.

Robinson SJ, Neitzel DF, Moen RA, Craft ME, Hamilton KE, Johnson LB, Mulla DJ, Munderloh UG, Redig PT, Smith KE, et al. 2014. Disease risk in a dynamic environment : The spread of tick-borne pathogens in Minnesota, USA. *Eco Heal.* 12: 152-163

Rodríguez-Vivas RI, Apanaskevich DA, Ojeda-Chi MM, Trinidad-Martínez I, Reyes-Novelo E, Esteve-Gassent MD, Pérez de León AA. 2016. Ticks collected from humans, domestic animals, and wildlife in Yucatan , Mexico. *Vet. Parasitol.* 215:106–113.

Rojero-Vázquez E, Weber M, Gordillo-Pérez G. 2017. Infection of *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia spp.* in opossums and dogs in Campeche, Mexico: The role of tick infestation. *Front. Ecol. Evol.* 5:161.doi: 10.3389/fevo.2017.00161

Sajid M, Ehsan N. 2017. Insect ectoparasites on wild migratory birds : A review. *Anim. Sci. J.* 8: 01–08.

Salgado-Ortiz, J. 1999. Avifauna terrestre del estado de Campeche: riqueza, abundancia y distribución de especies en los principales biomas del estado. Universidad Autónoma de Campeche. Programa de Ecología Aplicada y Manejo de Ambientes Terrestres ECOMAT. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H324. México D. F. [consultado 2017 septiembre 28]. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfH324.pdf>

Scharf WC. 2004. Immature Ticks on birds: Temporal abundance and reinfestation. *Northeast. Nat.* 11: 143–150.

Schulze TL, Bowen GS, Lakat MF, Parkin WE, Shisler JK. 1986. Seasonal abundance and hosts of *Ixodes dammini* (*Acari: Ixodidae*) and other ixodid ticks from an endemic Lyme disease focus in New Jersey, USA. *J. Med. Entomol.* 23: 105–109.

Scott JD, Anderson JF, Durden LA, Smith ML, Manord M, Clark KL. 2016. Ticks parasitizing gallinaceous birds in Canada and first record of *Borrelia burgdorferi* -infected *Ixodes pacificus* (*Acari: Ixodidae*) from California Quail. *Syst. Appl. Acarol.* 21: 1–12.

Scott JD, Durden LA. 2015. *Amblyomma dissimile* Koch (*Acari: Ixodidae*) parasitizes bird captured in Canada. *Syst. Appl. Acarol.* 20: 854–860.

Scott JD, Lee MK, Fernando K, Durden L a., Jorgensen DR, Mak S, Morshed MG. 2010. Detection of Lyme disease spirochete, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, including three novel genotypes in ticks (*Acari: Ixodidae*) collected from songbirds (Passeriformes) across Canada. *J. Vector Ecol.* 35: 124–139.

Sekercioglu CH. 2006. Ecological significance of bird populations. En: del Hoyo J, Elliot A. y Christie D. (eds). Handbook of the Birds of the World. España: BirdLife International, Lynx Editions, p. 15-34.

[SEMARNAP] Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera de Calakmul. Instituto Nacional de Ecología, México D.F, 270 p.

Skoracki M, Michalik J, Skotarczak B, Rymaszewska A, Sikora B, Hofman T, Wodecka B, Sawczuk M. 2006. First detection of *Anaplasma phagocytophilum* in quill mites (Acari: Sringophilidae) parasitizing passerine birds. *Microbes Infect.* 8: 303–307.

Slowik TJ, Lane RS. 2001. Birds and their ticks in northwestern California: minimal contribution to *Borrelia burgdorferi* enzootiology. *J. Parasitol.* 87: 755–761.

Smith AL, Ortiz Salgado J, Robertson RJ. 2001. Distribution patterns of migrant and resident birds in successional forests of the Yucatan peninsula, Mexico. *Biotropica* 33:153–170.

Smith RP, Rand PW, Lacombe EH, Morris SR, Holmes DW, Caporale DA. 1996. Role of bird migration in the long-distance dispersal of *Ixodes dammini*, the vector of Lyme disease. *J. Infect. Dis.* 174:221–224.

Solís-Henández A, Rodríguez-Vivas RI, Esteve-Gassent MD, Villegas-Pérez SL. 2016. Prevalencia de *Borrelia burgdorferi* sensu lato en roedores sinantrópicos de dos comunidades rurales de Yucatán, México. *Biomédica* 36:109–117.

Sonenshine DE, Roe MR. 2014. *Biology of Ticks Volume 1*. New York: Oxford University Press.

Sosa-Gutiérrez CG, Solórzano-Santos F, Walker DH, Torres J, Serrano CA, Gordillo-Pérez G. 2016. Fatal monocytic ehrlichiosis in woman, México, 2013. *Emerg Infect Dis.* 22: 871-874

Sosa-Gutierrez CG, Vargas-Sandoval M, Torres J, Gordillo-Pérez G. 2016. Tick-borne rickettsial pathogens in questing ticks, removed from humans and animals in Mexico. *J Vet Sci.* 17: 353-360.

Spickett AM, Horak IG, Heyne H, Braack LEO. 1995. The effect of severe drought on the abundance of ticks on vegetation and on scrub hares in the Kruger National Park. *Koedoe* 38:59–64.

Swei A, Meentemeyer R, Briggs CJ. 2011. Influence of abiotic and environmental factors on the density and infection prevalence of *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae) with *Borrelia burgdorferi*. *J. Med. Entomol.* 48:20–28.

Tack W, Madder M, Baeten L, Vanhellemont M, Gruwez R, Verheyen K. 2012. Local habitat and landscape affect *Ixodes ricinus* tick abundances in forests on poor, sandy soils. *For. Ecol. Manage.* 265: 30–36.

Teel PD, Matin S, Grant WE, Stuth JW. 1997. Simulation of host-parasite-landscape interactions : influence of season and habitat on cattle fever tick (*Boophilus sp.*) population dynamics in rotational grazing systems. *Ecol. Model.* 97: 87–97.

Trakhtenbrot A, Nathan R, Perry G, Richardson DM. 2005. The importance of long-distance dispersal in biodiversity conservation. *Divers. Distrib.* 11: 173–181.

Turner II BL, Cortina-Villar S, Foster D, Geoghegan J, Keys E, Klepeis P, Lawrence D, Macario-Mendoza P, Manson S, Ogneva-Himmelberger Y, et al. 2001. Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: An integrative approach. *For. Ecol. Manage.* 154: 353–370.

Ugalde S, Valdez JI, Ramírez G, Alcántara JL, Velázquez J. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques.* 15: 5-26.

Van Bael SA, Philpott SM, Greenberg R, Bichier P, Barber NA, Mooney KA, Gruner DS. 2008. Birds as predators in tropical agroforestry systems. *Ecology* 89: 928–934.

ConoverViana DS, Santamaría L, Figuerola J. 2016. Migratory birds as global dispersal vectors. *Trends Ecol. Evol.* 31: 763–775.

Villalobos-Cuevas VA. 2011. Ectoparásitos de Mamíferos Silvestres y Domésticos en Dos Zonas de Influencia de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Campeche. 113 p.

Walther BA. 2002. Vertical stratification and use of vegetation and light habitats by neotropical forest birds. *J. Ornithol* 143: 64–81.

Warkentin IG, Greenberg R, Ortiz JS. 1995. Songbird use of gallery woodlands in recently cleared and older settled landscapes of the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Conserv Biol*, 9: 1095–1106.

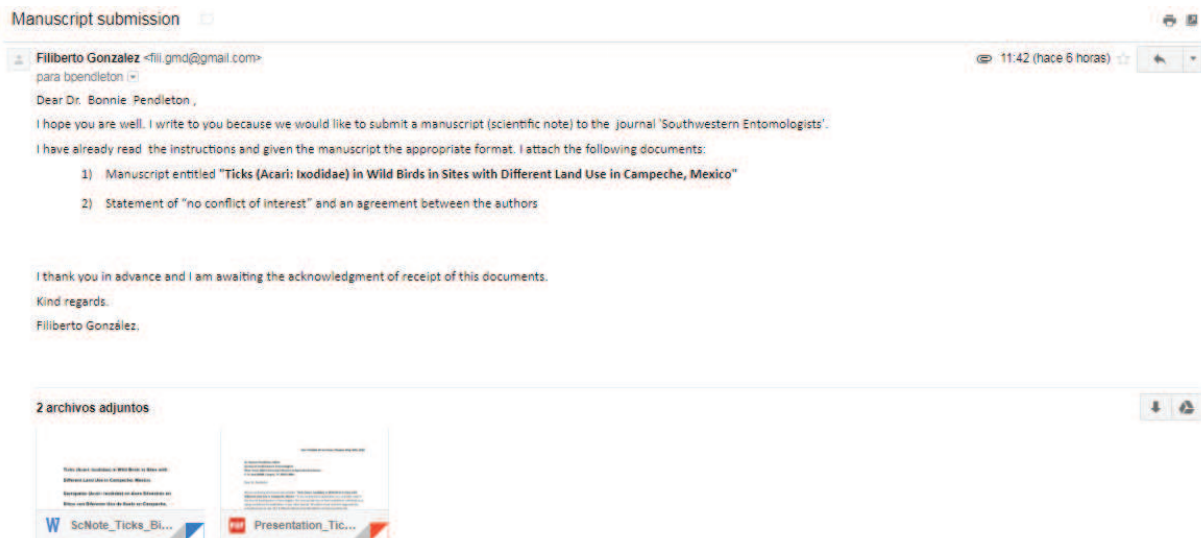
Anexos

Anexo 1. Comprobantes de envío de publicaciones

a) Comprobante de envío al Acta Zoológica Mexicana



b) Comprobante de envío a Southwestern Entomologists



Anexo 3. Permiso del ejido Nuevo Conhuas para realizar el trabajo de Campo

San Francisco de Campeche a 10 de enero de 2017

Sr. Sergio Pech Gómez
Comisario ejidal
Ejido Conhuas

Asunto: Solicitud de consentimiento para trabajar en el ejido

Presente:

Por medio de la presente reciba un cordial saludo. El motivo de la presente es para solicitar su apoyo para la realización de mi trabajo de tesis de maestría titulado "Abundancia e infestación de garrapatas en aves en la Reserva de la Biosfera de Calakmul"

El desarrollo de esta tesis ayudará a conocer el rol de las aves silvestres en la propagación de garrapatas que pueden tener importancia de salud para las poblaciones animales y humanas, es también importante para conocer la influencia que tienen los sitios con diferentes historias ambientales en la abundancia e infestación de garrapatas en aves.

Por tal motivo le solicito de la manera más atenta su consentimiento, apoyo y orientación para realizar muestreos en tres predios pertenecientes al ejido Conhuas desde enero de 2017 hasta junio de 2017. Los muestreos consistirán en la colocación de redes de niebla para la captura de aves. Uno de los sitios será ubicado en el interior de la reserva de la biosfera de Calakmul, a partir del Km 19, los otros tres sitios estarán ubicados en la zona de amortiguamiento perteneciente al ejido Conhuas, uno en un acahual que tenga entre 5 y 10 años de haber sido abandonado, otro en un acahual de entre 15 a 20 años y el último sitio en un predio que tenga una historia de uso ganadero reciente, esto para ver la influencia de las historias de los usos de los sitios en la abundancia de garrapatas y la presencia de distintos grupos y especies de aves en estos sitios.


Pido su apoyo para que me sea condonada la cuota de ingreso al ejido durante el periodo que esté realizando el trabajo de campo.

Asumo como un compromiso el realizar una presentación ante el ejido del trabajo que se estará realizando, explicando la metodología e importancia del estudio. Al finalizar el trabajo de tesis realizaré una presentación para explicar los resultados obtenidos y entregar una copia de la tesis para que quede a disposición del ejido.

Sin otro particular por el momento le agradezco de antemano y quedo pendiente de sus comentarios.


Saludos cordiales.

Atte.



M.V.Z. Filberto Moisés González Martín del Campo
Candidato a maestro en ciencias
ECOSUR Unidad Campeche




Dr. Juan Manuel Weber Rodríguez
Director de Tesis


Dr. José Armando Alayón Gamboa
Director de ECOSUR Unidad Campeche

Anexo 4. Permiso para captura de aves


SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

**SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN
PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL**
DIRECCIÓN GENERAL DE VIDA SILVESTRE

OFICIO NÚM. SGPA/DGVS/ 11088 /16

CIUDAD DE MÉXICO., A 24 - OCTUBRE - 2016

DRA. GRISELDA ESCALONA SEGURA
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR
UNIDAD CAMPECHE
AV. RANCHO POLIGONO 2-A
CIUDAD INDUSTRIAL
CAMPECHE, CAMPECHE
C.P. 24500-MÉXICO
TEL. 01 (981) 127 3720, Ext. 2100, E-MAIL: gescalon@ecosur.mx

Considerando que ha dado cumplimiento a los requisitos establecidos para efectuar investigación y colecta científica de flora y fauna silvestres en territorio mexicano y con fundamento en el Artículo 32 Bis fracciones I, III, XXII, XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 19 fracción XXV y 32 fracción VI, XVIII, XXI, XXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 2012; 79, 80 fracción I, 82, 83 y 87 párrafo cuarto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Artículos 9º Fracción XII, 97 y 98 de la Ley General de Vida Silvestre; 12, 123 Fracción IV y 126 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre; Artículo 85, Artículo 88, fracciones I y II, Artículo 105, fracciones II y III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (ANP's); las disposiciones relativas de la Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional; la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo, la Dirección General de Vida Silvestre **autoriza la licencia de colecta científica por proyecto sobre especies o poblaciones en riesgo o sobre hábitat crítico, para desarrollar las siguientes actividades inherentes a los proyectos de investigación denominados: "Monitoreo de especies prioritarias (aves y mamíferos) en la Reserva de la Biósfera de Calakmul y estado de conservación de las aves y mamíferos de la Península de Yucatán" y los sub-proyectos: "Inventario de aves y mamíferos en humedales de Laguna de Términos y Pantanos de Centla en Tabasco y Campeche"; "Variabilidad genética en las poblaciones de *Campylorhynchus yucatanicus* (Aves, Troglodytidae) en la Península de Yucatán"; "Efectos en murciélagos y ratones silvestres expuestos a agroquímicos utilizados en cultivos en la zona maya de Quintana Roo"; "Factores que influyen en la selección de refugios diurnos del murciélago narizón (*Rhynchonycteris naso*) en Laguna de Términos, Campeche, México"; "La eficacia de los colibríes en la polinización de la *Heliconia latispata*" y "Ecología y conservación del pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) en Campeche, México":**

- Contención de ejemplares de Aves para su identificación taxonómica, toma de datos morfológicos y su liberación inmediata en el área de captura.
- Contención de hasta quince (15) ejemplares de Aves por especie de la Familia Troglodytidae para la toma de datos morfológicos (medidas de pico, tarso y ala), obtención de muestras sanguíneas para análisis genéticos, colocación de anillos de colores y su liberación inmediata en el área de colecta.
- Colecta de hasta diez (10) ejemplares por especie de "murciélago barba arrugada norteño" *Mormoops megallophyla*, "murciélago moreno argentino" *Eptesicus furinalis*, "ratón yucateco" *Peromyscus yucatanicus* y "ratón de patas blancas" *Peromyscus leucopus* para analizar en laboratorio el daño fisiológico por exposición a plaguicidas.
- Monitoreo mediante la observación de poblaciones de Aves, Mamíferos terrestres y Murciélagos.

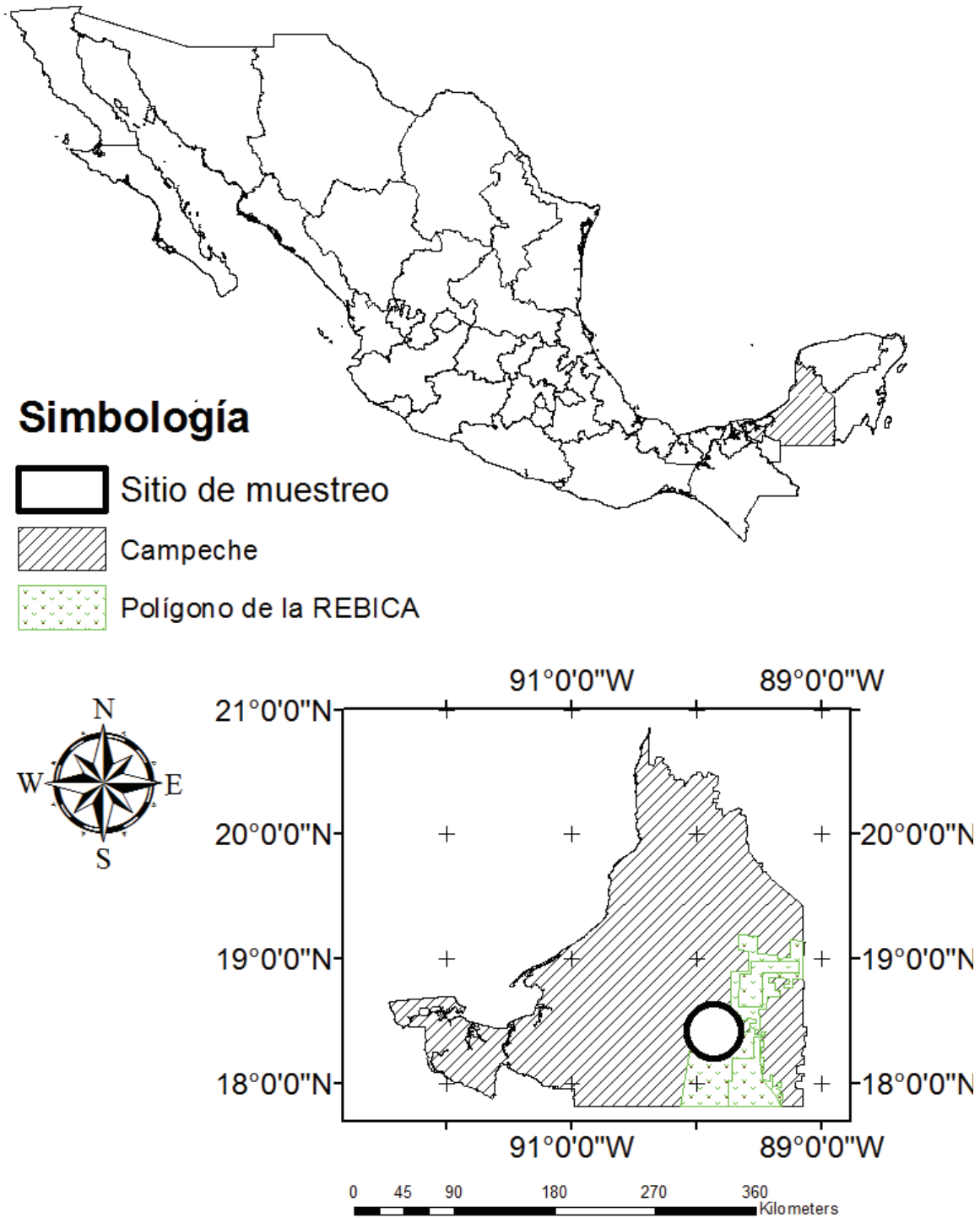
- Monitoreo mediante la observación de refugios de "murciélago narizón" *Rhynchonycteris naso* para analizar los factores que influyen para la selección de refugios.
- Monitoreo mediante la observación del proceso de polinización de los colibríes de las Subfamilias: **Phaethornithinae y Trochilidae**.
- Contención de ejemplares de colibríes de las subfamilias **Phaethornithinae y Trochilidae** para su identificación taxonómica, obtención de datos morfométricos, obtención de muestras de polen y semillas y su liberación inmediata.
- Contención en vida libre de hasta veinte (20) ejemplares de "guajolote ocelado" *Meleagris ocellata*, para obtener datos morfométricos, colocación de transmisores GPS y su liberación inmediata.
- De ejemplares de "guajolote ocelado" *Meleagris ocellata* en cautiverio, obtener muestras de contenido estomacal, espolones y plumas; tomar datos morfométricos (peso y talla) con fines de conservación y manejo.

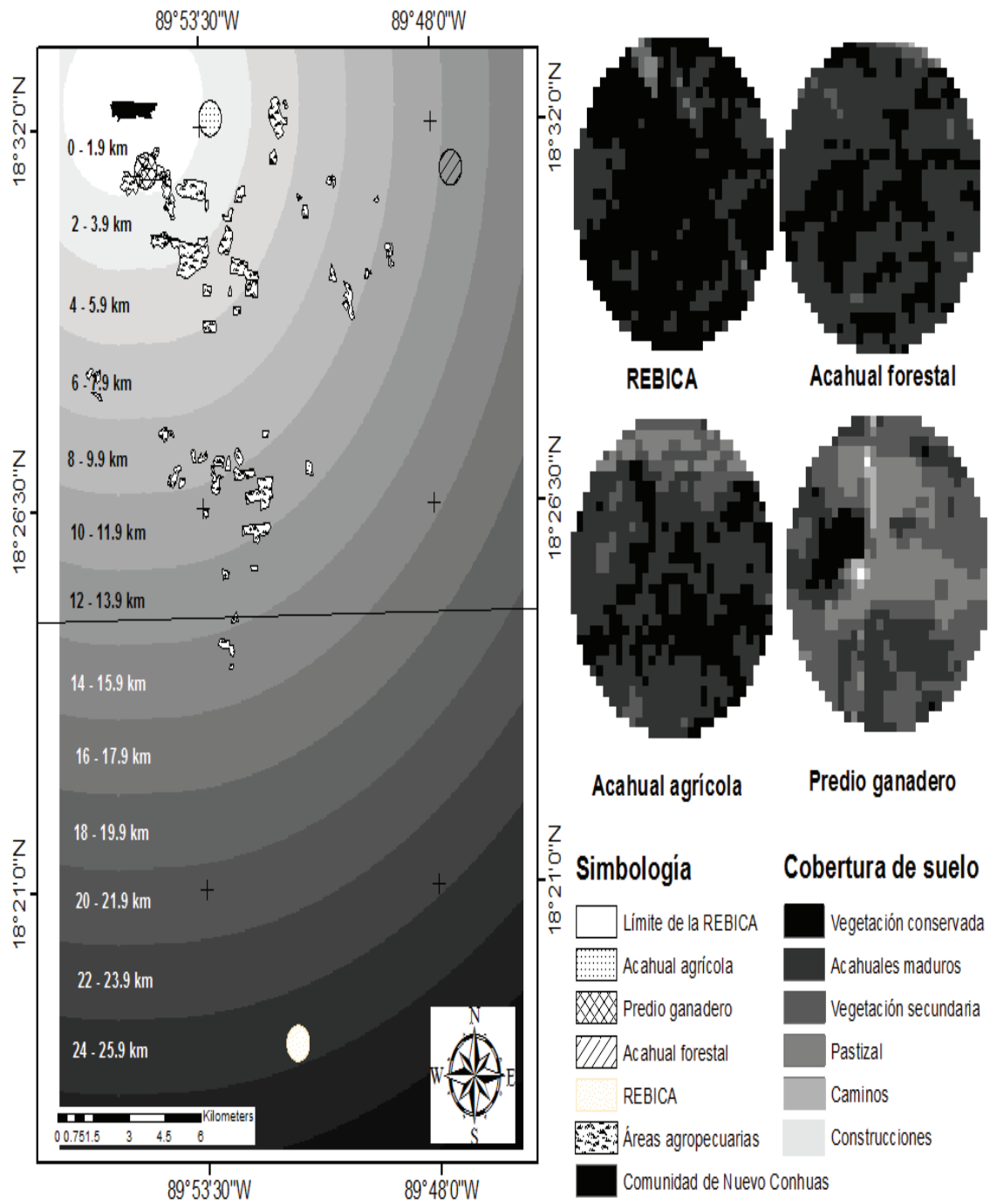
Las actividades se llevarán a cabo en las siguientes ANP: RB Calakmul, RB Los Petenes, APFF Laguna de Términos, ZSCE Balam-kin y ZSCE Balam-kú, estado de Campeche; RB Ría Celestún, RB Ría Lagartos, Reserva Estatal de Dzilám, Reserva Estatal de El Palmar, AICA Ichka' Ansijo y humadales costeros del norte de la Península de Yucatán, estado de Yucatán; RB Pantanos de Centla, estado de Tabasco y RB Sian Ka'an, estado de Quintana Roo, así como en UMA's que cuentan con ejemplares de "guajolote ocelado" *Meleagris ocellata* debidamente registrados que se ubiquen en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán. La presente autorización tendrá una vigencia de un (01) año a partir de la emisión de la misma.

Las actividades en las UMA's deberán contar con el consentimiento del propietario para realizar las actividades autorizadas.

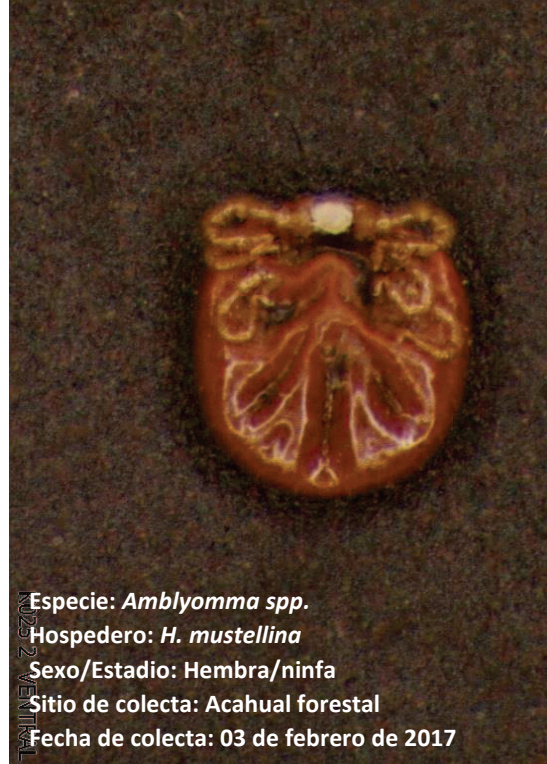
La presente se expide con el aval de El Colegio de la Frontera Sur - Unidad San Cristóbal, con la colaboración del Dr. Jorge Albino Vargas Contreras, Pas. de Biól. Karla Paola Borges Jesús de la Universidad Autónoma de Campeche; Mtro. Guillermo Edgardo Castillo Vela, Lic. Rosalia Puc Chávez, Mtra. Tammy Esperanza Chi Coyoc, Mtra. Anay Serrano Rodríguez, Mtro. Moisés Andrade Herrera, Lic. Mòserral Uc Cua, Lic. William Ku Peralta, Lic. José del Carmen Sánchez Martínez, Lic. Filiberto Moisés González Martín del Campo, Lic. M^a. Elena Castillo Víctor, Dra. Gabriela García Marmolejo, Dra. Salome Cabrera y C. Manuel Weber de El Colegio de la Frontera Sur, Pas. de Biól. José A. Tuz Colli, Pas. de Biól. Marcos A. Tuz Colli, Est. de Lic. José Javier Cen Ceh y Est. de Lic. César Armando Quijano Tzab del Instituto Tecnológico de Chiná; Dr. Jon McRoberts de la University of Missouri y el Mtro. Tom Hughes de National Wild Turkey Federation, **debiendo sujetarse obligatoriamente el titular y los colaboradores a las siguientes condiciones:**

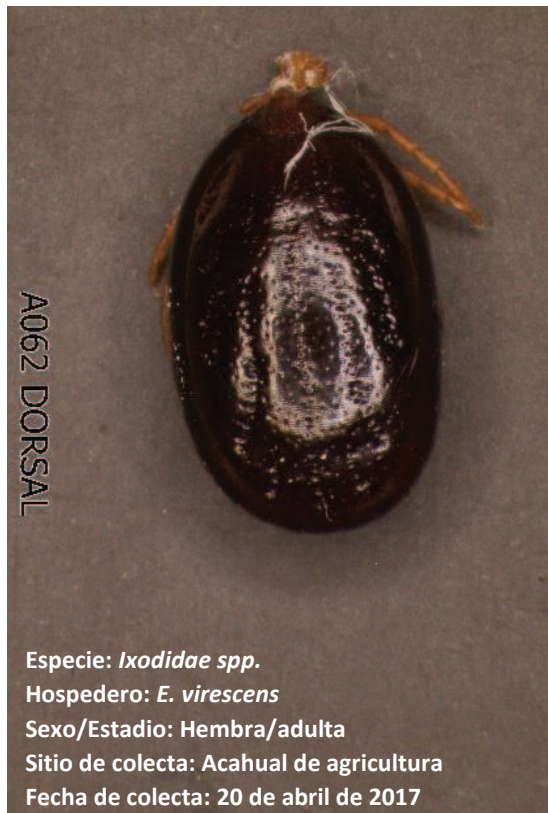
Anexo 5. Ubicación de la zona de muestreo y clasificación de la cobertura de los sitios de muestreo





Anexo 6. Anexo fotográfico







Especie: *Amblyomma* sp.
 Hospedero: *H. fuscicauda*
 Sexo/Estadio: Larvas/hembras
 Sitio de colecta: Acahual de agricultura
 Fecha de colecta: 21 de abril de 2017



Especie: *Amblyomma* spp.
 Hospedero: *S. griseicapillus*
 Sexo/Estadio: Larva/hembra
 Sitio de colecta: Acahual forestal
 Fecha de colecta: 01 de febrero de 2017



Especie: *Hyalomma* spp.
 Hospedero: *X. flavigaster*
 Sexo/Estadio: Hembra/ adulta
 Sitio de colecta: Acahual de agricultura
 Fecha de colecta: 13 de junio de 2017



Especie: *Amblyomma* spp.
 Hospedero: *C. parellina*
 Sexo/Estadio: Hembra/ larva
 Sitio de colecta: Acahual de agricultura
 Fecha de colecta: 22 de marzo de 2017