



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**División Académica de Ciencias Biológicas**



---

---

**“AVIFAUNA ASOCIADA A PLANTACIONES DE PALMA AFRICANA,  
ACAHUAL Y MATRIZ CIRCUNDANTE DE LA SIERRA  
TABASQUEÑA”.**

**Trabajo recepcional, en la modalidad de:**

Tesis de Maestría

**Para obtener el título en:**

Maestro en Ciencias Ambientales

**Presenta:**

Lizbeth Yamily Moo Culebro

**Directores:**

Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss  
Dra. Ena Edith Mata Zayas



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**



**FEBRERO 28 DE 2018**

**C. LIZBETH YAMILY MOO CULEBRO  
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"AVIFUNA ASOCIADA A PLANTACIONES DE PALMA AFRICANA, ACAHUAL Y MATRIZ CIRCUNDANTE DE LA SIERRA TABASQUEÑA"**, asesorado por el Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por el Dr. David Flaspohler, Dra. Ena Edith Mata Zayas Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss, Dr. Luis José Rangel Ruiz y Dr. Juan de Dios Valdez Leal.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ  
DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
C.c.p.- Archivo

**UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DIRECCIÓN**

## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“AVIFUNA ASOCIADA A PLANTACIONES DE PALMA AFRICANA, ACAHUAL Y MATRIZ CIRCUNDANTE DE LA SIERRA TABASQUEÑA”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 28 de Febrero de 2018.

AUTORIZO



---

LIZBETH YAMILY MOO CULEBRO

## DEDICATORIA

*A mi mamá (†)*

*Porque a pesar de la distancia siempre  
vivirás en mi corazón. Gracias por la vida,  
por tu apoyo incondicional, tu amor, tus  
sabios consejos, tu confianza y la fe en que las  
cosas se pueden si las deseamos con el  
corazón. TE AMO.....*

*A mi esposo Santiago Lopez Mondragón e  
hija Elena Guadalupe López Moo por su  
apoyo y amor incondicional. LOS AMO ♥*

## AGRADECIMIENTOS

*Al Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss por su enorme y valioso apoyo durante el desarrollo de mi investigación. Gracias por las enseñanzas, experiencias compartidas, la paciencia y apoyo incondicional.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante mis estudios de Maestría en Ciencias Ambientales de la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT.*

*Al proyecto de investigación "Sustentabilidad, Servicios Ecosistémicos y Desarrollo de la Bioenergía en las Américas (PIRE) de la Universidad Tecnológica de Michigan", financiado por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF), ya que a través de este proyecto se obtuvieron los recursos para las salidas a campo y los muestreos correspondientes.*

*A la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por la oportunidad de estudiar la maestría y así contribuir con el crecimiento de mi vida profesional.*

*A mis sinodales Dra. Ena Edith Mata Zayas, Dr. David Flaspohler, Dr. Stefan L. Arriaga Weiss, Dr. Luis José Rangel Ruiz y Dr. Juan de Dios Valdes Leal por sus comentarios, observaciones y sugerencias para la mejora de este trabajo de investigación.*

*A los propietarios de los ranchos donde se realizaron las actividades de campo, por permitirnos el acceso a sus predios, ya que sin su apoyo y generosidad no hubiera sido posible llevar a cabo este trabajo.*

*A la Dra. Jessie Knowlton del Colegio Wheaton de Massachusetts y al Dr. David Flaspohler de la Universidad Tecnológica de Michigan, por su confianza, dedicación, enseñanzas y experiencias compartidas durante el desarrollo del proyecto.*

*Al Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos por su gran apoyo y conocimientos compartidos durante mi estancia académica en la Universidad Federal de Pará, Brasil (UFPA), pero sobre todo por su amable hospitalidad.*

*A los colegas y amigos que me apoyaron durante el desarrollo de este trabajo, tanto en las salidas a campo y trabajo de gabinete: M. en C. Sara M. Almeida, M. en C. Larissa C. Silva, Biól. Fernanda Barros, M. en C. Juan Ramón Hernández Ugalde, Ecol. Tobit de la Cruz Coronel y Biól. Belén Rodríguez Guadarrama.*

*A mis compañeros y amigos de generación, por tan gratos momentos compartidos (Yareni, Luisa, Mónica, Tila, Adriana, Mabelyn, Karen, Jorge, Luis, Alejandro Romero, Rugieri, Marcela, Sebastián, Alejandro González, Benjamín).*

*Pero sobre todo a mi familia, por su apoyo y amor incondicional. Los amo Santiago y Elena.*

## RESUMEN

La conversión de áreas boscosas a paisajes dominados por sistemas de producción agrícola reduce la riqueza de especies y diversidad de las aves. Las plantaciones de palma africana se están expandiendo de forma acelerada en los trópicos, sin embargo los impactos sobre la comunidad de aves es poco conocida. En este estudio comparamos la composición y estructura de la comunidad de aves en plantaciones de palma africana, fragmentos de acahual y pastizales de la Sierra Tabasqueña, evaluando la influencia de las características de la vegetación sobre la abundancia, riqueza de especies y diversidad funcional de las aves. Se ubicaron 203 puntos de radio fijos distribuidos en 24 sitios de monitoreo, éstos fueron muestreados tres veces durante el año. Se registraron 4,332 individuos distribuidos en 123 especies, de los cuales 100 fueron residentes y 23 migratorias. Se presentaron diferencias significativas en la riqueza de especies e índices de diversidad entre los elementos del paisaje. Las plantaciones de palma adulta y joven fueron los sitios más similares compartiendo 37 especies. Las aves frugívoras son las especies más afectadas por la conversión de acahuales y pastizales a plantaciones de palma africana. Con respecto a la vegetación, el acahual fue el elemento más heterogéneo y complejo del paisaje. El análisis de regresión logística y RLQ indicaron que la riqueza de especies y los rasgos funcionales de la dieta frugívora así como el estrato de forrajeo medio-alto se asociaron significativa y positivamente con el porcentaje de cobertura del dosel. En conclusión, las plantaciones de palma africana reducen la riqueza de especies y diversidad de las aves. Sin embargo, la presencia de diversas especies forestales dentro de las plantaciones y los fragmentos de bosque o acahuales adyacentes, son importantes para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	3
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	7
Objetivo general .....	7
Objetivos específicos .....	7
ÁREA DE ESTUDIO .....	7
MÉTODOS .....	9
Sitios de monitoreo .....	9
Muestreo de la comunidad de aves .....	11
Rasgos funcionales .....	12
Descripción del hábitat .....	12
Análisis de datos .....	13
CAPÍTULO 1 .....	17
Avifauna associated with African palm plantations, secondary vegetation and surrounding matrix of the Sierra Tabasqueña .....	18
CAPÍTULO 2 .....	54
Bird functional diversity in African palm plantations of the Sierra Tabasqueña .....	55
CONCLUSIONES .....	89
LITERATURA CITADA .....	92



## ÍNDICE DE CUADROS

### CAPÍTULO 1

- Cuadro 1.** Número de especies e individuos observados en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). 27
- Cuadro 2.** Índices ecológicos estimados para la comunidad de aves en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. 29
- Cuadro 3.** Similitud de la comunidad de aves en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. 29
- Cuadro 4.** Caracterización de la vegetación en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. 33
- Cuadro 5.** Regresión logística (Modelo Lineal Generalizado) entre las variables de la vegetación y composición de la comunidad de aves en la Región de la Sierra del estado de Tabasco, México. 33
- Anexo 1.** Lista de especies registradas en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). 47
- Anexo 2.** Estacionalidad, gremio alimentario, preferencia de hábitat y NOM-059-SEMARNAT-2010. 50
- Anexo 3.** Especies arbóreas registradas en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). 53

### CAPÍTULO 2

- Cuadro 1.** Caracterización de la vegetación en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). 70
- Anexo 1.** Lista de especies registradas en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017) 86

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Sitios de monitoreo localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa, Región de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). 23
- Figura 2.** Distribución de las aves por gremio alimentario en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. 30
- Figura 3.** Aves residentes (A) y migratorias (B) por gremio alimentario en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. 31
- Figura 4.** Aves residentes (A) y migratorias (B) por preferencia de hábitat en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. 32

### CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Sitios de monitoreo localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa, Región de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). 61
- Figura 2.** Parámetros de diversidad registrados para las comunidades de aves asociadas a fragmentos de acahual, plantaciones de palma africana y pastizales en la Sierra Tabasqueña. 67
- Figura 3.** Árbol de clasificación mostrando las características funcionales más asociadas con la presencia o ausencia de especies de aves en la plantación de palma africana. 69
- Figura 4.** Relación de las variables de vegetación y rasgos funcionales. 71

## INTRODUCCIÓN

La deforestación y alteración de los bosques tropicales continúan siendo uno de los mayores problemas de la pérdida de la biodiversidad en los trópicos. Cambios en la cubierta vegetal como resultado de las actividades humanas modifica la estructura y composición de las comunidades de fauna, reduciendo sus áreas de distribución y tamaño de sus poblaciones (Castaño-Villa & Patiño-Zabala 2000, Arriaga-Weiss *et al.* 2008, Harvey *et al.* 2008, Chan-Rodríguez 2012, Van Der Wal *et al.* 2012).

En los últimos años, el sector agrícola ha experimentado un desarrollo notable. El cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) se ha expandido a una tasa anual del 9% en todo el mundo, como resultado de la creciente demanda de aceites vegetales y biocombustibles (Fitzherbert *et al.* 2008, Velázquez-Martínez & Gómez-Vázquez 2010, Malhi *et al.* 2014). En México, la producción de palma africana se concentra en la región sureste, siendo el estado de Tabasco el tercer productor a nivel nacional. Actualmente la entidad cuenta con 119 mil ha sembradas con *E. guineensis* y de acuerdo a datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), tiene un potencial productivo para 300 mil ha.

En términos de biodiversidad, las primeras investigaciones sobre los efectos de las plantaciones de palma africana sobre la diversidad local se han llevado a cabo en Asia y recientemente en América, reportándose pérdidas en la riqueza de especies, así como cambios en la composición, estructura y diversidad funcional de las aves a consecuencia de la expansión de estas plantaciones (Aratrakorn *et al.* 2006, Azhar *et al.* 2013, 2015, Koh 2008, Savilaakso *et al.* 2014, Almeida *et al.* 2016, Prescott *et al.* 2016, Knowlton *et al.* 2017). En Tabasco, son escasos los estudios

relacionados con el tema, trabajos como los efectuados por Velázquez-Martínez y Gómez-Vázquez (2010) se han enfocado en las características del cultivo, sus requerimientos, la superficie sembrada y su producción. Mientras tanto, Sánchez (2000) ha considerado a las plantaciones de palma africana como un ecosistema importante para la conservación de especies de vertebrados silvestres. Sin embargo, estas plantaciones se caracterizan por ser homogéneas con una estructura menos compleja, reduciendo la variedad de nichos y recursos disponibles para muchas especies de aves, limitando su capacidad para utilizar estos ambientes artificiales (Hofstede *et al.* 1998, Estados 1994, Ceccon & Martínez-Ramos 1999, Aratrakorn *et al.* 2006, Fitzherbert *et al.* 2008, Savilaakso *et al.* 2014, Almeida *et al.* 2016, Knowlton *et al.* 2017).

La sierra de Tabasco, originalmente cubierta en su totalidad con selva alta perennifolia tuvo una pérdida del 80% de su superficie en 30 años, las principales causas de esta pérdida fueron los incendios forestales que condujeron a la formación de vegetación secundaria (56%) y la ampliación de los pastizales (10%) para la ganadería y la agricultura (Salazar-Conde *et al.* 2004, Sánchez & Munguía 2005), especialmente de monocultivos como el cedro (*Cedrela odorata*), teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*), palma africana (*Elaeis guineensis*) y plátano (*Musa paradisiaca*).

Estos cambios en la cobertura del suelo han modificado notablemente la composición y estructura de la comunidad de aves en la Sierra Tabasqueña, reduciendo su riqueza específica y rasgos funcionales. En México el número de especies de aves conocidas es de 1,107 (Berlanga-García *et al.* 2015) de las cuales 392 se encuentran en riesgo a causa de las actividades antropogénicas (DOF 2010).

En este contexto y debido a la importancia económica de la actividad agrícola en el estado, es fundamental conocer la estructura y composición de la comunidad de aves asociadas a las plantaciones de palma africana, con respecto a la matriz dominante (pastizal) y fragmentos de acahual en la Región de la Sierra. Este tema se aborda en el Capítulo 1 con el artículo “Avifauna asociada a plantaciones de palma africana, vegetación secundaria y matriz circundante de la Sierra Tabasqueña”, el cual fue sometido a la Revista Ornitología Neotropical.

Por otro lado, el tema de Diversidad Funcional se aborda en el Capítulo 2 con el artículo “Diversidad funcional de las aves en plantaciones de palma africana de la Sierra Tabasqueña”, el cual será enviado a la Revista Journal of Tropical Ecology.

## **ANTECEDENTES**

La palma africana (*Elaeis guineensis*) es una planta de reciente introducción en el continente Americano y se ha expandido a una tasa anual del 9% en todo el mundo. Su principal aportación al ser humano es el aceite que se obtiene de este cultivo, del cual se pueden obtener una serie de beneficios para la salud sin dejar de lado que podría convertirse en la oleaginosa número uno a nivel mundial (Fitzherbert *et al.* 2008, Velázquez-Martínez & Gómez-Vázquez 2010, Malhi *et al.* 2014).

Investigaciones relacionadas con el efecto de las plantaciones de palma africana sobre la diversidad local se han llevado a cabo en Asia y recientemente en América, reportándose pérdidas en la riqueza de especies, así como cambios en la composición y estructura en la comunidad de aves a consecuencia de la expansión de estas plantaciones, sobre todo en aquellas zonas donde se está deforestando grandes extensiones de bosque para el cultivo de esta palma (Aratrakorn *et al.* 2006,

Koh 2008, Azhar *et al.* 2013, 2015, Savilaakso *et al.* 2014, Almeida *et al.* 2016, Knowlton *et al.* 2017).

Por otro lado, en regiones como Asia, Centroamérica (Costa Rica, Guatemala) y Sudamérica (Colombia y Chile), se ha estudiado la importancia de las plantaciones comerciales como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos ya degradados. Este tipo de ambientes no pretenden sustituir la vegetación original, sino complementarlos ya que la alta densidad de árboles podría aumentar la conectividad entre ecosistemas y facilitar el movimiento de algunas especies de aves que se encuentran restringidas a hábitats boscosos (Cabrera-Gaillard 2003, Pérez-Pérez 2004, Castaño-Villa *et al.* 2008, Koh & Tiong 2008, Dirzo *et al.* 2014, Gutiérrez 2015).

Recientemente, investigaciones relacionadas con la pérdida de la diversidad funcional a causa de la expansión de las actividades agrícolas, está adquiriendo mayor interés. La diversidad funcional se considera una de las medidas ecológicas más relevantes de la biodiversidad, ya que permite analizar los roles o funciones de las especies en los ecosistemas (Petchey & Gaston 2006, Villéger *et al.* 2008, Orlandi-Laureto *et al.* 2015, Gómez-Ortiz & Moreno 2017). Las aves ofrecen una gama de servicios ecosistémicos, entre los que destacan la polinización, dispersión de semillas, control de plagas y depredación, mismos que se han visto afectados por cambios en el uso del suelo y pérdida de sus hábitats (Şekercioğlu 2012, Green & Elmberg 2014, Sayer *et al.* 2017).

Trabajos realizados en Australia, Borneo, Brasil y Colombia, han demostrado que la agricultura es el uso de la tierra que más reduce la diversidad funcional en

aves (Flynn *et al.* 2009, Edwards *et al.* 2013, Luck *et al.* 2013, Almeida *et al.* 2016, Jacoboski *et al.* 2016, Prescott *et al.* 2016), mamíferos (Flynn *et al.* 2009) y escarabajos de estiércol (Edwards *et al.* 2014); ocasionando una gran pérdida de estrategias funcionales y servicios ecosistémicos (Azman *et al.* 2011, Azhar *et al.* 2013, Almeida *et al.* 2016).

En México, trabajos como los efectuados por Velázquez-Martínez y Gómez-Vázquez (2010) se han enfocado en las características de dicho cultivo, sus requerimientos tanto agroclimáticos como edafológicos, la superficie sembrada y producción en el Estado, el rendimiento de aceite por tonelada de fruto recolectado, variedades más comunes y programas del gobierno del estado que promueven el cultivo de estas plantaciones. Mientras tanto, Sánchez (2000) realizó un inventario de las especies de vertebrados silvestres observados en una parcela adulta de palma aceitera en Tabasco, concluyendo que estos cultivos pueden constituir un ecosistema importante en la conservación de varias especies faunísticas al servir como sitios de alimentación, anidación, refugio, descanso o vías de acceso hacia otros hábitats, siempre y cuando se eviten acciones que alteren en forma importante el entorno ecológico.

## **JUSTIFICACIÓN**

Tabasco ocupa el tercer lugar en la producción de palma africana y en las últimas décadas ha tenido un desarrollo exponencial debido al creciente uso de biocombustibles alrededor del mundo. Actualmente la entidad cuenta con 119 mil ha sembradas con esta palma y de acuerdo a datos de la Secretaría de Agricultura,

Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), tiene un potencial productivo para 300 mil ha.

Es notable la importancia de estas plantaciones para la sociedad, debido a los ingresos económicos y empleos que se han generado, además de los beneficios para la salud y su aportación al desabasto de aceites vegetales. Sin embargo, son escasos los estudios relacionados con el efecto que estos monocultivos podrían tener sobre la biodiversidad. Trabajos realizados en diferentes países como Australia, Indonesia, Brasil, Colombia y Costa Rica han demostrado el efecto que las plantaciones de palma africana tienen sobre la fauna, en especial sobre las aves (Aratrakorn *et al.* 2006, Koh 2008, Flynn *et al.* 2009, Edwards *et al.* 2013, Azhar *et al.* 2013, 2015, Luck *et al.* 2013, Savilaakso *et al.* 2014, Almeida *et al.* 2016, Jacoboski *et al.* 2016, Prescott *et al.* 2016, Knowlton *et al.* 2017). Debido a su estructura homogénea (edad uniforme de la palma, dosel bajo, arbusto escaso, microclima inestable), estas plantaciones no ofrecen una gran variedad de nichos, lo que resulta en cambios en la composición y estructura de la comunidad de aves, con características funcionales limitadas (Fitzherbert *et al.* 2008, Edwards *et al.* 2013, Malhi *et al.* 2014, Dislich *et al.* 2016).

Por lo anterior, en este estudio se caracterizó la composición y estructura de la comunidad de aves asociadas a fragmentos de acahual, plantaciones de palma africana y matriz pecuaria de la Sierra Tabasqueña, probando la hipótesis de que la riqueza de especies, diversidad verdadera y diversidad funcional de aves es mayor en los acahuales con respecto a las plantaciones; ya que en éstas la comunidad de aves es más homogénea debido a la baja variabilidad de nichos disponibles.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la composición y estructura de la comunidad de aves asociadas a fragmentos de acahual, plantaciones de palma africana y la matriz pecuaria, en la Región de la Sierra de Tabasco.

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar la composición y estructura (riqueza, abundancia, diversidad, estacionalidad, gremios alimentarios) de la comunidad de aves asociada a fragmentos de acahual, palma africana y matriz pecuaria.
2. Caracterizar la diversidad funcional de las aves en los tres elementos del paisaje a estudiar.
3. Caracterizar la cobertura y altura arbórea de la vegetación de los tres elementos del paisaje.
4. Determinar la influencia de las características de la vegetación sobre la riqueza, abundancia y diversidad funcional de las aves.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

El trabajo de campo se efectuó en la Región de la Sierra, localizada hacia la región centro-sur del estado abarcando los municipios de Tacotalpa y Jalapa. En conjunto cubren una extensión de 1,993.25 km<sup>2</sup> los cuales corresponden al 8.08% del total del territorio tabasqueño. La zona presenta un clima cálido húmedo con lluvias la mayor parte del año. La temperatura media anual fluctúa entre los 22°C, mientras

que las precipitaciones están en un rango de 3,000 a 4,000 mm cada año, lo que la hace una de las zonas más lluviosas del estado (Sedespa 2005).

La vegetación nativa que todavía puede observarse es la selva alta y mediana subperennifolia, vegetación secundaria o acahual adulto mayor de 10 años y vegetación secundaria o acahual joven menor de 10 años. Dentro de la vegetación que ha sustituido la cobertura arbórea original se observan los pastizales (en amplias zonas dedicadas a la ganadería de tipo extensivo) donde destacan los pastos como el remolino (*Paspalum notatum*), la estrella de África (*Cynodon* sp.) y el zacate gigante (*Pennisetum purpureum*), los cultivos anuales como el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*) y aquellos cultivos que tienen una condición más permanente como el plátano (*Musa paradisiaca*) y el cacao (*Theobroma cacao*, Sánchez & Munguía 2005). También se han establecido importantes plantaciones forestales de especies nativas como el cedro (*Cedrela odorata*), el bojón (*Cordia alliodora*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*), así como de especies introducidas como la palma africana (*Elaeis guineensis*), teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*, Salazar-Conde *et al.* 2004).

La fauna reportada para la zona incluye 301 especies de aves (Arriaga-Weiss *et al.* 2003), 26 especies de mamíferos terrestres (Gordillo-Chávez 2007), 70 de anfibios y reptiles (Guzmán-Nieto 2011). Diversas especies destacan en la zona como la rana lluviosa (*Smilisca baudini*), la nauyaca (*Bothrops asper*), la boa o sauyán (*Boa constrictor*), el hocofaisán (*Crax rubra*), loros (*Pionus senilis*, *Amazona albifrons*, *A. autumnalis*, *A. oratrix*, *Aratinga nana*, *Pionopsitta haematotis*), cojolita (*Penelopina nigra*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), mono aullador (*Alouatta pigra*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*), sereque (*Dasyprocta mexicana*), martucha (*Potos*

*flavus*), coatí (*Nasua narica*), puerco espín tropical (*Sphiggurus mexicanus*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), entre otros.

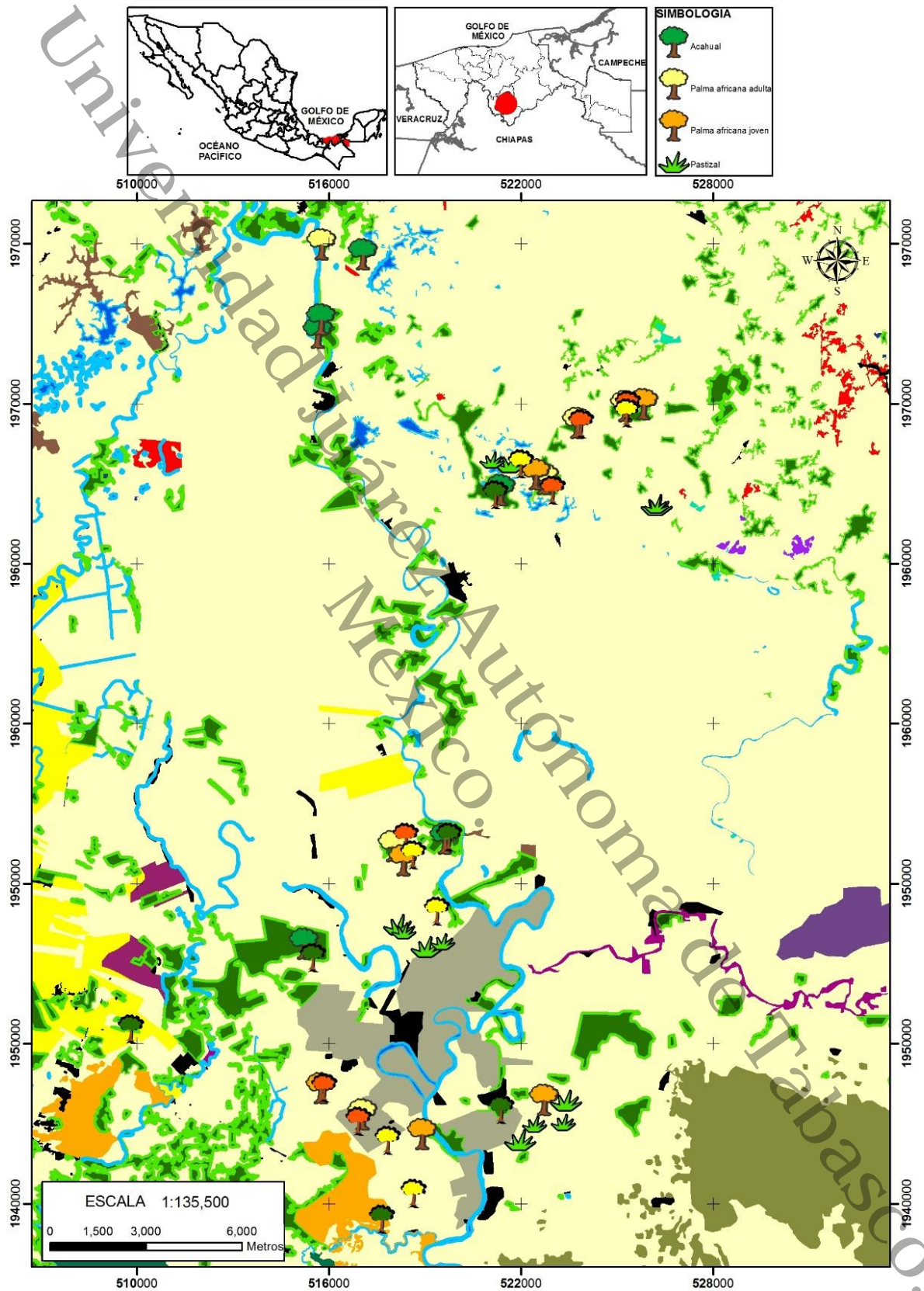
## MÉTODOS

### Sitios de monitoreo

Con ayuda de imágenes satelitales (2016) se identificaron y seleccionaron fragmentos de acahual, plantaciones de palma africana jóvenes (4-6 años), plantaciones de palma africana adultas (18-20 años) y pastizales. Por cada elemento a muestrear se tuvieron seis réplicas, haciendo un total de 24 sitios de monitoreo (Figura 1). Entre uno y otro sitio hubo una distancia mínima de 1 Km.

La matriz pecuaria fue el elemento dominante de la región, son áreas dedicadas a la ganadería de tipo extensivo donde destacan las especies de pasto remolino, pasto estrella y el zacate gigante, también pueden observarse árboles dispersos como la ceiba (*Ceiba pentandra*), maculís (*Tabebuia rosea*), teca (*Tectona grandis*), cocoite (*Gliricidia sepium*), tinto (*Haematoxylum campechianum*), mango (*Mangifera indica*), jobo (*Spondias mombin*), samán (*Pithecellobium saman*), cuajilote (*Parmentiera aculeata*) y ficus (*Ficus sp.*).

En las plantaciones de palma africana, se observó que de acuerdo a la edad pueden ser estructuralmente más complejos, lo que puede determinar la riqueza y composición de la comunidad de aves. Por este motivo se seleccionaron plantaciones con diferentes edades, adultas entre 18-20 años y jóvenes de 4-6 años. Asociado a las palmas se observaron algunas especies epífitas (helechos) y arbustivas.



**Figura 1.** Sitios de monitoreo localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa, Región de la Sierra Tabasqueña (2016-2017).

Para los acahuals se procuró que fueran estructuralmente similares, con una edad de entre 15-20 años donde los árboles no rebasaran los 18 m de altura, se observaron numerosas especies arbustivas, herbáceas, epífitas y lianas, siendo las especies arbóreas las más dominantes como el guácimo (*Guazuma umnifolia*), ramón (*Brosimum alicastrum*), palo mulato (*Bursera simaruba*), cornezuelo (*Acacia cornigera*), maculís (*Tabebuia rosea*), tucuy (*Pithecellobium dulce*), samán (*Pithecellobium saman*), guano yucateco (*Sabal mexicana*), cuajilote (*Parmentiera aculeata*), melina (*Gmelina arborea*), tinto (*Haematoxylum campechianum*), sauce (*Salix humboldtiana*), jobo (*S. mombin*), caoba (*Swietenia macrophylla*), pimienta (*Pimenta dioica*), castaña (*Castanea sativa*), guarumo (*Cecropia sp.*) y ceiba (*C. pentandra*).

### **Muestreo de la comunidad de aves**

Se ubicaron 203 puntos de radio fijos distribuidos en los 24 sitios de monitoreo, éstos fueron muestreados tres veces durante el año cubriendo la época migratoria y no migratoria de las aves (Junio-Julio 2016, Octubre-Diciembre 2016, Febrero-Marzo 2017). La distancia mínima entre los puntos fue de 200 m y se establecieron a 100 m del borde.

En cada punto se cuantificó la presencia de aves, visual y auditivamente, durante ocho minutos (Hutto *et al.* 1986, Ralph *et al.* 1996). Los conteos se llevaron a cabo después del amanecer hasta las 10:00 h aproximadamente (EST), registrándose a las aves que solo estaban haciendo uso del hábitat (forrajeando, perchando, anidando).

La identificación se realizó con la ayuda de las guías de Peterson y Chalif (2008), Howell y Webb (1995), National Geographic (2006) y Kauffman (2005). Se siguió la nomenclatura propuesta por Berlanga *et al.* (2015) y para la clasificación de los gremios alimenticios la propuesta por Arriaga-Weiss *et al.* (2008) y Wilman *et al.* (2014). Así mismo, se identificaron las especies incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Rasgos funcionales**

Para estimar la diversidad funcional, se utilizaron 17 rasgos funcionales de cada especie, siguiendo la propuesta de Wilman *et al.* (2014). Estos rasgos están relacionados con la dieta (1-invertebrados, 2-vertebrados, 3-peces, 4-carroña, 5-frutos, 6-néctar, 7-semillas, 8-material vegetal), estrato de forrajeo (9-agua, 10-suelo, 11-sotobosque, 12-altura media, 13-dosel, 14-aéreo), actividad (15-nocturno, 16-diurno) y masa corporal (17).

### **Descripción del hábitat**

Se cuantificaron tres variables de vegetación por cada elemento del paisaje, los cuales se relacionaron con la riqueza de especies, el número de individuos y los rasgos funcionales:

Altura arbórea: Por cada elemento a muestrear se establecieron seis cuadros de 10 x 20 m (Oosting 1956), donde se contabilizaron las especies arbóreas con  $DAP \geq 10\text{cm}$  y midió su altura con ayuda de un clinómetro electrónico.

Cobertura del dosel: El porcentaje de cobertura se estimó con la ayuda de un densiómetro. Se tomaron cuatro lecturas (con orientación hacia el norte, sur, este y oeste) en cada punto de radio fijo y se promediaron.

Cobertura del sotobosque: Se estimó con el densiómetro y al igual que en el dosel se tomaron cuatro lecturas que posteriormente fueron promediados.

### **Análisis de datos**

Cuando los datos se distribuyeron normalmente (Prueba de Shapiro-Wilk) se usaron las pruebas paramétricas ANOVA de una vía y Tukey's HSD, cuando no cumplieron con el supuesto de normalidad se usaron las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y Mann-Whitney (Software R v 3.3.3).

COMUNIDAD DE AVES. Se estimó la riqueza de especies esperadas en los cuatro elementos del paisaje con la prueba Chao 2 (Magurran 2010, Software EstimateS v 9.1.0) y el porcentaje de completitud de inventario, para visualizar si los datos obtenidos en campo tuvieron una representación significativa de la comunidad de aves.

Con el Análisis de similitud (ANOSIM) se examinó las diferencias significativas en la composición de especies entre los elementos del paisaje y con el Porcentaje de similitud (SIMPER) se identificaron las especies que contribuyeron con estas diferencias. También se usó ANOSIM y SIMPER para examinar si los elementos del paisaje presentaron diferencias en cuanto a la abundancia de los gremios alimentarios y qué gremios contribuyeron a estas diferencias. Ambos análisis fueron realizados en el Software PAST versión 3.15.

Se calcularon los índices de diversidad verdadera, dominancia de Simpson y equidad de Pielou (Magurran 2010) por cada sitio de muestreo (Software PAST v 3.15), así como el número de especies compartidas con el índice de similitud Chao-Jaccard (Chao *et al.* 2000, 2005, Software EstimateS v 9.1.0). Con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Software R v 3.3.3) se evaluaron las diferencias significativas en la abundancia, riqueza de especies, diversidad, dominancia, equidad y estacionalidad de las aves entre los elementos del paisaje (acaahual, palma africana adulta, palma africana joven y pastizal) y con la prueba *a posteriori* de Mann-Whitney se verificó las diferencias significativas entre pares.

**DIVERSIDAD FUNCIONAL.** Para calcular los índices de diversidad funcional se construyó una matriz con los 17 rasgos funcionales de cada especie y se convirtió en una matriz de similitud usando Gower's (Coeficiente de similitud de distancia, Pavoine *et al.* 2009). Posteriormente, se construyó un dendrograma funcional utilizando el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Con la ayuda de los paquetes picante y FD en el Software R versión 3.3.3 (R Core Team 2017) se calcularon los índices de diversidad funcional (FD) y riqueza funcional (FRic). Los valores de FD son la suma de las ramas del dendrograma funcional, mientras que FRic cuantifica el volumen de espacio funcional ocupado por la comunidad independientemente de la riqueza de las especies (Cornwell *et al.* 2006, Villéger *et al.* 2008, Mouchet *et al.* 2010).

Con las pruebas ANOVA de una vía y Kruskal-Wallis (Prueba de normalidad Shapiro-Wilk) se evaluaron las diferencias significativas en la riqueza de especies, FD y FRic entre los elementos del paisaje (acaahual, palma africana adulta, palma



africana joven y pastizal) y con las pruebas *a posteriori* de Tukey HSD y Mann-Whitney se verificaron las diferencias significativas entre pares.

Para identificar las características funcionales que más se asociaron a los fragmentos de acahual, pastizales y plantaciones de palma africana, se construyeron dos árboles de clasificación utilizando los rasgos (Breiman *et al.* 1984). Para ello se elaboraron matrices donde se consideraron las especies registradas en el acahual y pastizal pero ausentes en la plantación (ausencias) y las especies presentes en las plantaciones (presencias). La clasificación de los gremios y estratos de forrajeo se basó en Wilman *et al.* (2014), la dieta y el estrato para cada especie se asignó con base en el porcentaje más alto (50% o más). Los atributos de la dieta se agruparon en: carroña, frutas, frutas-semillas, invertebrados, invertebrados-frutas, invertebrados-semillas, néctar, semillas, vertebrados y omnívoros. A su vez, el estrato de forrajeo se clasificó en: aéreo, suelo, sotobosque, medio-alto, dosel y generalista.

La modelación de los árboles de clasificación se realizó en el Software R v 3.3.3 con el paquete rpart. La función Gini's impurity se utilizó como criterio de división, por lo que los nodos terminales tienen la máxima homogeneidad entre todos los rasgos posibles. La validación cruzada se utilizó para decidir el tamaño óptimo del árbol. Para trazar los árboles de clasificación se usó el paquete rpart.plot.

**VARIABLES DE VEGETACIÓN.** Con las pruebas paramétrica ANOVA de una vía y no paramétrica Kruskal-Wallis (Prueba de normalidad Shapiro-Wilk) se evaluaron las diferencias significativas en el porcentaje de cobertura del dosel, cobertura del sotobosque y altura arbórea entre los elementos del paisaje (acahual, palma africana adulta, palma africana joven y pastizal) y con las pruebas *a posteriori*

de Tukey HSD y Mann-Whitney se verificaron las diferencias significativas entre pares.

RELACIÓN AVES-VEGETACIÓN. Para identificar que variables de la vegetación se relacionaron con la riqueza de especies y abundancia de las aves, se realizó un análisis de regresión logística, utilizando Modelos Lineales Generalizados (GLM, módulo Biodiversity del Software R v 3.3.3).

Así mismo, se utilizó un análisis de RLQ (Dray et al. 2014), para determinar qué rasgos funcionales se relacionaron con las variables de vegetación, Este método usa tres matrices: una tabla **Q** que contiene los rasgos funcionales de cada una de las especies registradas, una tabla **L** con la abundancia de las especies por sitios de muestreo y la tabla **R** con las variables de vegetación estimadas por sitios. Una prueba de permutación (con 1,000 permutaciones) fue utilizada para probar qué rasgos estaban significativamente asociados con cada variable, generándose así una cuarta matriz de rasgos funcionales por variables de vegetación. En esta matriz, las celdas rojas indican una asociación positiva, celdas azules asociaciones negativas y celdas blancas no existe relación significativa.

# CAPÍTULO 1

**AVIFAUNA ASSOCIATED WITH AFRICAN PALM PLANTATIONS,  
SECONDARY VEGETATION AND SURROUNDING MATRIX OF THE SIERRA  
TABASQUEÑA**

**Moo Culebro Lizbeth Yamily<sup>1</sup>\* Knowlton Jessie<sup>2</sup> Flaspohler David<sup>3</sup> Arriaga  
Weiss Stefan Louis<sup>1</sup> Mata Zayas Ena Edith<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT, carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Department of Biology, Wheaton College. Norton, Massachusetts. EE. UU.

<sup>3</sup>School of Forest Resources and Environmental Science, Michigan Technological University. Houghton, Michigan, EE. UU.

\*Corresponding autor Email: yoalizabeth@hotmail.com

**Abstract.** The conversion of natural habitats to agriculture reduces species richness and diversity of birds. African palm plantations are rapidly expanding in the tropics, although the impacts on the composition and structure of the bird community is poorly understood. We compared the composition and structure of the bird community in African palm plantations, secondary vegetation and surrounding matrix of the Sierra Tabasqueña, evaluating the influence of vegetation characteristics on the abundance and richness of species. A total of 203 fixed radio points were distributed at 24 monitoring sites. These were sampled three times during the year

from June 2016 to March 2017. A total of 4332 individuals were recorded in 123 species, of which 100 were resident and 23 were migratory. There were significant differences in species richness and diversity indexes among landscape elements. Adult and young palm plantations were the most similar sites sharing 37 species. 14 food guilds were identified, the frugivorous birds are the species most affected by the conversion of secondary vegetation and grassland to African palm plantations. With regard to vegetation, secondary vegetation was the most heterogeneous and complex element of the landscape. Logistic regression analysis indicated that species richness was influenced by canopy cover and abundance by canopy cover, understory and tree height. In conclusion, African palm plantations reduce species richness and diversity of birds. However the presence of various forest species within the plantations and the fragments of forest or secondary vegetation adjacent are important for the maintenance of ecosystem services.

**Resumen. Avifauna asociada a plantaciones de palma africana, vegetación secundaria y matriz circundante de la Sierra Tabasqueña** La conversión de áreas boscosas a paisajes dominados por sistemas de producción agrícola reduce la riqueza de especies y diversidad de las aves. Las plantaciones de palma africana se están expandiendo de forma acelerada en los trópicos, sin embargo los impactos en la composición y estructura de la comunidad de aves es poco conocida. Nosotros comparamos la composición y estructura de la comunidad de aves asociadas en plantaciones de palma africana, fragmentos de acahual y matriz pecuaria de la Sierra Tabasqueña, evaluando la influencia de las características de la vegetación sobre la abundancia y riqueza de especies. Se ubicaron 203 puntos de radio fijos

distribuidos en 24 sitios de monitoreo, éstos fueron muestreados tres veces durante el año de Junio de 2016 a Marzo de 2017. Se registraron 4332 individuos distribuidos en 123 especies, de los cuales 100 fueron residentes y 23 migratorias. Se presentaron diferencias significativas en la riqueza de especies e índices de diversidad entre los elementos del paisaje. Las plantaciones de palma adulta y joven fueron los sitios más similares compartiendo 37 especies. Se identificaron 14 gremios alimentarios, las aves frugívoras son las especies más afectadas por la conversión de acahual y pastizales a plantaciones de palma africana. Con respecto a la vegetación, el acahual fue el elemento más heterogéneo y complejo del paisaje. El análisis de regresión logística indicó que la riqueza de especies estuvo influenciado por la cobertura del dosel y la abundancia por la cobertura del dosel, sotobosque y altura de los árboles. En conclusión, las plantaciones de palma africana reducen la riqueza de especies y diversidad de las aves. Sin embargo, la presencia de diversas especies forestales dentro de las plantaciones y los fragmentos de bosque o acahuals adyacentes, son importantes para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

**Key words:** *Elaeis guineensis*, birds, feeding guild, hábitat structure, true diversity, México, Tabasco

## INTRODUCCIÓN

La expansión de la actividad agrícola, por la alta demanda de alimento y biodiesel, continúa siendo uno de los mayores problemas de la deforestación y pérdida de la biodiversidad en los trópicos. En años recientes, el cultivo de palma africana (*Elaeis*

*guineensis*) se ha expandido a una tasa anual del 9% en todo el mundo, como resultado de la creciente demanda de aceites vegetales y biocombustibles (Fitzherbert et al. 2008, Velázquez-Martínez & Gómez-Vázquez 2010, Malhi et al. 2014). En México, la producción de palma africana se concentra en la región sureste, siendo el estado de Tabasco el tercer productor a nivel nacional. Actualmente la entidad cuenta con 119 mil ha sembradas con este cultivo y de acuerdo a datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), tiene un potencial productivo para 300 mil ha.

En términos de biodiversidad, las primeras investigaciones sobre los efectos de las plantaciones de palma africana sobre la diversidad local se han llevado a cabo en Asia y recientemente en América, reportándose pérdidas en la riqueza de especies, así como cambios en la composición y estructura de la comunidad de aves a consecuencia de la expansión de estas plantaciones (Aratrakorn et al. 2006, Azhar et al. 2013, 2015, Koh 2008, Savilaakso et al. 2014, Almeida et al. 2016, Knowlton et al. 2017). A su vez, países como Costa Rica, Guatemala, Colombia y Chile han estudiado la importancia de las plantaciones comerciales como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos ya degradados (Cabrera-Gaillard 2003, Pérez-Pérez 2004, Castaño-Villa et al. 2008, Pin y Tiong 2008, Dirzo et al. 2014, Gutiérrez 2015).

A nivel nacional, son escasos los estudios relacionados con el tema, trabajos como los efectuados por Velázquez-Martínez y Gómez-Vázquez (2010) se han enfocado en las características del cultivo, sus requerimientos, la superficie sembrada y su producción. De acuerdo a Sánchez (2000), las plantaciones de palma africana en Tabasco, pueden considerarse un ecosistema importante para la

conservación de varias especies de vertebrados silvestres, al servir como sitios de alimentación, anidación, refugio, descanso o vías de acceso hacia otros hábitats. Sin embargo, estas plantaciones se caracterizan por ser homogéneas con una estructura menos compleja, reduciendo la variedad de nichos y recursos disponibles para muchas especies de aves, limitando su capacidad para utilizar estos ambientes artificiales (Hofstede et al. 1998, Estades 1994, Ceccon y Martínez-Ramos 1999, Aratrakorn et al. 2006, Fitzherbert et al. 2008, Savilaakso et al. 2014, Almeida et al. 2016, Knowlton et al. 2017).

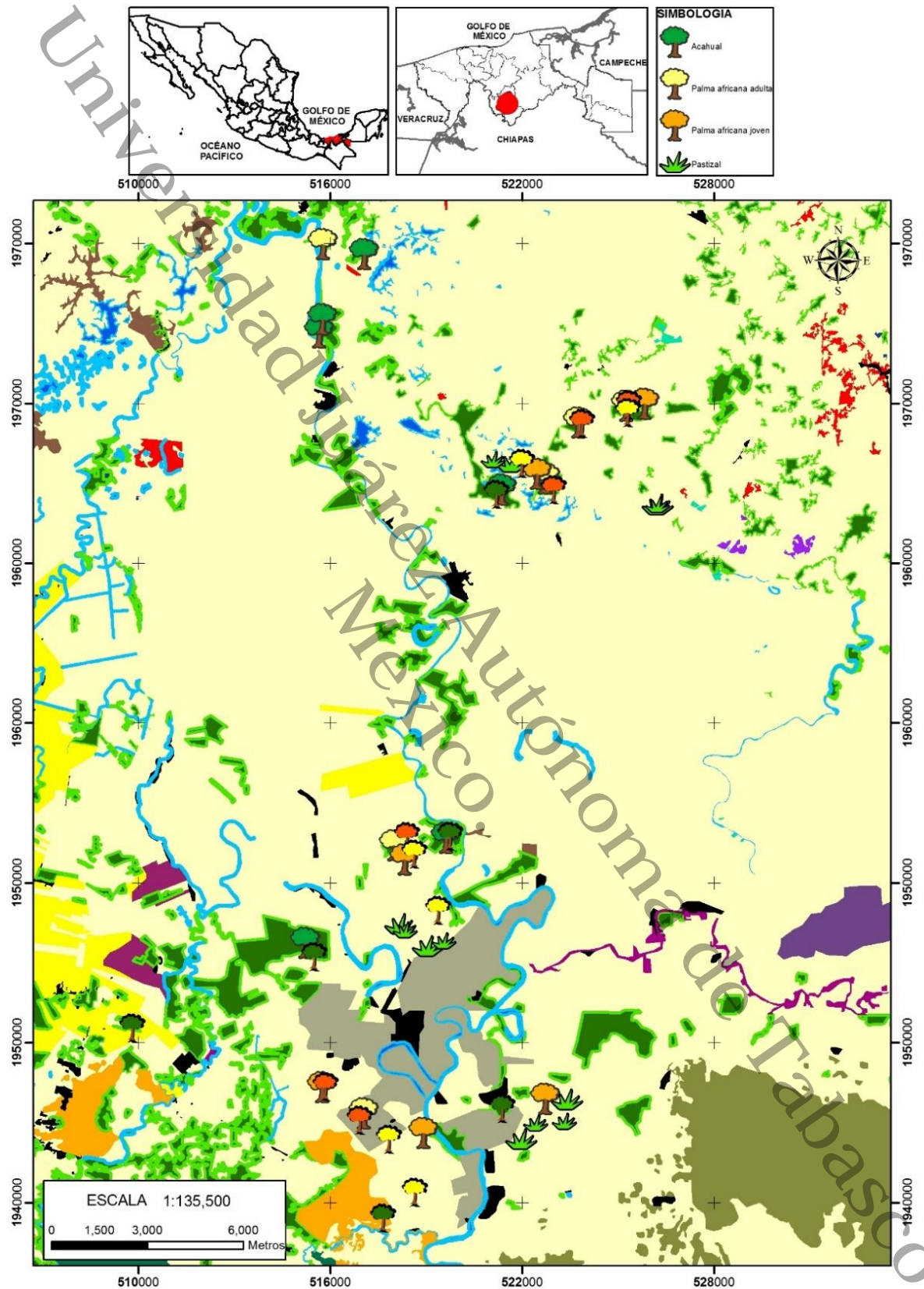
En este contexto y debido a la importancia económica de la actividad agrícola en el estado, se comparó la composición y estructura de la comunidad de aves asociadas a las plantaciones de palma africana, fragmentos de acahual y pastizales de la Sierra Tabasqueña, evaluando la influencia de las características de la vegetación sobre la abundancia y riqueza de especies.

## **MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El trabajo de campo se efectuó en la Sierra Tabasqueña, localizada hacia la región centro-sur del estado abarcando los municipios de Tacotalpa y Jalapa (Figura 1). En conjunto cubren una extensión de 1993,25 km<sup>2</sup> los cuales corresponden al 8,08% del total del territorio tabasqueño (SEDESPA 2005). El paisaje está conformado por fragmentos de selva alta y mediana subperennifolia, vegetación secundaria, cultivos anuales y temporales, plantaciones forestales y pastizales, siendo este último elemento la matriz dominante (Salazar-Conde et al. 2004, Sánchez & Munguía 2005).





**Figura 1.** Sitios de monitoreo localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa, Región de la Sierra Tabasqueña (2016-2017).

Con la ayuda de imágenes satelitales (2016) se identificaron y seleccionaron cuatro elementos del paisaje: fragmentos de acahual, plantaciones de palma africana jóvenes (4-6 años), plantaciones de palma africana adultas (18-20 años) y la matriz pecuaria. Por cada elemento se tuvieron seis réplicas, haciendo un total de 24 sitios de monitoreo (Figura 1), separados a una distancia mínima de 1 Km.

En el caso de las plantaciones, se observó que de acuerdo a la edad pueden ser estructuralmente más complejos (mayor cobertura del dosel, así como especies epífitas y arbustivas asociadas a éstas), lo que podría influir en la riqueza y composición de la comunidad de aves. Por este motivo, se seleccionaron plantaciones de diferentes edades.

#### **Muestreo de la comunidad de aves**

Se ubicaron 203 puntos de radio fijos distribuidos en los 24 sitios de monitoreo, éstos fueron muestreados tres veces durante el año cubriendo la época migratoria y no migratoria de las aves (Junio-Julio de 2016, Octubre-Diciembre de 2016, Febrero-Marzo de 2017). La distancia mínima entre los puntos fue de 200 m y se establecieron a 100 m del borde.

En cada punto se cuantificó la presencia de aves, visual y auditivamente, durante 8 min (Hutto et al. 1986, Ralph et al. 1996, Casagrande & Beisinger 1997). Los conteos se llevaron a cabo después del amanecer hasta las 10:00 h aproximadamente (EST), registrándose las aves que solo estaban haciendo uso del hábitat (forrajeando, perchando, anidando).

Se siguió la nomenclatura propuesta por Berlanga et al. (2015) y para la clasificación de los gremios alimentarios las propuestas por Arriaga-Weiss et al.

(2008) y Wilman et al. (2014). Así mismo, se identificaron las especies incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Descripción del hábitat**

Se cuantificaron tres variables de vegetación por cada elemento del paisaje:

**Altura arbórea:** Por cada elemento a muestrear se establecieron seis cuadros de 10 x 20 m (Oosting, 1956), donde se contabilizaron las especies arbóreas con DAP > 10 cm y midió su altura con ayuda de un clinómetro electrónico.

**Cobertura del dosel:** El porcentaje de cobertura se estimó con la ayuda de un densiómetro. Se tomaron cuatro lecturas (con orientación hacia el norte, sur, este y oeste) en cada punto de radio fijo y se promediaron.

**Cobertura del sotobosque:** Se estimó con el densiómetro y al igual que en el dosel se tomaron cuatro lecturas que posteriormente fueron promediados.

### **Análisis de datos**

Se estimó la riqueza de especies esperadas en los cuatro elementos del paisaje con la prueba Chao 2 (Magurran 2010, Software EstimateS v 9.1.0) y el porcentaje de completitud de inventario, para visualizar si los datos obtenidos en campo tuvieron una representación significativa de la comunidad de aves.

Con el Análisis de similitud (ANOSIM) se examinó las diferencias significativas en la composición de especies entre los elementos del paisaje y con el Porcentaje de similitud (SIMPER) se identificaron las especies que contribuyeron con estas diferencias. También se usó ANOSIM y SIMPER para examinar si los elementos del paisaje presentaron diferencias en cuanto a la abundancia de los gremios alimentarios y qué gremios contribuyeron a estas diferencias. Ambos análisis fueron realizados en el Software PAST versión 3.15.

Se calcularon los índices de diversidad de orden 1, dominancia de Simpson y equidad de Pielou (Magurran 2010) por cada sitio de muestreo (Software PAST v 3.15), así como el número de especies compartidas con el índice de similitud Chao-Jaccard (Chao et al. 2000, 2005, Software EstimateS v 9.1.0). Se usaron las pruebas paramétricas ANOVA de una vía y Tukey HSD cuando los datos se distribuyeron normalmente (Prueba Shapiro-Wilk) y las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y Mann-Whitney cuando los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad. Con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Software R v 3.3.3) se evaluaron las diferencias significativas en la abundancia, riqueza de especies, diversidad, dominancia, equidad y estacionalidad de las aves entre los elementos del paisaje (acahual, palma africana adulta, palma africana joven y pastizal) y con la prueba *a posteriori* de Mann-Whitney se verificó las diferencias significativas entre pares.

Con las pruebas ANOVA de una vía y Kruskal-Wallis (Software R v 3.3.3, Prueba de normalidad Shapiro-Wilk) se evaluaron las diferencias significativas en el porcentaje de cobertura del dosel, cobertura del sotobosque y altura arbórea entre los elementos del paisaje y con las pruebas *a posteriori* de Tukey HSD y Mann-Whitney se verificó las diferencias significativas entre pares. Para identificar que variables de la vegetación se relacionaron con la riqueza de especies y abundancia de las aves, se realizó un análisis de regresión logística, utilizando Modelos Lineales Generalizados (GLM, módulo Biodiversity del Software R v 3.3.3).

## RESULTADOS

Se registraron 4332 individuos distribuidos en 123 especies, 46 familias y 20 órdenes. Las familias más representativas fueron la Parulidae, Tyrannidae, Icteridae y Ardeidae. Del total de especies registradas, 15 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo 2).

El porcentaje de completitud de inventario fue > 70% en todos los elementos del paisaje a excepción de la plantación de palma africana adulta (53,17%). La riqueza de especies estimadas estuvo por arriba de las especies observadas, notándose una mayor diferencia en la plantación de palma africana adulta (Tabla 1). Por elemento muestreado, el pastizal presentó una mayor abundancia y riqueza de especies (media = 40,16, SD = 6,55, N = 6) seguido del acahual (media = 37,16, SD = 7,57, N = 6), plantación de palma africana joven (media = 27,33, SD = 8,31, N = 6) y plantación de palma africana adulta (media = 19,33, SD = 7,08, N = 6). Estas diferencias fueron significativas entre los tratamientos (Kruskal-Wallis,  $H = 14,02$  y  $14,33$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,05$ ).

**Tabla 1.** Número de especies e individuos observados en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). ni = Número de individuos en todos los sitios, SO = Especies observadas en todos los sitios, SE = Especies estimadas, PCI = Porcentaje de completitud de inventario.

Elemento	ni	SO	SE	PCI
Acahual	1039	79	102,53	77,05
Palma africana adulta	595	49	92,15	53,17
Palma africana joven	762	66	78,88	83,67
Pastizal	1936	83	91,84	90,37
<b>Total</b>	<b>4332</b>	<b>123</b>	<b>154,06</b>	<b>79,84</b>

De acuerdo al Análisis de Similitud (ANOSIM) con Bray Curtis, existen diferencias significativas en la composición de la comunidad de aves entre los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña ( $R = 0,73$ ,  $P = 0,0001$ ). La comparación entre pares, con Sequential Bonferroni corregido, reveló diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0,005$ ). El Análisis de Porcentaje de Similitud (SIMPER) indicó que el zanate (*Quiscalus mexicanus*), chara pea (*Psilorhinus morio*) y oropéndola de Moctezuma (*Psarocolius montezuma*) contribuyeron con las diferencias entre el acahual y las plantaciones de palma; mientras que la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), zanate (*Q. mexicanus*) y pradero tortilla con chile (*Sturnella magna*) contribuyeron con una mayor diferencia entre el pastizal, acahual y las plantaciones de palma africana.

El acahual presentó una mayor diversidad, seguido del pastizal, palma africana joven y palma africana adulta (Tabla 2), esto debido a las características estructurales de la vegetación, que al ser más compleja ofreció una mayor variedad de nichos disponibles, albergando así una mayor diversidad de aves. De acuerdo a la dominancia y equidad, la plantación adulta presentó los valores más altos y bajos respectivamente, lo que indica que existen especies que están contribuyendo con la mayor dominancia en esta plantación, como el zanate (*Q. mexicanus*) y chara pea (*P. morio*). Los índices de diversidad y dominancia revelan diferencias significativas entre los fragmentos de acahual y plantaciones de palma africana adulta (Kruskal-Wallis,  $H = 14,74$  y  $15,47$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,05$ ). Caso contrario con la equidad, donde no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Kruskal-Wallis,  $H = 6,43$ ,  $df = 23$ ,  $P = 0,09$ ).

**Tabla 2.** Índices ecológicos estimados para la comunidad de aves en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña.

Índices	Acahual	Palma africana adulta	Palma africana joven	Pastizal
Diversidad verdadera	33,69	16,12	23,03	28,84
Dominancia	0,05	0,1	0,07	0,06
Equidad	0,42	0,32	0,34	0,34

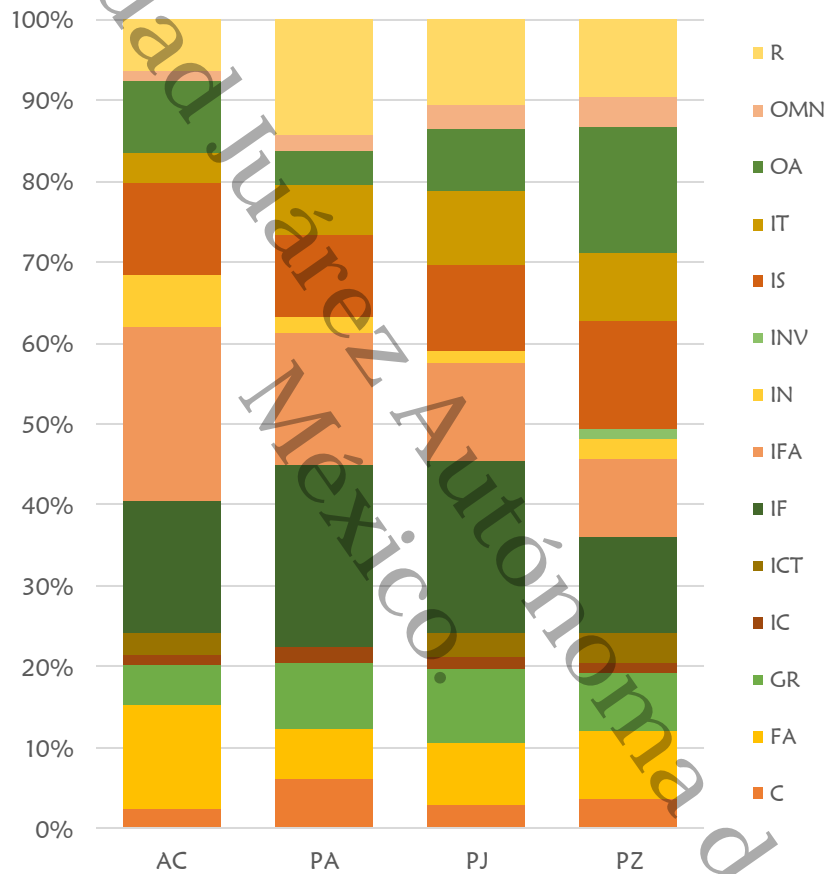
El Índice de Similitud de Chao-Jaccard presentó valores de 0,47 a 0,94 (Tabla 3). El pastizal con el acahual y palma africana adulta fueron los menos similares, mientras que las plantaciones de palma africana adulta y joven fueron los sitios más similares compartiendo 37 especies. Los valores de similitud de Chao-Jaccard no fueron diferentes entre los elementos del paisaje (ANOVA,  $F = 0,69$ ,  $P = 0,45$ ).

**Tabla 3.** Similitud de la comunidad de aves en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. ACH = Acahual, PA = Plantación de palma africana adulta, PJ = Plantación de palma africana joven, PZ = Pastizal.

Muestra		Especies observadas			Índice de similitud	
# 1	# 2	# 1	# 2	Especies compartidas	C-J	
AC	PA	79	49	39	0.71	
AC	PJ	79	66	45	0.71	
AC	PZ	79	83	50	0.47	
PA	PJ	49	66	37	0.94	
PA	PZ	49	83	35	0.49	
PJ	PZ	66	83	45	0.80	

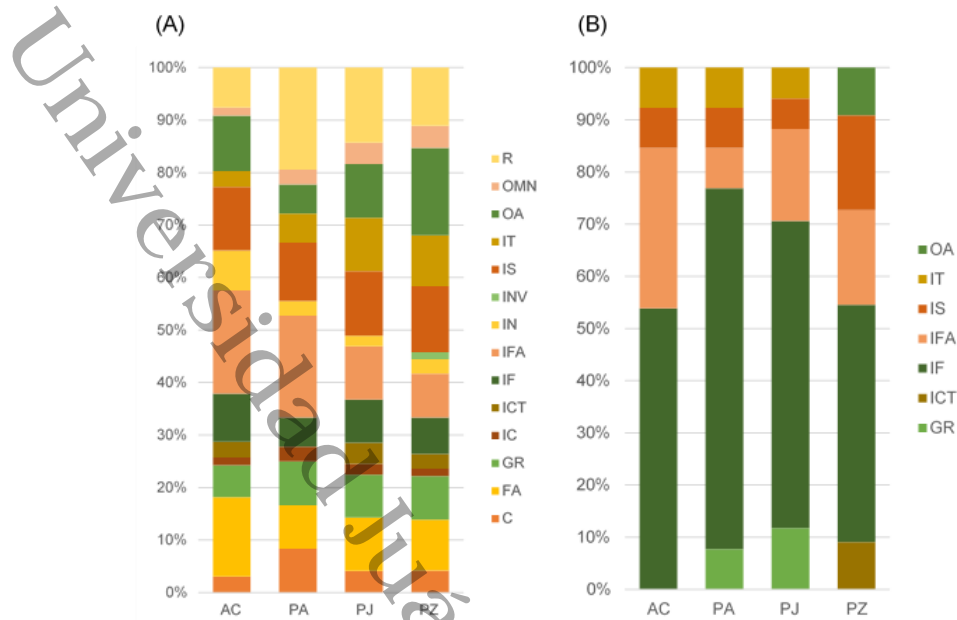
Se identificaron 14 gremios alimentarios, siendo el gremio insectívoro foliar el mejor representado en los cuatro elementos del paisaje. El pastizal fue el sitio donde se presentaron todos los gremios reportados, la plantación de palma africana

adulto fue el sitio con menos gremios (12, Figura 2). De acuerdo a la estacionalidad, se observaron diferencias en la distribución de especies residentes y migratorias dentro de los gremios alimentarios (Figura 3). Las aves migratorias en su mayoría se agruparon en el gremio insectívoro foliar, mientras que las especies residentes se distribuyeron en todos los gremios.



**Figura 2.** Distribución de las aves por gremio alimentario en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. AC = Acahual, PA = Palma africana adulta, PJ = Palma africana joven, PZ = Pastizal. R = Rapaz, OMN = Omnívora, OA = Organismos acuáticos, IT = Insectívoro terrestre, IS = Insectívoro saltarín, INV = Invertebrados, IN = Insectívoro/Nectarívoro, IFA = Insectívoro/Frugívoro arbóreo, IF = Insectívoro foliar, ICT = Ictiófago, IC= Insectívoro de corteza, GR = Gregario, FA = Frugívoro arbóreo, C = Carroñero.





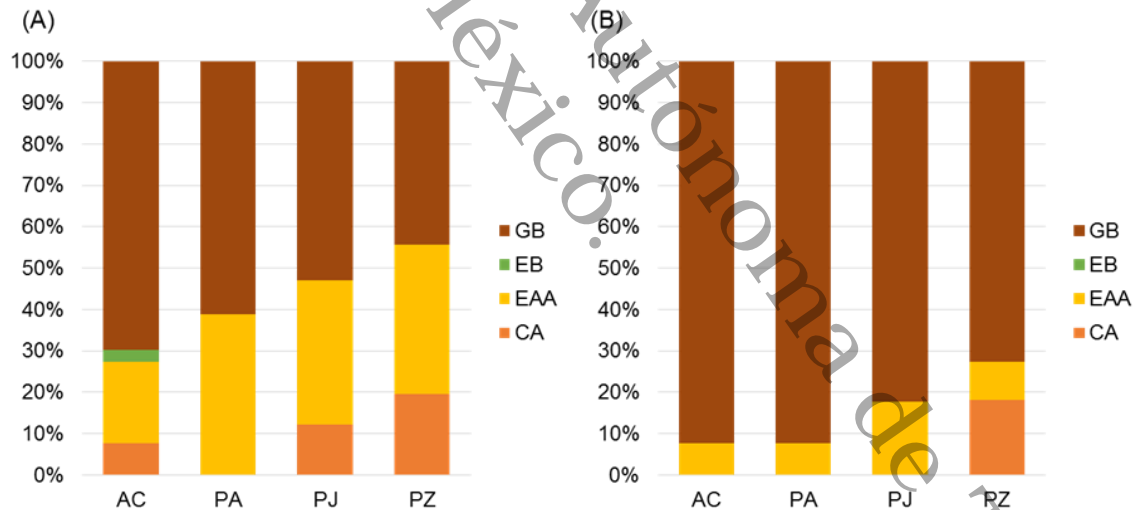
**Figura 3.** Aves residentes (A) y migratorias (B) por gremio alimentario en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. AC = Acahual, PA = Palma africana adulta, PJ = Palma africana joven, PZ = Pastizal. R = Rapaz, OMN = Omnívoro, OA = Organismos acuáticos, IT = Insectívoro terrestre, IS = Insectívoro saltarín, INV = Invertebrados, IN = Insectívoro, IFA = Insectívoro/Frugívoro arbóreo, IF = Insectívoro foliar, ICT = Ictiófago, IC = Insectívoro de corteza, GR = Gregario, FA = Frugívoro arbóreo, C = Carroñero.

ANOSIM con Bray Curtis, demostró que existen diferencias significativas en los datos de abundancia para los gremios alimentarios, entre los cuatro elementos del paisaje ( $R = 0,697$ ,  $P = 0,0001$ ). El acahual fue diferente de la palma africana adulta, palma africana joven y pastizal, así como el pastizal de las plantaciones de palma (Sequential Bonferroni corregido,  $P < 0,005$ ). SIMPER reveló que los gremios insectívoro/frugívoro arbóreos y frugívoros arbóreos contribuyeron con la mayor diferencia entre los fragmentos de acahual y plantaciones; mientras que el gremio insectívoro terrestre fue más abundante en el pastizal con respecto a los tres elementos del paisaje restantes (acahual, plantación adulta y joven).

Las aves migratorias representaron el 18.6% de las especies registradas. El mayor número de especies migratorias se presentaron en la palma africana joven y

palma africana adulta, siendo el maullador gris (*Dumetella carolinensis*) y pavito migratorio (*Setophaga ruticilla*) las especies más dominantes en ambos sitios. Se presentaron diferencias significativas entre la riqueza de especies residentes y migratorias para los cuatro elementos del paisaje (Kruskal-Wallis,  $H = 31.67$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ).

De las 123 especies registradas, el 56.9% son generalistas de bosques. Éstas fueron las más dominantes en todos los elementos del paisaje, el 53% de las aves residentes y el 73% de las aves migratorias son de este tipo (Figura 4). Solo se reportaron dos especies especialistas de bosque, el trogon cola oscura (*Trogon massena*) y cabezón degollado (*Pachyramphus aglaiae*), ambos observados en el acahual.



**Figura 4.** Aves residentes (A) y migratorias (B) por preferencia de hábitat en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. ACH=Acahual, PA=Palma africana adulta, PJ=Palma africana joven, PZ=Pastizal. GB= Generalista de bosque, EB=Especialista de bosque, EAA=Especialista de áreas abiertas, CA=Cuerpos de agua.

Con respecto a la vegetación, el acahual fue el elemento más heterogéneo y complejo del paisaje (Tabla 4). Se presentaron diferencias significativas en la

cobertura del dosel (ANOVA,  $F = 31,54$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ), sotobosque (ANOVA,  $F = 108,9$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ) y altura de los árboles (Kruskal-Wallis,  $H = 81,60$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ). El análisis de regresión logística indicó que la variable riqueza de especies se ve influenciada por la cobertura del dosel, mientras que el número de individuos se ve influenciado por las tres variables de vegetación, cobertura del dosel, sotobosque y altura de los árboles (Tabla 5).

**Tabla 4.** Caracterización de la vegetación en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña. AC=Acahual, PA=Palma africana adulta, PJ=Palma africana joven, PZ=Pastizal.

Elemento	Dosel	Sotobosque	Altura	# árboles	Especies	Especie dominante
AC	83.04	93.67	11.37	78	21	Guácimo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )
PA	80.5	71.29	12.94	36	1	Palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> )
PJ	30.9	60.08	5.84	36	1	Palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> )
PZ	6.79	7.94	6.19	28	11	Teca ( <i>Tectona grandis</i> )

**Tabla 5.** Regresión logística (Modelo Lineal Generalizado) entre las variables de la vegetación y composición de la comunidad de aves en la Región de la Sierra del estado de Tabasco, México.

Aves	Vegetación	Estimado	Error estándar	z	Pr(> z )
	Dosel	-0.00812	0.002426	-3.346	0.000819
Especies	Sotobosque	0.003456	0.002211	1.563	0.118048
	Altura	0.012737	0.013462	0.946	0.344078
	Dosel	-0.0111844	0.0010028	-11.153	< 2 e-16
Individuos	Sotobosque	-0.0033235	0.0009229	-3.601	0.000317
	Altura	0.0490822	0.0050338	9.751	< 2 e-16

## DISCUSIÓN

Se registraron 123 especies de aves por los cuatro elementos del paisaje, esto corresponde al 25% de las 490 especies documentadas para Tabasco (Chablé-

Santos et al. 2005). En promedio el número de especies varió de 19,33 a 40,16 y el número de individuos de 99,16 a 322,66; siendo el pastizal el elemento con mayor riqueza específica y abundancia. Esto es interesante, ya que los pastizales por sí solos son considerados ambientes pobres en biodiversidad, sin embargo el mantenimiento de una matriz permeable y de alta calidad (i.e. con la mayor densidad de árboles posible, cercos vivos) resulta ser mucho más atractivo para las aves, debido a su heterogeneidad (diferentes especies arbóreas, sitios de anidación y forrajeo, Cárdenas et al. 2003, Vilchez et al. 2004, Enríquez-Lenis et al. 2006, Pérez et al. 2006, Sáenz et al. 2006, Arriaga-Weiss et al. 2008, Koller-González 2012). Esto en comparación con los monocultivos, como la palma africana, que si bien tienen una mayor densidad y cobertura arbórea ofrecen una menor variabilidad de nichos disponibles debido a su estructura homogénea.

Los acahuales presentaron una composición de aves diferentes a los registrados en los pastizales y plantaciones de palma africana. A pesar que la riqueza de especies en los acahuales fue menor, las especies registradas son aves especialistas de bosques sensibles a los cambios en el medio ambiente. En tanto, en los pastizales y plantaciones la composición de aves es más simple, las especies registradas son consideradas generalistas y especialistas de áreas abiertas, capaces de tolerar y adaptarse a los cambios en su entorno.

Los valores de diversidad verdadera fueron mayores en los fragmentos de acahual, presentándose diferencias significativas entre los elementos del paisaje. Esto se atribuye a la heterogeneidad y complejidad estructural de la vegetación, lo que se traduce en una mayor variabilidad de nichos y especies asociadas a éstas (Tews et al. 2004, Bojorges-Baños & López-Mata 2006, Chan-Rodríguez 2012,

Ghadiri et al. 2012, Pierre & Kovalenko 2014). Independientemente de la edad, las plantaciones de palma africana, fueron los sitios con menor riqueza y diversidad. Esto podría explicarse por la estructura homogénea de las plantaciones (edad uniforme de la palma, dosel bajo, arbusto escaso, microclima inestable), lo que conlleva a una menor variabilidad de nichos y ensamble de aves más comunes (Fitzherbert et al. 2008, Edwards et al. 2013, Malhi et al. 2014, Dislich et al. 2016). Especies como el zanate (*Q. mexicanus*) y chara pea (*P. morio*) fueron las aves más dominantes durante los monitoreos, marcando diferencias significativas entre los elementos del paisaje. Ambas especies tuvieron una mayor incidencia en las plantaciones de palma africana, debido a sus capacidades para variar sus estrategias de alimentación y adaptarse a ambientes antrópicos.

Se presentaron diferencias significativas en la abundancia y riqueza entre los gremios alimentarios. Las aves frugívoras arbóreas e insectívoras/frugívoras arbóreas fueron las más abundantes en los fragmentos de acahual. Aves insectívoras terrestres e insectívoras/frugívoras arbóreas fueron más abundantes en los pastizales, mientras que las aves insectívoras foliar fueron favorecidas por las plantaciones de palma. Nuestros resultados coinciden con trabajos similares realizados en el estado, donde las aves insectívoras son las especies más dominantes en los agroecosistemas debido a la presencia de insectos encargados de la polinización en las plantaciones (Sánchez & Ortiz 1998, Arriaga et al. 2008, Van Der Wal et al. 2012).

Las aves frugívoras y nectarívoras (i.e. Cracidae, Psittacidae, Ramphastidae, Trogonidae y Trochilidae) están estrechamente relacionadas con los fragmentos de acahual y son consideradas sensibles a los cambios en el medio ambiente (Arriaga

et al. 2008, Azman et al. 2011, Van Der Wal et al. 2012, Azhar et al. 2013). Especies frugívoras y nectarívoras también se presentaron en los pastizales, debido a los árboles dispersos y cercos vivos que permiten el suministro de este tipo de dietas. Sin embargo en monocultivos como la palma africana, la presencia de una especie arbórea dominante no permitió el registro de aves frugívoras y nectarívoras. Procesos ecosistémicos importantes como la descomposición, polinización y dispersión de semillas, probablemente disminuirán como resultado de la conversión de los acahuals y pastizales a monocultivos (Şekercioğlu et al. 2004).

Con base a los datos, solo el 1,6% de las especies y 0,23% de los individuos fueron especialistas de bosque: el cabezón degollado (*P. aglaiae*) y el trogón cola oscura (*T. massena*), ambos observados en los fragmentos de acahual. Las especies generalistas de bosque y especialistas de áreas abiertas se presentaron en todos los elementos del paisaje, siendo las aves generalistas de bosque las más dominantes. El presente estudio confirma el cambio de aves especialistas de bosque, presentes en los acahuals, a especies generalistas en sistemas agroforestales, de acuerdo a lo documentado por otros autores (Cárdenas et al. 2003, Fitzherbert et al. 2008, Van Der Wal et al. 2012).

Las aves migratorias representaron el 18.6% de las especies registradas. El mayor número de especies se presentaron en las plantaciones de palma africana joven y adulta. Esto puede atribuirse a la variedad de insectos presentes en estas plantaciones, donde dichas especies registradas basaron su dieta en insectos. Trabajos realizados en Latinoamérica han reconocido el importante papel que juega los agroecosistemas en la conservación de la biodiversidad, considerándolos

elementos importantes para el mantenimiento de las poblaciones de aves migratorias (Díaz-Bohórquez et al 2014).

Los fragmentos de acahual fueron los sitios más heterogéneos y complejos estructuralmente, con una mayor riqueza arbórea, mayor porcentaje de cobertura del dosel y sotobosque. La riqueza se relacionó positivamente con la cobertura del dosel, mientras que el número de individuos se relacionó positivamente con las tres variables de vegetación, cobertura del dosel, sotobosque y altura de los árboles. Los resultados sugieren que una mayor cobertura y altura arbórea en zonas agrícolas permitiría un derrame de especies que de otro modo estarían restringidas a los bosques (Prescott et al. 2016). Sin embargo, en el caso de las plantaciones de palma, altos porcentajes en su cobertura arbórea no garantiza una mayor composición en el ensamble de aves (i.e. ausencia de especies frugívoras, nectarívoras y especialistas de bosque). Esto puede explicarse a la homogeneidad del cultivo y matriz circundante, en este caso grandes extensiones de pastizales dedicados a la ganadería y otros monocultivos como la teca (*Tectona grandis*) y plátano (*Musa paradisiaca*).

En conclusión, las plantaciones de palma africana causan pérdidas en la riqueza, abundancia y diversidad de aves, así como cambios en los gremios alimentarios y especies especialistas de bosque. A pesar de que en la Sierra Tabasqueña, las plantaciones de palma se han establecido en zonas ganaderas, como se ha propuesto en otros países (Cabrera-Gaillard 2003, Pérez-Pérez 2004, Castaño-Villa et al. 2008, Pin y Tiong 2008, Dirzo et al. 2014, Gutiérrez 2015), no son capaces de albergar una mayor riqueza y diversidad de especies. Probablemente la presencia de especies arbóreas nativas dentro de la plantación

como su cercanía a los bosques y retención de fragmentos de acahual a los límites del cultivo (Ibarra et al. 2001, Peh et al. 2006, Koh 2008, Nájera & Simonetti 2010, Koller-González 2012, Azhar et al 2013, Almeida et al. 2016, Prescott et al. 2016), mejoraría la diversidad taxonómica de las aves. Como en el caso de dos de las 12 plantaciones de palma monitoreadas, donde un corredor de árboles de cedro (*Cedrela odorata*) permitió la percha de pericos pecho sucio (*Eupsittula nana*) y loros frente blanca (*Amazona albifrons*) dentro del cultivo; mientras que la cercanía de fragmentos de acahual y la Sierra Madrigal, originó la presencia de oropéndola de Moctezuma (*Psarocolius montezuma*) alimentándose del fruto de la palma.

Futuras investigaciones deberían considerar a las especies migratorias, ya que de las 78 especies reportadas en las plantaciones (adultas y jóvenes), el 24,4% son migratorias y se observaron haciendo uso del hábitat durante el invierno. Las aves migratorias son comunes en muchos hábitats agrícolas (Díaz-Bohórquez et al 2014), por su amplia distribución, alta movilidad y capacidad para rastrear recursos de disponibilidad variable. A pesar de ello, no existe mucha información publicada sobre las aves migratorias en monocultivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado gracias a la Universidad Tecnológica de Michigan, a través del proyecto "Sustainability, ecosystem services and the development of bioenergy across the Americas", financiado por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF). Gracias al Programa de Posgrado de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT por todas las atenciones prestadas y conocimientos compartidos, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)



por la beca otorgada (CVU/Becario: 744608/595582). A los propietarios de los predios localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa por el acceso, así como a mis compañeros Juan Ramón Hernández Ugalde, Tobit de la Cruz Coronel y Belén Rodríguez Guadarrama por su apoyo durante las salidas al campo y elaboración del mapa de estudio.

## REFERENCIAS

- Almeida, SM, LC Silva, MR Cardoso, PV Cerqueira, L Juen & MPD Santos (2016) The effects of oil palm plantations on the functional diversity of Amazonian birds. *Journal of Tropical Ecology* Available on CJO doi: 10.1017/S0266467416000377.
- Aratrakorn, S, S Thunhikorn & PF Donald (2006). Changes in bird communities following conversion of lowland forest to oil palm and rubber plantations in southern Thailand. *Bird Conservation International* 16: 71–82.
- Arriaga-Weiss, SL, S Calmé & C Kampichler (2008) Bird communities in rainforest fragments: guild responses to habitat variables in Tabasco, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17: 173–190.
- Azhar B, DB Lindenmayer, J Wood, J Fischer, A Manning, C McElhinny & M Zakaria (2013) The influence of agricultural system, stand structural complexity and landscape context on foraging birds in oil palm landscapes. *Ibis* 155: 297–312.
- Azhar, B, CL Puan, N Aziz, M Sainuddin, N Adila, S Samsuddin, S Asmah, M Syafiq, SA Razak, A Hafizuddin, A Hawa & S Jamian (2015) Effects of in situ habitat quality and landscape characteristics in the oil palm agricultural matrix on tropical understory birds, fruit bats and butterflies. *Biodiversity Conservation* 24: 3125–3144.

Azman, NM, AL Nurul Salmi, MS Shahrul Anuar, MA Muin Md Akil, NJ Shafie & NL Khairuddin (2011) Avian Diversity and Feeding Guilds in a Secondary Forest, an Oil Palm Plantation and a Paddy Field in Riparian Areas of the Kerian River Basin, Perak, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research* 22(2): 45–64.

Berlanga-García, H, H Gómez De Silva, VM Vargas-Canales, V Rodríguez-Contreras, LA Sánchez-González, R Ortega-Álvarez & R Calderón-Parra (2015) Aves de México, Lista actualizada de especies y nombres comunes. Primera Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 117 p.

Bojorges-Baños, JC & L López-Mata (2006) Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 235–249.

Cabrera-Gaillard, C (2003) Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. Serie de documentos técnicos No. 6. 20 p.

Cárdenas, G, CA Harvey, M Ibrahim & B Finegan (2003) Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40): 78–85.

Casagrande, GD & SR Beisinger (1997) Evaluation of four methods for estimating parrot population size. *The Condor* 99: 445–457.

Castaño-Villa, GJ, JA Morales-Betancourt & ML Bedoya-Álvarez (2008) Aportes de una plantación forestal mixta a la conservación de la avifauna en el Cañón del Río

Cauca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61(1): 4358–4365.

Ceccon, E & M Martínez-Ramos (1999) Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: Aplicación al caso de México. *Interciencia* 24(6): 352–359.

Chablé-Santos, JB, P Escalante-Pliego & G López-Santiago (2005) Aves. Pp 261-282. In Bueno, J, F Álvarez & S. Santiago (eds.) Biodiversidad del Estado de Tabasco. Instituto de Ecología, UNAM-CONABIO. México.

Chan-Rodríguez, M (2012) Estudio comparativo de la avifauna presente en acahuales de diferentes edades en Nacajuca, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Villahermosa, Centro, Tabasco.

Chao, A, WH Hwang, YC Chen & CY Kuo (2000) Estimating the number of shared species in two communities. *Statistica Sinica* 10:227–246.

Chao, A, RL Chazdon, RK Colwell & TJ Shen (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters* 8:148–159.

Díaz-Bohórquez, AM, NJ Bayly, JE Botero & C Gómez (2014) Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana* 14: 3–27.

Dirzo, R, EN Broadbent, AM Almeyda-Zambrano, A Picado, R Acuña, M Moraga & D García (2014) Biodiversidad en las plantaciones de palma aceitera de la Región Osa-Golfito. Stanford Woods Intitute for the Environment, Stanford University. San José, Costa Rica.

Dislich, C, AC Keyel, J Salecker, Y Kisel, KM Meyer, M Auliya, AD Barnes, MD Corre, K Darras, H Faust, B Hess, S Klasen, A Knohl, H Kreft, A Meijide, F Nurdiansyah, F Otten, G Pe'er, S Steinebach, S Tarigan, MH Tölle, T Tschardtke & K Wiegand (2016) A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. *Biological Reviews* doi: 10.1111/brv.12295.

Edwards, FA, DP Edwards, KC Hamer & RG Davies (2013) Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *Ibis* 155:313–326.

Enríquez-Lenis, ML, JC Sáenz & M Ibrahim (2006) Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (45): 49–58.

Estades, CF (1994) Impacto de la sustitución del bosque natural por plantaciones de *Pinus radiata* sobre una comunidad de aves en la Octava Región de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 1: 8–14.

Fitzherbert, EB, MJ Strebig, A Morel, F Danielsen, CA Brühl, PF Donald & B Phalan (2008) How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* 23: 538–545.

Ghadiri Khanaposhtani, M, M Kaboli, M Karami & V Etemad (2012) Effect of Habitat Complexity on Richness, Abundance and Distributional Pattern of Forest Birds. *Environmental Management* 50: 296–303.

Gutiérrez, D (2015) Aves y mamíferos en plantaciones de palma africana y el efecto del paisaje circundante sobre su diversidad, Costa Rica. Congreso Colombiano de Zoología.

Hofstede, R, J Lips, W Jongsma & J Sevink (1998) Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura. Editorial AbyYala, Ecuador. 242 p.

Hutto, RL, SM Pletschet & P Hendricks (1986) A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk* 103: 593–602.

Ibarra, A, Arriaga-Weiss SL & A Estrada (2001) Avifauna Asociada a dos Cacaotales Tradicionales en la Región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34): 101–112.

Knowlton, JL, CC Phifer, PV Cergueira, F De Carvalho Barro, LS Oliveira, CM Fiser, NM Becker, MR Cardoso, DJ Flaspohler & MPD Santos (2017) Oil Palm Plantations Affect Movement Behavior of a Key Member of Mixed-Species Flocks of Forest Birds in Amazonia, Brazil. *Tropical Conservation Science* 10: 1–10, DOI: 10.1177/1940082917692800.

Koh, LP (2008) Can oil palm plantations be made more hospitable for forest butterflies and birds?. *Journal of Applied Ecology* 45: 1002–1009.

Koller-González, JM (2012) Avifauna asociada a potreros en la Unidad de Manejo Forestal de la Sierra de Teapa, Tacotalpa y Macuspana, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Villahermosa, Centro, Tabasco.

Magurran, AE (2010) Measuring Biological Diversity. Malden, US. Blackwell Science. 253 p.

Malhi, Y, TA Gardner, GR Goldsmith, MR Silman & P Zelazowski (2014) Tropical forests in the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources* 39: 125–159.

Nájera A & JA Simonetti (2010) Can oil palm plantations become bird friendly?. *Agroforestry Systems* 80:203–209.

Oosting, HJ (1956) The study of plant communities. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Peh, KS, NS Sodhi, J De Jong, CH Sekercioglu, CA Yap & SL Lim (2006) Conservation value of degraded habitats for forest birds in southern Peninsular Malaysia. *Diversity and Distributions* 12: 572–581.

Pérez-Pérez, MF (2004) Efecto de la estructura de las plantaciones de *Pinus radiata* sobre su calidad como hábitat para aves en Constitución. Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Pérez, AM, M Sotelo, F Ramírez, I Ramírez, A López & I Siria (2006) Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matigúas y Río Blanco (Matagalpa, Nicaragua). *Ecosistemas* 15 (3): 125–141.

Pierre, JI & KE Kovalenko (2014) Effect of habitat complexity attributes on species richness. *Ecosphere* 5(2): 1–10.

Pin, KL & GL Tiong (2008) Un Estudio sobre la biodiversidad de la agricultura de la palma de aceite en plantaciones de KLK en Sabah, Malasia: un informe preliminar. *Palmas* 29(1): 47–56.

Prescott, GW, JJ Gilroy, T Hugaasen, CAM Uribe, WA Foster & DP Edwards (2016) Reducing the impacts of Neotropical oil palm development on functional diversity. *Biological Conservation* 197: 139–145.

Ralph, CJ, GR Geupel, TF Marti, DF Desante & B Mila (1996) Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW.CTR-149,

Albany, CA: Pacific southwest Research station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. 187 p.

Sáenz, JC, F Villatoro, M Ibrahim, D Fajardo & M Pérez (2006) Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* (45): 37–48.

Salazar-Conde, EC, J Zavala-Cruz, O Castillo-Acosta & R Cámara-Artigas (2004) Evaluación espacial y temporal de la Sierra Madrigal, Tabasco, México (1973-2003). Pp 7-23 in *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM.*

Sánchez, S & CF Ortiz (1998) Oil palm pests and pollinators in Tabasco, Mexico. *ASD Oil Palm Papers* 18: 25–28.

Sánchez, S (2000) Vertebrados silvestres registrados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México. *ASD Oil Palm Papers* 20: 17–18.

Sánchez, AJ & EB Munguía (2005) Vegetación Terrestre. Pp 1-16. In Bueno J. Álvarez et al. (eds). *Biodiversidad del Estado de Tabasco. UNAM-CONABIO, México.* 370 p.

Savilaakso, S, C García, J García-Ulloa, J Ghazoul, M Groom, MR Guariguata, Y Laumonier, R Nasi, G Petrokofsky, J Snaddon & M Zrust (2014). Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environmental Evidence* 3:4.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa#335> [Acceso 16 de Septiembre del 2017].

SEDESPA. 2005. Áreas Naturales Protegidas de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Tabasco, México. 28p.

- Şekercioğlu, CH, GC Daily & PR Ehrlich (2004) Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101 (52): 18042–18047.
- Tews, J, U Brose, V Grimm, K Tielbörger, M Wichmann, M Schwager & F Jeltsch (2004) Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79–92.
- Van Der Wal, H, B Peña-Álvarez, SL Arriaga-Weiss & S Hernández-Daumás (2012) Species, functional groups, and habitat preferences of birds in five agroforestry in Tabasco, Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 124(3): 558–571.
- Velázquez-Martínez, JR & A. Gómez-Vázquez (2010) Palma africana en Tabasco: Resultados de investigación. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 225 p.
- Vílchez, S, CA Harvey, D Sánchez Merlos, A Medina & B Hernández (2004) Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro* (68): 60–75.
- Wilman, H, J Belmaker, J Simpson, C de la Rosa, MM Rivadeneira & W Jetz (2014) EltonTraits 1.0: Species level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology* 95:2027.



**Anexo 1.** Lista de especies registradas en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). AC=Acahual, PA=Palma africana adulta, PJ=Palma africana joven, PZ=Pastizal.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia				
		AC	PA	PJ	PZ	Total
<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	0	0	0	2	2
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	0	0	1	14	15
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	4	0	0	0	4
<i>Amazilia candida</i>	Colibrí cándido	2	0	0	1	3
<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí vientre canelo	18	15	5	1	39
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	31	2	0	37	70
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro cachetes amarillos	6	0	0	33	39
<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique pico claro	1	0	0	0	1
<i>Anhinga anhinga</i>	Anhinga americana	0	0	0	2	2
<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí garganta negra	1	0	0	0	1
<i>Aramides cajaneus</i>	Rascón cuello gris	7	0	1	1	9
<i>Aramus guarauna</i>	Correa	2	1	0	3	6
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	1	0	3	41	45
<i>Arremonops chloronotus</i>	Rascón dorso verde	1	1	0	0	2
<i>Botaurus pinnatus</i>	Avetoro neotropical	0	0	1	2	3
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	0	0	3	330	333
<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván americano	0	0	1	56	57
<i>Busarellus nigricollis</i>	Aguililla canela	0	0	0	1	1
<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla gris	0	1	0	0	1
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	2	3	1	0	6
<i>Butorides virescens</i>	Garcita verde	2	0	2	8	12
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca tropical	16	0	0	4	20
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	0	7	11	29	47
<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	0	1	2	0	3
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	0	1	0	4	5
<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote sabanero	4	1	4	1	10
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildío	0	0	0	2	2
<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín pescador amazónico	1	0	0	0	1
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café	2	0	0	0	2
<i>Coccyzus americanus</i>	Cuclillo pico amarillo	0	0	1	0	1
<i>Columbina inca</i>	Tottolita cola larga	0	0	0	1	1
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita canela	2	1	9	3	15
<i>Contopus virens</i>	Papamoscas del Este	1	1	0	1	3
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	5	2	11	69	87
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	2	2	7	24	35
<i>Cyanocompsa parellina</i>	Colorín azulnegro	1	0	0	0	1
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	22	2	0	0	24
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije alas blancas	2	0	0	76	78
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	49	13	13	25	100

Nombre científico	Nombre común	Abundancia				
		AC	PA	PJ	PZ	Total
<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	7	1	0	18	26
<i>Dumetella carolinensis</i>	Mauillador gris	51	54	70	6	181
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	1	0	0	14	15
<i>Egretta thula</i>	Garza dedos dorados	0	0	0	8	8
<i>Egretta tricolor</i>	Garza tricolor	0	0	0	1	1
<i>Elanus leucurus</i>	Milano cola blanca	0	0	3	0	3
<i>Empidonax flaviventris</i>	Papamoscas vientre amarillo	0	0	1	0	1
<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	0	0	0	12	12
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	4	0	0	8	12
<i>Euphonia hirundinacea</i>	Eufonia garganta amarilla	6	0	1	0	7
<i>Eupsittula nana</i>	Perico pecho sucio	22	4	0	34	60
<i>Falco femoralis</i>	Halcón fajado	0	0	0	5	5
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	0	0	2	6	8
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	0	0	0	3	3
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	6	2	24	2	34
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajo	4	1	2	3	10
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón guaco	5	1	1	2	9
<i>Hylocichla mustelina</i>	Zorzal moteado	3	6	5	0	14
<i>Icteria virens</i>	Chipe grande	2	0	3	0	5
<i>Icterus galbula</i>	Calandria de Baltimore	4	0	2	0	6
<i>Icterus gularis</i>	Calandria dorso negro mayor	40	5	8	17	70
<i>Icterus spurius</i>	Calandria castaña	2	0	2	10	14
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteño	0	0	0	25	25
<i>Laterallus ruber</i>	Polluela canela	1	0	1	7	9
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	42	4	1	0	47
<i>Megaceryle torquata</i>	Martín pescador de collar	2	0	1	0	3
<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso	9	0	3	1	13
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	50	25	30	63	168
<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical	0	0	0	3	3
<i>Mniotilta varia</i>	chipe trepador	5	0	0	3	8
<i>Momotus momota</i>	Momoto corona azul	6	1	0	0	7
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	0	0	0	7	7
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	24	1	1	2	28
<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito común	31	2	4	1	38
<i>Nyctanassa violacea</i>	Garza nocturna corona blanca	1	0	0	2	3
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotocabras pauraque	2	0	1	0	3
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca oriental	34	0	3	6	43
<i>Pachyrhamphus aglaiae</i>	Cabezón degollado	9	0	0	0	9
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	0	0	0	2	2
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Chipe charquero	9	7	18	0	34
<i>Passerina ciris</i>	Colorín sietecolore	0	0	1	0	1

Nombre científico	Nombre común	Abundancia				
		AC	PA	PJ	PZ	Total
<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	0	2	7	0	9
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	3	0	2	16	21
<i>Phaethornis longirostris</i>	Colibrí ermitaño pico largo	2	0	0	0	2
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical	0	0	1	11	12
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Saltapared moteado	11	0	0	0	11
<i>Piaya cayana</i>	Cuclillo canelo	6	0	1	0	7
<i>Piranga rubra</i>	Piranga roja	2	1	0	1	4
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	70	21	21	38	150
<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita azulgris	0	1	1	2	4
<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallineta morada	0	0	0	1	1
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola de Moctezuma	63	31	27	2	123
<i>Psilorhinus morio</i>	Chara pea	160	120	125	178	583
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo collarejo	1	0	0	0	1
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	0	0	0	23	23
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor	0	90	99	192	381
<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguililla caminera	24	44	54	78	200
<i>Saltator atriceps</i>	Saltator cabeza negra	2	0	0	0	2
<i>Saltator coerulescens</i>	Saltator gris	8	0	0	2	10
<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero	0	1	4	0	5
<i>Setophaga citrina</i>	Chipe encapuchado	2	10	5	0	17
<i>Setophaga dominica</i>	Chipe garganta amarilla	0	4	6	0	10
<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de Magnolias	12	10	7	7	36
<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo	3	4	14	13	34
<i>Setophaga ruticilla</i>	Pavito migratorio	39	74	45	15	173
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	2	2	58	72	134
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alas aserradas	0	0	0	48	48
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo collar blanco	0	0	0	17	17
<i>Sturnella magna</i>	Pradero tortillaconchile	0	0	1	105	106
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	Hormiguero pepito	16	0	0	0	16
<i>Thraupis abbas</i>	Tángara alas amarillas	3	0	0	2	5
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara azulgris	0	0	1	0	1
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza tigre mexicana	5	4	6	10	25
<i>Tityra semifasciata</i>	Titira puerquito	4	0	0	1	5
<i>Trogon massena</i>	Trogon cola oscura	1	0	0	0	1
<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon pechiamarillo cabecinegro	13	0	0	0	13
<i>Turdus grayi</i>	Calandria	16	4	3	3	26
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tirano tijereta rosado	0	0	0	1	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano pirirí	0	0	2	40	42
<i>Tyrannus savana</i>	Tirano tijereta gris	0	0	0	6	6
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	0	2	0	0	2
<i>Vireo griseus</i>	Vireo ojos blancos	2	0	2	0	4

Nombre científico	Nombre común	Abundancia				
		AC	PA	PJ	PZ	Total
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	0	0	4	8	12
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	2	2	2	2	8

**Anexo 2.** Estacionalidad, gremio alimentario, preferencia de hábitat y NOM-059-SEMARNAT-2010. R=Rapaz, OMN=Omnívora, OA=Organismos acuáticos, IT=Insectívoro terrestre, IS=Insectívoro saltarín, INV=Invertebrados, IN=Insectívoro/Nectarívoro, IFA=Insectívoro/Frugívoro arbóreo, IF=Insectívoro foliar, ICT=Ictiofago, IC=Insectívoro de corteza, GR=Gregario, FA=Frugívoro arbóreo, C=Carroñero. MI=Migratoria, R=Residente. CA=Cuerpo de agua, EAA=Especialista de áreas abiertas, GB=Generalista de bosques, EB=Especialista de bosque. Pr=Sujeta a Protección Especial, A=Amenazada.

Nombre científico	Nombre común	Gremio	Estacionalidad	Preferencia de hábitat	NOM
<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	OA	MI	CA	-
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	IFA	R	CA	-
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	IN	R	GB	-
<i>Amazilia candida</i>	Colibrí cándido	IN	R	GB	-
<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí vientre canelo	IN	R	GB	-
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	FA	R	GB	Pr
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro cachetes amarillos	FA	R	GB	-
<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique pico claro	IFA	R	GB	-
<i>Anhinga anhinga</i>	Anhinga americana	ICT	R	CA	-
<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí garganta negra	IN	R	GB	-
<i>Aramides cajaneus</i>	Rascón cuello gris	OMN	R	GB	-
<i>Aramus guarauna</i>	Correa	OA	R	EAA	A
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	OA	R	EAA	-
<i>Arremonops chloronotus</i>	Rascón dorso verde	IFA	R	GB	-
<i>Botaurus pinnatus</i>	Avetoro neotropical	OA	R	CA	A
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	IT	R	EAA	-
<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván americano	IT	R	EAA	-
<i>Busarellus nigricollis</i>	Aguililla canela	R	R	CA	Pr
<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla gris	R	R	EAA	-
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	R	R	GB	Pr
<i>Butorides virescens</i>	Garcita verde	OA	R	CA	-
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca tropical	IF	R	GB	-
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	R	R	GB	-
<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	IF	MI	GB	-
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	C	R	EAA	-
<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote sabanero	C	R	GB	Pr
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildio	INV	R	EAA	-
<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín pescador amazónico	ICT	R	CA	-
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café	R	R	GB	-
<i>Coccyzus americanus</i>	Cuclillo pico amarillo	IF	MI	GB	-
<i>Columbina inca</i>	Tottolita cola larga	GR	R	GB	-

Nombre científico	Nombre común	Gremio	Estacionalidad	Preferencia de hábitat	NOM
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita canela	GR	R	EAA	-
<i>Contopus virens</i>	Papamoscas del Este	IS	MI	GB	-
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	C	R	EAA	-
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	IT	R	EAA	-
<i>Cyanocompsa parellina</i>	Colorín azulnegro	IFA	R	GB	-
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	IFA	R	GB	-
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije alas blancas	GR	R	EAA	-
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	IFA	R	EAA	-
<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	IS	R	GB	-
<i>Dumetella carolinensis</i>	Mauñador gris	IF	MI	GB	-
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	OA	R	CA	-
<i>Egretta thula</i>	Garza dedos dorados	OA	R	CA	-
<i>Egretta tricolor</i>	Garza tricolor	OA	R	CA	-
<i>Elanus leucurus</i>	Milano cola blanca	R	R	EAA	-
<i>Empidonax flaviventris</i>	Papamoscas vientre amarillo	IS	MI	EAA	-
<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	OA	R	CA	-
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	FA	R	GB	-
<i>Euphonia hirundinacea</i>	Eufonia garganta amarilla	FA	R	GB	-
<i>Eupsittula nana</i>	Perico pecho sucio	FA	R	GB	Pr
<i>Falco femoralis</i>	Halcón fajado	R	R	GB	A
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	R	R	EAA	-
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	IF	R	EAA	-
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	IF	R	EAA	-
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajo	R	R	GB	-
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón guaco	R	R	GB	-
<i>Hylocichla mustelina</i>	Zorzal moteado	IT	MI	GB	-
<i>Icteria virens</i>	Chipe grande	IF	MI	GB	-
<i>Icterus galbula</i>	Calandria de Baltimore	IFA	MI	EAA	-
<i>Icterus gularis</i>	Calandria dorso negro mayor	IFA	R	GB	-
<i>Icterus spurius</i>	Calandria castaña	IFA	MI	GB	-
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteño	OA	R	CA	-
<i>Laterallus ruber</i>	Polluela canela	OA	R	CA	-
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	FA	R	GB	-
<i>Megasceryle torquata</i>	Martín pescador de collar	ICT	R	CA	-
<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso	IS	R	GB	-
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	IC	R	GB	-
<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical	IF	R	GB	-
<i>Mniotilta varia</i>	chipe trepador	IFA	MI	GB	-
<i>Momotus momota</i>	Momoto corona azul	IFA	R	GB	-
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	ICT	MI	CA	Pr
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	IS	R	GB	-
<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito común	IS	R	EAA	-
<i>Nyctanassa violacea</i>	Garza nocturna corona blanca	OA	R	EAA	-
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotocabras pauraque	IS	R	GB	-
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca oriental	FA	R	GB	-
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Cabezón degollado	IS	R	EB	-

Nombre científico	Nombre común	Gremio	Estacionalidad	Preferencia de hábitat	NOM
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	R	R	CA	-
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Chipe charquero	IFA	MI	GB	-
<i>Passerina ciris</i>	Colorín sietecolore	GR	MI	GB	Pr
<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	GR	MI	GB	-
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	FA	R	GB	-
<i>Phaethornis longirostris</i>	Colibrí ermitaño pico largo	IN	R	GB	-
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical	ICT	R	CA	-
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Saltapared moteado	IF	R	GB	-
<i>Piaya cayana</i>	Cuclillo canelo	IF	R	GB	-
<i>Piranga rubra</i>	Piranga roja	IF	MI	GB	-
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	IS	R	GB	-
<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita azulgris	IF	R	GB	-
<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallineta morada	OMN	R	CA	-
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola de Moctezuma	IFA	R	GB	Pr
<i>Psilorhinus morio</i>	Chara pea	IFA	R	GB	-
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo collarejo	IFA	R	GB	Pr
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	IS	R	EAA	-
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor	OMN	R	EAA	-
<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguillita caminera	R	R	EAA	-
<i>Saltator atriceps</i>	Saltator cabeza negra	IFA	R	GB	-
<i>Saltator coerulescens</i>	Saltator gris	IFA	R	GB	-
<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero	IF	MI	GB	-
<i>Setophaga citrina</i>	Chipe encapuchado	IF	MI	GB	-
<i>Setophaga dominica</i>	Chipe garganta amarilla	IF	MI	EAA	-
<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de Magnolias	IF	MI	GB	-
<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo	IF	MI	GB	-
<i>Setophaga ruticilla</i>	Pavito migratorio	IF	MI	GB	-
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	GR	R	EAA	-
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alas aserradas	IT	R	EAA	-
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo collar blanco	IT	R	EAA	-
<i>Sturnella magna</i>	Pradero tortillaconchile	IT	R	EAA	-
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	Hormiguero pepito	IF	R	GB	-
<i>Thraupis abbas</i>	Tángara alas amarillas	FA	R	GB	-
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara azulgris	FA	R	GB	-
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza tigre mexicana	OA	R	EAA	Pr
<i>Tityra semifasciata</i>	Titira puerquito	IS	R	GB	-
<i>Trogon massena</i>	Trogon cola oscura	IFA	R	EB	A
<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon pechiamarillo cabecinegro	FA	R	GB	-
<i>Turdus grayi</i>	Calandria	IT	R	GB	-
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tirano tijereta rosado	IS	MI	EAA	-
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano pirií	IS	R	GB	-
<i>Tyrannus savana</i>	Tirano tijereta gris	IS	R	EAA	-
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	R	R	EAA	-
<i>Vireo griseus</i>	Vireo ojos blancos	IF	R	GB	Pr
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	GR	R	EAA	-

Nombre científico	Nombre común	Gremio	Estacionalidad	Preferencia de hábitat	NOM
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	GR	R	GB	-

**Anexo 3.** Especies arbóreas registradas en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). AC=Acahual, PA=Palma africana adulta, PJ=Palma africana joven, PZ=Pastizal.

Nombre científico	Nombre común	AC	PA	PJ	PZ
-	Lechoso	X	-	-	-
-	Tocó	X	-	-	-
-	Majagua	X	-	-	-
-	Palo gusano	X	-	-	X
-	Rabo de lagarto	-	-	-	X
<i>Acacia cornigera</i>	Cornezuelo	X	-	-	-
<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	X	-	-	-
<i>Castanea sativa</i>	Castaña	X	-	-	-
<i>Cecropia sp</i>	Guarumo	X	-	-	-
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	X	-	-	-
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	X	-	-	-
<i>Elaeis guineensis</i>	Palma africana	-	X	X	-
<i>Ficus sp</i>	Ficus	-	-	-	X
<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoite	-	-	-	X
<i>Gmelina arborea</i>	Melina	X	-	-	-
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	X	-	-	-
<i>Haematoxylum campechianum</i>	Tinto	X	-	-	X
<i>Mangifera indica</i>	Mango	-	-	-	X
<i>Parmentiera aculeata</i>	Cuajilote	X	-	-	X
<i>Parmentiera aculeata</i>	Cuajilote	-	-	-	X
<i>Pimenta dioica</i>	Pimienta	X	-	-	-
<i>Pithecellobium dulce</i>	Tucuy	X	-	-	-
<i>Pithecellobium saman</i>	Samán	X	-	-	X
<i>Sabal mexicana</i>	Guano yucateco	X	-	-	-
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	X	-	-	-
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	X	-	-	X
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	X	-	-	-
<i>Tabebuia rosea</i>	Maculís	-	-	-	X
<i>Tectona grandis</i>	Teca	-	-	-	X

# CAPÍTULO 2



## BIRD FUNCTIONAL DIVERSITY IN AFRICAN PALM PLANTATIONS OF THE SIERRA TABASQUEÑA

Moo Culebro Lízbeth Yamily<sup>1\*</sup> Persio D. Santos Marcos<sup>2</sup> Knowlton Jessie<sup>3</sup>  
Almeida Sara Miranda<sup>2</sup> Flaspohler David<sup>4</sup> Arriaga Weiss Stefan Louis<sup>1</sup> Mata  
Zayas Ena Edith<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT, carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados, Instituto de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil.

<sup>3</sup>Department of Biology, Wheaton College, Norton, Massachusetts. EE. UU.

<sup>4</sup>School of Forest Resources and Environmental Science, Michigan Technological University. Houghton, Michigan, EE. UU.

\*Corresponding autor Email: yoalizabeth@hotmail.com

**Abstract.** The conversion of natural habitats to agriculture reduces species richness and functional diversity of birds. African palm plantations are rapidly expanding in the tropics, although the impacts on taxonomic and functional diversity is poorly understood. This paper is the first assessment of how African palm affects birds' the functional diversity in the Sierra Tabasqueña. We conducted point counts to survey

bird communities in four landscape elements: 1) secondary growth, 2) adult African palm plantations, 3) young African palm plantations and 4) grassland. For each landscape element there were six replicates making a total of 24 monitoring sites. To test whether African palm plantations affect functional diversity of birds we calculated the FD (Functional Diversity) and FRic (Functional Richness) indices. The values of FD and FRic were significantly higher in the secondary growth plots in comparison with African palm plantations and grassland. These results show that the conversion of forested areas to African palm result a great loss of functional strategies. Diet was the most affected functional trait, frugivorous and nectarivorous birds have a high probability of being absent in the plantations. With regard to vegetation, the functional traits of the frugivorous diet and the medium-high foraging stratum were significantly and positively associated with the percentage of canopy cover. In conclusion, African palm plantations reduce functional diversity of birds, although the presence of various forest species within the plantations and the fragments of forest or secondary growth adjacent are considerably important for the maintenance of ecosystem services.

**Resumen. Diversidad funcional de las aves en plantaciones de palma africana, vegetación secundaria y matriz circundante de la Sierra Tabasqueña** La conversión de áreas boscosas a paisajes dominados por sistemas de producción agrícola reduce la riqueza de especies y diversidad funcional de las aves. Las plantaciones de palma africana se están expandiendo de forma acelerada en los trópicos, sin embargo los impactos en la diversidad taxonómica y funcional de las diferentes especies es poco conocida. El presente estudio es la primera

caracterización de la diversidad funcional de las aves en un paisaje dominado por palma africana en la Sierra Tabasqueña. Realizamos conteos de puntos para examinar las comunidades de aves en cuatro elementos del paisaje: 1) fragmentos de acahual, 2) plantaciones de palma africana adulta, 3) plantaciones de palma africana joven y 4) pastizales. Por cada elemento se tuvieron seis réplicas haciendo un total de 24 sitios de monitoreo. Para probar si las plantaciones de palma africana afectan la diversidad funcional de las aves, se calcularon los índices FD (Diversidad Funcional) y FRic (Riqueza Funcional). Los valores de FD y FRic fueron significativamente mayores en los fragmentos de acahual en comparación con los pastizales y plantaciones de palma africana. Estos resultados muestran que la conversión de áreas boscosas en palma africana resulta en una gran pérdida de estrategias funcionales. El rasgo funcional más afectado por la palma africana fue la dieta, las aves frugívoras y nectarívoras presentan una alta probabilidad de estar ausentes en las plantaciones. Con respecto a la vegetación, los rasgos funcionales de la dieta frugívora y el estrato de forrajeo medio-alto se asociaron significativa y positivamente con el porcentaje de cobertura del dosel. En conclusión, las plantaciones de palma africana reducen la diversidad funcional de las aves. Sin embargo, la presencia de diversas especies forestales dentro de las plantaciones y los fragmentos de bosque o acahuals adyacentes, son considerablemente importantes para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

**Key words:** *Elaeis guineensis*, birds, traits, functional diversity, México, Tabasco

## INTRODUCCIÓN

La conversión de áreas boscosas a paisajes dominados por sistemas de producción agrícola, es la principal causa de deforestación y pérdida de biodiversidad en los trópicos (Castaño-Villa & Patiño-Zabala 2000, Salazar-Conde et al. 2004, Sánchez & Munguía 2005). Aves especialistas de boques son sensibles a la perturbación de sus hábitats, lo que influye en la presencia o ausencia de grupos funcionales que son claves en importantes procesos ecológicos y la provisión de servicios ecosistémicos (Arriaga-Weiss et al. 2008, Harvey et al. 2008, Sekercioglu 2012, Van Der Wal et al. 2012, Malhi et al. 2014).

En años recientes, el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) se ha expandido a una tasa anual del 9% en todo el mundo, como resultado de la creciente demanda de aceites vegetales y biocombustibles (Fitzherbert et al. 2008, Malhi et al. 2014). El aumento de estas áreas cultivadas y consecuentes pérdidas de bosques tropicales tienen un gran impacto sobre la biodiversidad. Se han reportado pérdidas en la riqueza de especies, así como cambios en la composición y estructura de la comunidad de aves a consecuencia de la expansión de estas plantaciones, sobre todo en aquellas zonas donde se está deforestando grandes extensiones de bosque para el cultivo de esta palma (Aratrakorn et al. 2006, Azhar et al. 2013, 2015, Koh 2008, Savilaakso et al. 2014, Almeida et al. 2016, Knowlton et al. 2017).

En México, la producción de palma africana se concentra en la región sureste, siendo el estado de Tabasco el tercer productor a nivel nacional. Actualmente la entidad cuenta con 119 mil ha sembradas con *E. guineensis* y de acuerdo a datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), tiene un potencial productivo para 300 mil ha. La región

de la Sierra, originalmente cubierta en su totalidad con selva alta perennifolia tuvo una pérdida del 80% de su superficie en 30 años, las principales causas de esta pérdida fueron los incendios forestales que condujeron a la formación de vegetación secundaria (56%) y la ampliación de los pastizales (10%) para la ganadería y la agricultura (Salazar-Conde *et al.* 2004, Sánchez & Munguía 2005), especialmente de monocultivos como el cedro (*Cedrela odorata*), teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*), palma africana (*Elaeis guineensis*) y plátano (*Musa paradisiaca*).

De acuerdo a Sánchez (2000), las plantaciones de palma africana en Tabasco, pueden considerarse un ecosistema importante para la conservación de varias especies de vertebrados silvestres, al servir como sitios de alimentación, anidación, refugio, descanso o vías de acceso hacia otros hábitats. Sin embargo, las plantaciones de palma africana se caracterizan por ser homogéneas con una estructura menos compleja, reduciendo la variedad de nichos y recursos disponibles para muchas especies de aves, limitando su capacidad para utilizar estos ambientes artificiales (Hofstede *et al.* 1998, Estades 1994, Ceccon y Martínez-Ramos 1999, Aratrakorn *et al.* 2006, Fitzherbert *et al.* 2008, Savilaakso *et al.* 2014, Almeida *et al.* 2016, Knowlton *et al.* 2017).

La diversidad funcional se considera una de las medidas ecológicas más relevantes de la biodiversidad, ya que permite analizar los roles o funciones de las especies en los ecosistemas (Petchey & Gaston 2006, Villéger *et al.* 2008, Orlandi-Laureto *et al.* 2015, Gómez-Ortiz & Moreno 2017). Las aves ofrecen una gama de servicios ecosistémicos, entre los que destacan la polinización, dispersión de semillas, control de plagas y depredación, mismos que se han visto afectados por

el cambio de uso del suelo y pérdida de sus hábitats (Şekercioğlu 2012, Green & Elmberg 2014, Sayer et al. 2017).

En contexto, comprender las implicaciones de estos cambios en la diversidad funcional de las aves es esencial. Así, el objetivo del presente estudio fue caracterizar la estructura funcional de las comunidades de aves asociadas a plantaciones de palma africana, fragmentos de acahual y matriz pecuaria de la Sierra Tabasqueña, probando la hipótesis de que la diversidad funcional de aves es mayor en los acahuales con respecto a las plantaciones; ya que en éstas la comunidad de aves es más homogénea debido a la baja variabilidad de nichos disponibles.

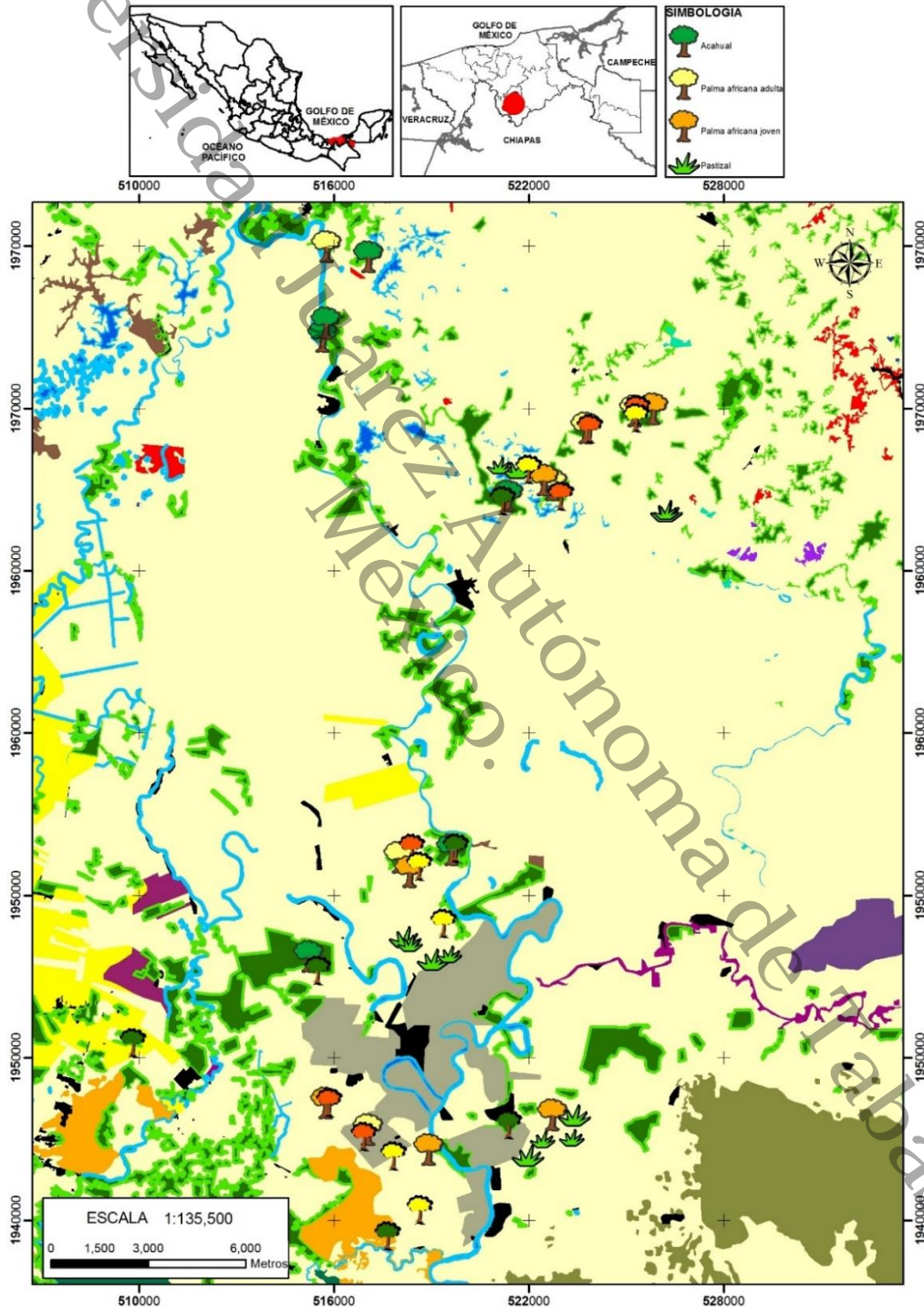
## **MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El trabajo de campo se efectuó en la Sierra Tabasqueña, localizada hacia la región centro-sur del estado abarcando los municipios de Tacotalpa y Jalapa (Figura 1). En conjunto cubren una extensión de 1993,25 km<sup>2</sup> los cuales corresponden al 8,08% del total del territorio tabasqueño (SEDESPA 2005). El paisaje está conformado por fragmentos de selva alta y mediana subperennifolia, vegetación secundaria, cultivos anuales y temporales, plantaciones forestales y pastizales, siendo este último elemento la matriz dominante (Salazar-Conde et al. 2004, Sánchez-Munguía 2005).

Con la ayuda de imágenes satelitales (2016) se identificaron y seleccionaron cuatro elementos del paisaje: fragmentos de acahual, plantaciones de palma

africana jóvenes (4-6 años), plantaciones de palma africana adultas (18-20 años) y la matriz pecuaria. Por cada elemento se tuvieron seis réplicas, haciendo un total de 24 sitios de monitoreo (Figura 1), separados a una distancia mínima de 1 Km.



**Figura 1.** Sitios de monitoreo localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa, Región de la Sierra Tabasqueña (2016-2017).

En el caso de las plantaciones, se observó que de acuerdo a la edad pueden ser estructuralmente más complejos (mayor cobertura del dosel, así como especies epífitas y arbustivas asociadas a éstas), lo que podría influir en la riqueza y composición de la comunidad de aves. Por este motivo, se seleccionaron plantaciones de diferentes edades.

### **Muestreo de la comunidad de aves**

Se ubicaron 203 puntos de radio fijos distribuidos en los 24 sitios de monitoreo (47 en acahual y palma adulta, 53 en palma joven, 56 en pastizal), éstos fueron muestreados tres veces durante el año cubriendo la época migratoria y no migratoria de las aves (Junio-Julio de 2016, Octubre-Diciembre de 2016, Febrero-Marzo de 2017). La distancia mínima entre los puntos fue de 200 m y se establecieron a 100 m del borde.

En cada punto se cuantificó la presencia de aves, visual y auditivamente, durante 8 min (Hutto et al. 1986, Ralph et al. 1996, Casagrande & Beisinger 1997). Los conteos se llevaron a cabo después del amanecer hasta las 10:00 h aproximadamente (EST), registrándose las aves que solo estaban haciendo uso del hábitat (forrajeando, perchando, anidando). No se consideraron las especies acuáticas o características de ambientes acuáticos (i.e. garzas, patos y algunas rapaces).

### **Rasgos funcionales**

Para estimar la diversidad funcional, se utilizaron 17 rasgos funcionales de cada especie, siguiendo la propuesta de Wilman et al. (2014). Estos rasgos están relacionados con la dieta (1-invertebrados, 2-vertebrados, 3-peces, 4-carroña, 5-frutos, 6-néctar, 7-semillas, 8-material vegetal), estrato de forrajeo (9-agua, 10-



suelo, 11-sotobosque, 12-altura media, 13-dosel, 14-aéreo), actividad (15-nocturno, 16-diurno) y masa corporal (17).

### **Variables de vegetación**

Se cuantificaron tres variables de vegetación por cada elemento del paisaje, los cuales se relacionaron con los rasgos funcionales:

**Altura arbórea:** Por cada elemento a muestrear se establecieron seis cuadros de 10 x 20 m (Oosting 1956), donde se contabilizaron las especies arbóreas con  $DAP \geq 10$  cm y midió su altura con ayuda de un clinómetro electrónico.

**Cobertura del dosel:** El porcentaje de cobertura se estimó con la ayuda de un densiómetro. Se tomaron cuatro lecturas (con orientación hacia el norte, sur, este y oeste) en cada punto de radio fijo y se promediaron.

**Cobertura del sotobosque:** Se estimó con el densiómetro y al igual que en el dosel se tomaron cuatro lecturas que posteriormente fueron promediados.

### **Análisis de datos**

Para calcular los índices de diversidad funcional se construyó una matriz con los 17 rasgos funcionales de cada especie y se convirtió en una matriz de similitud usando Gower's (Coeficiente de similitud de distancia, Pavoine et al. 2009). Posteriormente, se construyó un dendrograma funcional utilizando el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Con la ayuda de los paquetes picante y FD en el Software R versión 3.3.3 (R Core Team 2017) se calcularon los índices de diversidad funcional (FD) y riqueza funcional (FRic). Los valores de FD son la suma de las ramas del dendrograma funcional, mientras que FRic cuantifica el volumen de espacio funcional ocupado por la comunidad.

independientemente de la riqueza de las especies (Cornwell et al. 2006, Villéger et al. 2008, Mouchet et al. 2010).

Se usaron las pruebas paramétricas ANOVA de una vía y Tukey HSD cuando los datos se distribuyeron normalmente (Prueba Shapiro-Wilk) y las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y Mann-Whitney cuando nuestros datos no cumplieron con los supuestos de normalidad. Con las pruebas ANOVA de una vía y Kruskal-Wallis se evaluaron las diferencias significativas en la riqueza de especies, FD y FRic entre los elementos del paisaje (acaahual, palma africana adulta, palma africana joven y pastizal) y con las pruebas *a posteriori* de Tukey HSD y Mann-Whitney se verificaron las diferencias significativas entre pares.

Para identificar las características funcionales que más se asociaron a los fragmentos de acahual, pastizales y plantaciones de palma africana, se construyeron dos árboles de clasificación utilizando los rasgos (Breiman et al. 1984). Para ello se elaboraron matrices donde se consideraron las especies registradas en el acahual y pastizal pero ausentes en la plantación (ausencias) y las especies presentes en las plantaciones (presencias). La clasificación de los gremios y estratos de forrajeo se basó en Wilman et al. (2014), la dieta y el estrato para cada especie se asignó con base en el porcentaje más alto (50% o más). Los atributos de la dieta se agruparon en: carroña, frutas, frutas-semillas, invertebrados, invertebrados-frutas, invertebrados-semillas, néctar, semillas, vertebrados y omnívoros. A su vez, el estrato de forrajeo se clasificó en: aéreo, suelo, sotobosque, medio-alto, dosel y generalista.

La modelación de los árboles de clasificación se realizó en el Software R v 3.3.3 con el paquete rpart. La función Gini's impurity se utilizó como criterio de

división, por lo que los nodos terminales tienen la máxima homogeneidad entre todos los rasgos posibles. La validación cruzada se utilizó para decidir el tamaño óptimo del árbol. Para trazar los árboles de clasificación se usó el paquete `rpart.plot`.

Con las pruebas paramétrica ANOVA de una vía y no paramétrica Kruskal-Wallis (Prueba de normalidad Shapiro-Wilk) se evaluaron las diferencias significativas en el porcentaje de cobertura del dosel, cobertura del sotobosque y altura arbórea entre los elementos del paisaje (acahual, palma africana adulta, palma africana joven y pastizal) y con las pruebas *a posteriori* de Tukey HSD y Mann-Whitney se verificaron las diferencias significativas entre pares.

Se utilizó un análisis de RLQ (Dray et al. 2014), para determinar qué rasgos funcionales se relacionaron con las variables de vegetación, Este método usa tres matrices: una tabla **Q** que contiene los rasgos funcionales de cada una de las especies registradas, una tabla **L** con la abundancia de las especies por sitios de muestreo y la tabla **R** con las variables de vegetación estimadas por sitios. Una prueba de permutación (con 1,000 permutaciones) fue utilizada para probar qué rasgos estaban significativamente asociados con cada variable, generándose así una cuarta matriz de rasgos funcionales por variables de vegetación. En esta matriz, las celdas rojas indican una asociación positiva, celdas azules asociaciones negativas y celdas blancas no existe relación significativa.

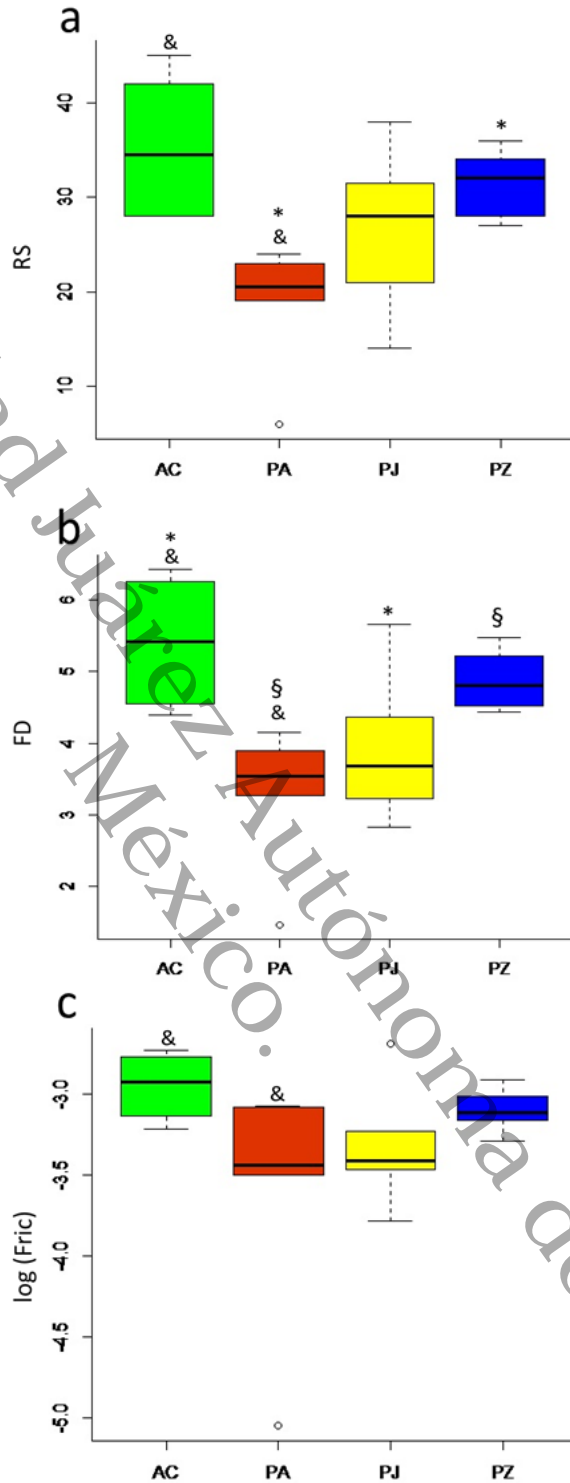
## RESULTADOS

En total se registraron 101 especies de aves, de las cuales 70 están incluidas en el acahual, 47 en la palma adulta, 59 en la palma joven y 63 en el pastizal (Anexo). La riqueza media fue de 35,33 en el acahual ( $N = 6$ ,  $SD = 7,20$ ), 31,5 en el pastizal ( $N$

= 6, SD = 3,50), 25,33 en la plantación de palma africana joven (N = 6, SD = 8,45) y 18,83 en la plantación de palma africana adulta (N = 6, SD = 6,61). Estas diferencias fueron significativas entre los tratamientos (Anova,  $F = 6.99$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,05$ ; Figura 2a).

La diversidad funcional (FD) fue 2,09, 1,50 y 0,53 veces mayor en el acahual (media = 5,41, SD = 0,84 N = 6) en comparación con la plantación de palma africana adulta (media = 3,31, SD = 0,95 N = 6), plantación de palma africana joven (media = 3,90, SD = 1,02 N = 6) y pastizal (media = 4,88, SD = 0,40 N = 6). Estas diferencias fueron significativas entre los tratamientos (Anova,  $F = 7,53$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,05$ ; Figura 2b).

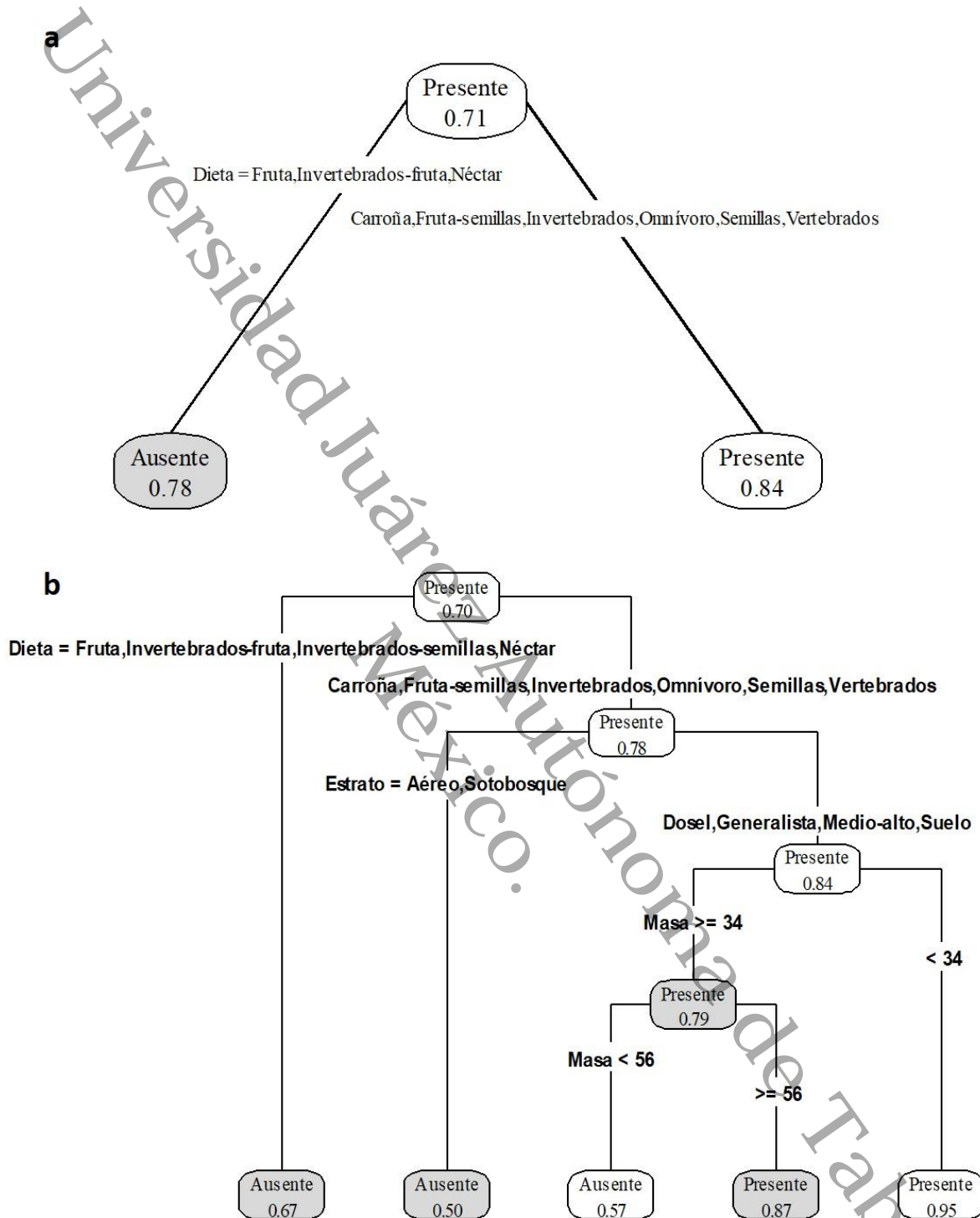
A su vez, la riqueza funcional (FRic) fue mayor en los fragmentos de acahual (media =  $1,21^{E-03}$ , SD =  $5,27^{E-04}$  N = 6), en comparación con las plantaciones de palma africana adulta (media =  $4,51^{E-04}$ , SD =  $3,22^{E-04}$  N = 6), palma africana joven (media =  $6,47^{E-04}$ , SD =  $6,87^{E-04}$  N = 6) y pastizal (media =  $8,14^{E-04}$ , SD =  $2,43^{E-04}$  N = 6). Se presentaron diferencias significativas entre la plantación de palma adulta y acahual (Kruskal-Wallis,  $H = 8,12$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,05$ ; Figura 2c).



**Figura 2.** Parámetros de diversidad registrados para las comunidades de aves asociadas a fragmentos de acahual, plantaciones de palma africana y pastizales en la Sierra Tabasqueña. RS= Riqueza de especies (a), FD= Diversidad funcional (b) y FRic= Riqueza funcional (c). AC= Acahual, PA= Palma africana adulta, PJ= Palma africana joven, PZ= Pastizal. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos (de acuerdo a la prueba de Tukey y Mann-Whitney al 95%).

El árbol de clasificación acahual-palma indicó que la variable más importante asociada con la presencia o ausencia de especies de aves en las plantaciones de palma fue la dieta (86%). La masa corporal contribuyó con un 14%, por lo tanto, la dieta fue utilizada en la construcción del modelo. La variable estrato de forrajeo, no contribuyó con la presencia o ausencia de aves en las plantaciones. De acuerdo con este modelo, las aves con una dieta basada en frutas, invertebrados-frutas y néctar tienen una probabilidad de 78% de estar ausentes en las plantaciones de palma. En contraste, las aves que utilizan otros recursos alimentarios (carroña, fruta-semillas, invertebrados, omnívoros, semillas y vertebrados) poseen una probabilidad de 84% de ocurrir en la plantación de palma africana (Figura 3a).

El caso del árbol de clasificación pastizal-palma, las variables más importantes asociadas con la presencia o ausencia de especies de aves en las plantaciones fueron la dieta (44%), la masa corporal (32%) y el estrato de forrajeo (24%); por lo tanto, estas variables fueron utilizadas para la construcción del modelo. De acuerdo con el modelo, las aves con dieta basada en frutas, invertebrados-frutas, invertebrados semillas y néctar tienen una probabilidad de 67% de estar ausentes en las plantaciones de palma. En contraste, las aves que comen carroña, fruta-semillas, invertebrados, omnívoros, semillas, vertebrados, se alimentan en el estrato medio-alto, dosel, suelo y tienen una masa corporal mayor a 56 gr. y menor a 34 gr. tienen una probabilidad de 87% y 95% de ocurrir en las plantaciones de palma africana. Sin embargo, los que tenían una dieta similar (carroña, fruta-semillas, invertebrados, omnívoros, semillas y vertebrados), pero buscaban alimento en el aire y sotobosque, tuvieron una probabilidad de 50% de ausentarse en la palma (Figura 3b).



**Figura 3.** Árbol de clasificación mostrando las características funcionales más asociadas con la presencia o ausencia de especies de aves en la plantación de palma africana. Los valores en los brazos terminales representan la probabilidad de especies presentes o ausentes en la plantación.

Con respecto a la vegetación, el acahual fue el elemento más heterogéneo y complejo del paisaje (Tabla 1). Se presentaron diferencias significativas en la cobertura del dosel (ANOVA,  $F = 31,54$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ), sotobosque (ANOVA,  $F = 108,9$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ) y altura de los árboles (Kruskal-Wallis,  $H = 81,60$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0,0001$ ). En relación al análisis RLQ, las aves frugívoras y aquellas que forrajean en el estrato alto-medio están asociadas positiva y significativamente con las variables de dosel. Mientras que las especies que se alimentan a nivel del suelo están negativamente asociadas con las variables de dosel y sotobosque. No se presentaron asociaciones significativas entre la altura de los árboles y los rasgos funcionales (Figura 4).

**Tabla 1.** Caracterización de la vegetación en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). AC=Acahual, PA=Palma africana adulta, PJ=Palma africana joven, PZ=Pastizal.

Elemento	Dosel	Sotobosque	Altura	# árboles	Especies	Especie dominante
AC	83.04	93.67	11.37	78	21	Guácimo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )
PA	80.5	71.29	12.94	36	1	Palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> )
PJ	30.9	60.08	5.84	36	1	Palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> )
PZ	6.79	7.94	6.19	28	11	Teca ( <i>Tectona grandis</i> )



Categoría	Rasgos funcionales	Dosel	Sotobosque	Altura árbol
Dieta	Invertebrados			
	Vertebrados			
	Peces			
	Carroña			
	Frutas	+		
	Néctar			
	Semillas			
	Plantas			
Estrato de Forrajeo	Agua			
	Suelo	-	-	
	Sotobosque			
	Medio_alto	+		
	Dosel			
	Aéreo			
Actividad	Nocturno			
	Diurno			
Masa	Masa corporal			

**Figura 4.** Relación de las variables de vegetación y rasgos funcionales. Celdas rojas indican una relación positiva significativa, celdas azules una relación negativa significativa y celdas blancas no existe relación significativa.

## DISCUSIÓN

El número de especies de aves registradas en este estudio fue de 101 especies, lo cual corresponde a 33% de las especies reportadas para Región de la Sierra (Arriaga et al. 2003). La riqueza de especies fue mayor en los acahuals, esto se atribuye a la heterogeneidad y complejidad estructural de la vegetación, lo que se traduce en una mayor variabilidad de nichos y especies asociadas a éstas (Tews et al. 2004, Bojorges-Baños & López-Mata 2006, Chan-Rodríguez 2012, Ghadiri et al. 2012, Pierre & Kovalenko 2014).

Los valores de diversidad funcional (FD) y riqueza funcional (FRic) fueron mayores en los fragmentos de acahual que en los pastizales y plantaciones. Esto debido a las características de la vegetación, en el caso de los acahuales una mayor cobertura del dosel, sotobosque y diversidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas permite la colonización de aves con una mayor variedad de rasgos funcionales donde los recursos son utilizados de manera más eficiente que por las comunidades de tierras agrícolas (Mason et al. 2005). Esto coincide con trabajos similares realizados en Asia, Australia y Sudamérica, los cuales mostraron que la agricultura es el uso de la tierra que más reduce la diversidad funcional en aves (Flynn et al. 2009, Edwards et al. 2013, Luck et al. 2013, Almeida et al. 2016, Jacoboski et al. 2016, Prescott et al. 2016), mamíferos (Flynn et al. 2009) y escarabajos de estiércol (Edwards et al. 2014); ocasionando una gran pérdida de estrategias funcionales y servicios ecosistémicos (Azman et al. 2011, Azhar et al. 2013, Almeida et al. 2016). Esto podría explicarse por la estructura homogénea de las plantaciones (edad uniforme de la palma, dosel bajo, arbusto escaso, microclima inestable), lo que conlleva a una menor variabilidad de nichos y ensamblajes de aves con características funcionales limitadas (Fitzherbert et al. 2008, Edwards et al. 2013, Malhi et al. 2014, Dislich et al. 2016).

El rasgo funcional más afectado por la palma africana, en el modelo palma-acahual, fue la dieta. Rasgos relacionados con el estrato de forrajeo y masa corporal no influyeron en la presencia o ausencia de aves en las plantaciones. Las aves frugívoras y nectarívoras (i.e. Cracidae, Psittacidae, Ramphastidae, Trogonidae y Trochilidae) son las especies más afectadas por la conversión de los acahuales a plantaciones de palma africana, esto debido a las características de este tipo de

cultivos, que a pesar de presentar una alta cobertura (dosel y sotobosque), la presencia de una especie arbórea dominante no permite el suministro de este tipo de dietas, por lo tanto es imposible para estas especies colonizar estas plantaciones (Arriaga et al. 2008, Azman et al. 2011, Van Der Wal et al. 2012, Azhar et al. 2013, Almeida et al. 2016). Aves carroñeras, omnívoras y las que se alimentan de vertebrados e insectos, suelen ser especies más generalistas adaptadas a ambientes antrópicos, siendo favorecidas por las plantaciones de palma. Mamíferos pequeños, anfibios y reptiles se refugian en este tipo de cultivos proporcionando alimento a algunas especies de rapaces, mientras que los insectos encargados de la polinización de las palmas contribuyen a la presencia de aves insectívoras (Sánchez & Ortiz 1998, Achondo et al. 2001, Azhar et al. 2013, Amit et al. 2015).

La conversión de bosques en monocultivos puede resultar en una serie de cambios en la estructura funcional e interacciones interespecíficas de una comunidad (Şekercioğlu 2012). Pero, ¿Qué sucede cuando estas plantaciones son establecidas en zonas de uso ganadero?, tal como sucedió con nuestro sitio de estudio. En regiones como Centroamérica, Sudamérica y Asia se ha estudiado la importancia que tienen las plantaciones comerciales como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos ya degradados, ya que no pretenden sustituir la vegetación original, sino complementarlos; debido a que la alta densidad de árboles podría aumentar la conectividad entre ecosistemas y facilitar el movimiento de algunas especies de aves que se encuentran restringidas a hábitats boscosos (Cabrera-Gaillard 2003, Pérez-Pérez 2004, Castaño-Villa et al. 2008, Koh & Tiong 2008, Dirzo et al. 2014, Gutiérrez 2015). Sin embargo, trabajos realizados con radiotelemetría en Brasil,

demonstraron que las aves de bosque no usan la plantación de palma como corredor, en su lugar prefieren hacer uso de los pastizales, por lo tanto la plantación de palma es una matriz inhóspita para aves de bosque (Knowlton et al. 2017).

En el presente estudio los rasgos funcionales de la dieta, masa corporal y estrato de forrajeo son afectados por la conversión de pastizales a plantaciones de palma africana. En Tabasco, los pastizales son áreas dedicadas a la ganadería, se caracterizan por la presencia de árboles dispersos y cercos vivos que albergan una diversidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Esto permite la coexistencia de aves frugívoras y nectarívoras (i.e. Cracidae, Psittacidae, Ramphastidae, Trogonidae y Trochilidae), aves que se alimentan de invertebrados-frutos (i.e. Thraupidae, Tyrannidae) y de invertebrados-semillas (i.e. Icteridae). Tal como sucedió con el modelo entre el acahual-palma, las aves frugívoras y nectarívoras son las especies más afectadas. Por otro lado, las plantaciones de palma africana no favorecen la presencia de especies de aves que utilizan los estratos de forrajeo aéreo y sotobosque. Aves que comen insectos, semillas, vertebrados, carroña y buscan su alimento en el suelo, dosel o estrato medio-alto son favorecidas por las plantaciones de palma.

Los fragmentos de acahual fueron los sitios más heterogéneos y complejos estructuralmente, con una mayor riqueza arbórea, mayor porcentaje de cobertura del dosel y sotobosque. Los rasgos funcionales de la dieta frugívora y del estrato de forrajeo alto-medio se asociaron significativa y positivamente con el porcentaje de cobertura del dosel, lo que sugiere que una mayor cobertura arbórea en zonas agrícolas permitiría un mayor de especies de aves que de otro modo estarían restringidas a los bosques (Prescott et al. 2016). Sin embargo, en el caso de las

plantaciones de palma, el alto porcentaje de cobertura arbórea no garantiza una mayor composición en el ensamble de aves y rasgos funcionales (i.e. ausencia de especies frugívoras, nectarívoras y especialistas de bosque). Esto puede explicarse a la homogeneidad del cultivo y matriz circundante, en este caso grandes extensiones de pastizales dedicados a la ganadería y otros monocultivos como la teca (*Tectona grandis*) y plátano (*Musa paradisiaca*).

En general, podemos concluir que las plantaciones de palma africana causan grandes pérdidas en la riqueza de especies, FD y FRic, sobre todo en aquellas zonas donde se deforestan grandes extensiones de bosques para el cultivo de esta palma. En el caso de la Sierra Tabasqueña, este cultivo se ha establecido en zonas ganaderas, sin embargo la presencia de especies arbóreas nativas dentro de la plantación como su cercanía a los bosques y retención de fragmentos de acahual a los límites del cultivo (Ibarra et al. 2001, Peh et al. 2006, Koh 2008, Nájera & Simonetti 2010, Koller-González 2012, Azhar et al 2013, Almeida et al. 2016, Prescott et al. 2016), mejoraría la diversidad taxonómica y funcional de las aves. Como en el caso de dos de las 12 plantaciones de palma monitoreadas, donde un corredor de árboles de cedro (*Cedrela odorata*) permitió la percha de pericos pecho sucio (*Eupsittula nana*) y loros frente blanca (*Amazona albifrons*) dentro del cultivo; mientras que la cercanía de fragmentos de acahual y la Sierra Madrigal, originó la presencia de oropéndola de Moctezuma (*Psarocolius montezuma*) alimentándose del fruto de la palma.

Por otro lado, las aves migratorias representaron el 20,79% de las especies registradas. El mayor número de especies migratorias se presentaron en las plantaciones de palma africana joven y adulta. Esto puede atribuirse a la variedad

de insectos presentes en estas plantaciones, ya que de acuerdo a nuestros datos las aves migratorias registradas basaron su dieta en invertebrados (insectos). Así mismo, estas especies están asociadas a ambientes más abiertos en sus áreas de reproducción (Norte de Norteamérica) y cuando migran hacia el sur posiblemente no colonizan las áreas boscosas porque no se adaptan para explotar un ambiente forestal o la competencia con las especies nativas de bosque impide que esas aves migratorias colonicen los acahuales. Trabajos realizados en Colombia y Latinoamérica han reconocido el importante papel que juega los agroecosistemas en la conservación de la biodiversidad, considerándolos elementos importantes para el mantenimiento de las poblaciones de aves migratorias (Díaz-Bohórquez et al 2014).

El presente trabajo es la primera caracterización de la diversidad funcional de las aves en plantaciones de palma africana, acahuales y pastizales de la Sierra Tabasqueña. Futuras investigaciones deberían evaluar el efecto de los monocultivos sobre la diversidad funcional de las aves. Así mismo, es importante considerar a las especies migratorias, ya que de las 60 especies reportadas en las plantaciones (adultas y jóvenes), el 26% son migratorias y se observaron haciendo uso del hábitat durante el invierno. Las aves migratorias son comunes en muchos hábitats agrícolas (Díaz-Bohórquez et al 2014), por su amplia distribución, alta movilidad y capacidad para rastrear recursos de disponibilidad variable. A pesar de ello, no existe mucha información publicada sobre las aves migratorias en monocultivos de Tabasco.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias a la Universidad Tecnológica de Michigan, a través del proyecto “Sustainability, ecosystem services and the development of bioenergy across the Americas”, financiado por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF). Gracias al Programa de Posgrado de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT por todas las atenciones prestadas y conocimientos compartidos, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada (CVU/Becario: 744608/595582). A los propietarios de los predios localizados en los municipios de Jalapa y Tacotalpa por el acceso, así como a mis compañeros Juan Ramón Hernández Ugalde, Tobit de la Cruz Coronel y Belén Rodríguez Guadarrama por su apoyo durante las salidas al campo y elaboración del mapa de estudio.

## REFERENCIAS

- Achondo, MJ, LF Casim, VP Bello, KC Tanalgo, AR Agduma, BP Bretaña, LS Mancao, JGS Salem, JP Supremo (2011) Rapid Assessment and Feeding Guilds of Birds in Selected Rubber and Oil Palm Plantations in North Cotabato. *Asian Journal of Biodiversity* 2(94): 103–120.
- Almeida, SM, LC Silva, MR Cardoso, PV Cerqueira, L Juen & MPD Santos (2016) The effects of oil palm plantations on the functional diversity of Amazonian birds. *Journal of Tropical Ecology* Available on CJO doi: 10.1017/S0266467416000377.
- Amit, B, AA Tuen, K Haron, MH harun & N Kamarudin (2015) The diet of yellow-vented bulbul (*Pycnonotus goiavier*) in oil palm agroecosystems. *Journal of Oil Palm Research* 27(4): 417–424.

Aratrakorn, S, S Thunhikorn & PF Donald (2006). Changes in bird communities following conversion of lowland forest to oil palm and rubber plantations in southern Thailand. *Bird Conservation International* 16: 71–82.

Arriaga-Weiss, SL, J Hernández de la Cruz, R Núñez-Cuevas, M Rodríguez-Evoli & L López-Juárez (2003) Avifauna del parque estatal de la Sierra, Municipios de Tacotalpa y Teapa, Tabasco. Informe Final Convenio SEDESPA-UJAT. 315 p.

Arriaga-Weiss, SL, S Calmé & C Kampichler (2008) Bird communities in rainforest fragments: guild responses to habitat variables in Tabasco, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17: 173–190.

Azhar B, DB Lindenmayer, J Wood, J Fischer, A Manning, C McElhinny & M Zakaria (2013) The influence of agricultural system, stand structural complexity and landscape context on foraging birds in oil palm landscapes. *Ibis* 155: 297–312.

Azman, NM, AL Nurul Salmi, MS Shahrul Anuar, MA Muin Md Akil, NJ Shafie & NL Khairuddin (2011) Avian Diversity and Feeding Guilds in a Secondary Forest, an Oil Palm Plantation and a Paddy Field in Riparian Areas of the Kerian River Basin, Perak, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research* 22(2): 45–64.

Bojorges-Baños, JC & L López-Mata (2006) Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 235–249.

Breiman, L, JH Friedman, RA Olshen & CJ Stone (1984) Classification and regression trees. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, Monterey. 358 p.



Cabrera-Gaillard, C (2003) Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. Serie de documentos técnicos No. 6. 20 p.

Casagrande, GD & SR Beisinger (1997) Evaluation of four methods for estimating parrot population size. *The Condor* 99: 445–457.

Castaño-Villa, GJ & JC Patiño-Zabala (2000) Cambios en la composición de la avifauna en Santa Helena Durante el Siglo XX. *Crónicas Forestal y del Medio Ambiente* 15(1): 1–25.

Castaño-Villa, GJ, JA Morales-Betancourt & ML Bedoya-Álvarez (2008) Aportes de una plantación forestal mixta a la conservación de la avifauna en el Cañón del Río Cauca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61(1): 4358–4365.

Ceccon, E & M Martínez-Ramos (1999) Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: Aplicación al caso de México. *Interciencia* 24(6): 352–359.

Chan-Rodríguez, M (2012) Estudio comparativo de la avifauna presente en acahuales de diferentes edades en Nacajuca, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Villahermosa, Centro, Tabasco.

Cornwell, WK, DW Schwilk & DD Ackerly (2006) A trait based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology* 87: 1465–1471.

Díaz-Bohórquez, AM, NJ Bayly, JE Botero & C Gómez (2014) Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana* 14: 3–27.

Dirzo, R, EN Broadbent, AM Almeyda-Zambrano, A Picado, R Acuña, M Moraga & D García (2014) Biodiversidad en las plantaciones de palma aceitera de la Región Osa-Golfito. Stanford Woods Institute for the Environment, Stanford University. San José, Costa Rica.

Dislich, C, AC Keyel, J Salecker, Y Kisel, KM Meyer, M Auliya, AD Barnes, MD Corre, K Darras, H Faust, B Hess, S Klasen, A Knohl, H Kreft, A Meijide, F Nurdiansyah, F Otten, G Pe'er, S Steinebach, S Tarigan, MH Tölle, T Tschamtkke & K Wiegand (2016) A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. *Biological Reviews* doi: 10.1111/brv.12295.

Dray, S, P Choler, S. Dolédec, PR Peres-Nieto, W Thuiller, S Pavoine & CJF Ter Braak (2014) Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology* (1): 14–21.

Edwards, FA, DP Edwards, KC Hamer & RG Davies (2013) Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *Ibis* 155: 313–326.

Edwards, FA, DP Edwards, TH Larsen, WW Hsu, S Benedick, A Chung, C Vun Khen, DS Wilcove & KC Hamer (2014). Does logging and forest conversion to oil palm agriculture alter functional diversity in a biodiversity hotspot? *Animal Conservation* 17: 163–173.

Estades, CF (1994) Impacto de la sustitución del bosque natural por plantaciones de *Pinus radiata* sobre una comunidad de aves en la Octava Región de Chile.

*Boletín Chileno de Ornitología* 1: 8–14.

Fitzherbert, EB, MJ Strebig, A Morel, F Danielsen, CA Brühl, PF Donald & B Phalan (2008) How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* 23: 538–545.

Flyn, DFB, M Gogol-Prokurat, T Nogueira, N Molinari, BT Richers, BB Lin, N Simpson, MM Mayfield & F Declerck (2009) Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters* 12: 22–33.

Ghadiri Khanaposhtani, M, M Kaboli, M Karami & V Etemad (2012) Effect of Habitat Complexity on Richness, Abundance and Distributional Pattern of Forest Birds. *Environmental Management* 50: 296–303.

Gómez-Ortiz, Y & CE Moreno (2017) La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation* 40.2.

Green, AJ & J Elmberg (2014) Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews* 89: 105–122.

Gutiérrez, D (2015) Aves y mamíferos en plantaciones de palma africana y el efecto del paisaje circundante sobre su diversidad, Costa Rica. Congreso Colombiano de Zoología. Conference Paper, Volumen 4.

Harvey, CA, C Villanueva, M Ibrahim, R Gómez, M López, S Kunth & FL Sinclair (2008) Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación. In Sáenz JC & CA Harvey (eds.). Evaluación y

conservación de la Biodiversidad en Paisajes Fragmentados de Mesoamérica. INBIO, Costa Rica.

Hofstede, R, J Lips, W Jongsma & J Sevink (1998) Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura. Editorial AbyaYala, Ecuador. 242 p.

Hutto, RL, SM Pletschet & P Hendricks (1986) A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk* 103: 593–602.

Ibarra, A, Arriaga-Weiss SL & A Estrada (2001) Avifauna Asociada a dos Cacaotales Tradicionales en la Región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34): 101–112.

Jacoboski, LI, A Mendonça-Lima & SM Hartz (2016) Structure of birds communities in eucalyptus plantations: nestedness as a pattern on species distribution. *Brazilian Journal of Biology* 76: 583–591.

Knowlton, JL, CC Phifer, PV Cerqueira, F De Carvalho Barro, LS Oliveira, CM Fiser, NM Becker, MR Cardoso, DJ Flaspohler & MPD Santos (2017) Oil Palm Plantations Affect Movement Behavior of a Key Member of Mixed-Species Flocks of Forest Birds in Amazonia, Brazil. *Tropical Conservation Science* 10: 1–10, DOI: 10.1177/1940082917692800.

Koh, LP (2008) Can oil palm plantations be made more hospitable for forest butterflies and birds?. *Journal of Applied Ecology* 45: 1002–1009.

Koh, LP & GL Tiong (2008) Un Estudio sobre la biodiversidad de la agricultura de la palma de aceite en plantaciones de KLK en Sabah, Malasia: un informe preliminar. *Palmas* 29(1): 47–56.

Koller-González, JM (2012) Avifauna asociada a potreros en la Unidad de Manejo Forestal de la Sierra de Teapa, Tacotalpa y Macuspana, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Villahermosa, Centro, Tabasco.

Luck, GW, A Carter & L Smallbone (2013) Changes in bird functional diversity across multiple and uses: interpretations of functional redundancy depend on functional group identity. *PLoS ONE* 8: e63671–e63671.

Malhi, Y, TA Gardner, GR Goldsmith, MR Silman & P Zelazowski (2014) Tropical forests in the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources* 39: 125–159.

Mason, NWH, D Mouillot, WG Lee & JB Wilson (2005) Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111: 112–118.

Mouchet, MA, S Villéger, NWH Mason & D Mouillot (2006) Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology* 24: 867–876.

Nájera A & JA Simonetti (2010) Can oil palm plantations become bird friendly?. *Agroforestry Systems* 80: 203–209.

Orlandi-Laureto, LM, MV Cianciaruso & DS Menezes-Samia (2015) Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação* 13: 112–116.

Oosting, HJ (1956) The study of plant communities. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Pavoine, S, J Vallet, AB Dufour, S Gachet & H DANIEL (2009) On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. *Oikos* 118: 391–402.

Peh, KS, NS Sodhi, J De Jong, CH Sekercioglu, CA Yap & SL Lim (2006) Conservation value of degraded habitats for forest birds in southern Peninsular Malaysia. *Diversity and Distributions* 12: 572–581.

Pérez-Pérez, MF (2004) Efecto de la estructura de las plantaciones de *Pinus radiata* sobre su calidad como hábitat para aves en Constitución. Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Pérez, LA, SM Sousa, AM Hanan, F Chiang & P Tenorio (2005) Vegetación Terrestre. Pp 65-110. In Bueno J. Álvarez et al. (eds) Biodiversidad del Estado de Tabasco. UNAM-CONABIO, México. 370 p.

Petchey OL & K Gaston (2006) Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9: 741–758.

Pierre, JI & KE Kovalenko (2014) Effect of habitat complexity attributes on species richness. *Ecosphere* 5(2): 1–10.

Prescott, GW, JJ Gilroy, T Hugaasen, CAM Uribe, WA Foster & DP Edwards (2016) Reducing the impacts of Neotropical oil palm development on functional diversity. *Biological Conservation* 197: 139–145.

Ralph, CJ, GR Geupel, TF Marti, DF Desante & B Mila (1996) Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW.CTR-149, Albany, CA: Pacific southwest Research station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. 187 p.

- Salazar-Conde, EC, J Zavala-Cruz, O Castillo-Acosta & R Cámara-Artigas (2004) Evaluación espacial y temporal de la Sierra Madrigal, Tabasco, México (1973-2003). Pp 7-23 in *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM.*
- Sánchez, S & CF Ortiz (1998) Oil palm pests and pollinators in Tabasco, Mexico. *ASD Oil Palm Papers* 18: 25–28.
- Sánchez, S (2000) Vertebrados silvestres registrados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México. *ASD Oil Palm Papers* 20: 17–18.
- Sánchez, AJ & EB Munguía (2005) Vegetación Terrestre. Pp 1-16. In Bueno J. Álvarez et al. (eds). *Biodiversidad del Estado de Tabasco. UNAM-CONABIO, México.* 370 p.
- Savilaakso, S, C García, J García-Ulloa, J Ghazoul, M Groom, MR Guariguata, Y Laumonier, R Nasi, G Petrokofsky, J Snaddon & M Zrust (2014). Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environmental Evidence* 3:4.
- Sayer, CA, JM Bullock & PA Martin (2017) Dynamics of avian species and functional diversity in secondary tropical forests. *Biological Conservation* 211: 1–9.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa#335> [Acceso 16 de Septiembre del 2017].
- Şekercioğlu, CH (2012) Bird functional diversity and ecosystem services in tropical forests, agroforests and agricultural areas. *Journal of Ornithology* 153: S153–S161.
- SEDESPA. 2005. Áreas Naturales Protegidas de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Tabasco, México. 28p.

Tews, J, U Brose, V Grimm, K Tielbörger, M Wichmann, M Schwager & F Jeltsch (2004) Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79–92.

Van Der Wal, H, B Peña-Álvarez, SL Arriaga-Weiss & S Hernández-Daumás (2012) Species, functional groups, and habitat preferences of birds in five agroforestry in Tabasco, Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 124(3): 558–571.

Velázquez-Martínez, JR & A. Gómez-Vázquez (2010) Palma africana en Tabasco: Resultados de investigación. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 225 p.

Villéger, S, NWH Mason & D Mouillot (2008) New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89: 2290–2301.

Wilman, H, J Belmaker, J Simpson, C de la Rosa, MM Rivadeneira & W Jetz (2014) EltonTraits 1.0: Species level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology* 95:2027.

**Anexo 1.** Lista de especies registradas en los cuatro elementos del paisaje de la Sierra Tabasqueña (2016-2017). \*=Especies migratorias. AC=Acahual, PA=Palma africana adulta, PJ=Palma africana joven, PZ=Pastizal.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia				Total
		AC	PA	PJ	PZ	
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	0	0	1	14	15
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	4	0	0	0	4
<i>Amazilia candida</i>	Colibrí cándido	2	0	0	1	3
<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí vientre canelo	18	15	5	1	39
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	31	2	0	37	70
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro cachetes amarillos	6	0	0	33	39
<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique pico claro	1	0	0	0	1
<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí garganta negra	1	0	0	0	1
<i>Aramides cajaneus</i>	Rascón cuello gris	7	0	1	1	9
<i>Arremonops chloronotus</i>	Rascón dorso verde	1	1	0	0	2



Nombre científico	Nombre común	Abundancia				
		AC	PA	PJ	PZ	Total
<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván americano	0	0	1	56	57
<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla gris	0	1	0	0	1
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	2	3	1	0	6
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca tropical	16	0	0	4	20
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	0	7	11	29	47
<i>Cardellina pusilla</i> *	Chipe corona negra	0	1	2	0	3
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	0	1	0	4	5
<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote sabanero	4	1	4	1	10
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café	2	0	0	0	2
<i>Coccyzus americanus</i> *	Cuclillo pico amarillo	0	0	1	0	1
<i>Columbina inca</i>	Totolita cola larga	0	0	0	1	1
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita canela	2	1	9	3	15
<i>Contopus virens</i> *	Papamoscas del Este	1	1	0	1	3
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	5	2	11	69	87
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	2	2	7	24	35
<i>Cyanocompsa parellina</i>	Colorín azulnegro	1	0	0	0	1
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	22	2	0	0	24
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	49	13	13	25	100
<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	7	1	0	18	26
<i>Dumetella carolinensis</i> *	Maulador gris	51	54	70	6	181
<i>Elanus leucurus</i>	Milano cola blanca	0	0	3	0	3
<i>Empidonax flaviventris</i> *	Papamoscas vientre amarillo	0	0	1	0	1
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	4	0	0	8	12
<i>Euphonia hirundinacea</i>	Eufonia garganta amarilla	6	0	1	0	7
<i>Eupsittula nana</i>	Perico pecho sucio	22	4	0	34	60
<i>Falco femoralis</i>	Halcón fajado	0	0	0	5	5
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	0	0	2	6	8
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	0	0	0	3	3
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	6	2	24	2	34
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajo	4	1	2	3	10
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón guaco	5	1	1	2	9
<i>Hylocichla mustelina</i> *	Zorzal moteado	3	6	5	0	14
<i>Icteria virens</i> *	Chipe grande	2	0	3	0	5
<i>Icterus galbula</i> *	Calandria de Baltimore	4	0	2	0	6
<i>Icterus gularis</i>	Calandria dorso negro mayor	40	5	8	17	70
<i>Icterus spurius</i> *	Calandria castaña	2	0	2	10	14
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteño	0	0	0	25	25
<i>Laterallus ruber</i>	Polluela canela	1	0	1	7	9
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	42	4	1	0	47
<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso	9	0	3	1	13
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	50	25	30	63	168
<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical	0	0	0	3	3
<i>Mniotilta varia</i> *	chipe trepador	5	0	0	3	8
<i>Momotus momota</i>	Momoto corona azul	6	1	0	0	7
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	24	1	1	2	28
<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito común	31	2	4	1	38
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotocabras pauraque	2	0	1	0	3
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca oriental	34	0	3	6	43

Nombre científico	Nombre común	Abundancia				
		AC	PA	PJ	PZ	Total
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Cabezón degollado	9	0	0	0	9
<i>Parkesia noveboracensis</i> *	Chipe charquero	9	7	18	0	34
<i>Passerina ciris</i> *	Colorín sietecolore	0	0	1	0	1
<i>Passerina cyanea</i> *	Colorín azul	0	2	7	0	9
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	3	0	2	16	21
<i>Phaethornis longirostris</i>	Colibrí ermitaño pico largo	2	0	0	0	2
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Saltapared moteado	11	0	0	0	11
<i>Piaya cayana</i>	Cuculillo canelo	6	0	1	0	7
<i>Piranga rubra</i> *	Piranga roja	2	1	0	1	4
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	70	21	21	38	150
<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita azulgris	0	1	1	2	4
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola de Moctezuma	63	31	27	2	123
<i>Psilorhinus morio</i>	Chara pea	160	120	125	178	583
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo collarejo	1	0	0	0	1
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	0	0	0	23	23
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor	0	90	99	192	381
<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguililla caminera	24	44	54	78	200
<i>Saltator atriceps</i>	Saltator cabeza negra	2	0	0	0	2
<i>Saltator coerulescens</i>	Saltator gris	8	0	0	2	10
<i>Seiurus aurocapilla</i> *	Chipe suelero	0	1	4	0	5
<i>Setophaga citrina</i> *	Chipe encapuchado	2	10	5	0	17
<i>Setophaga dominica</i> *	Chipe garganta amarilla	0	4	6	0	10
<i>Setophaga magnolia</i> *	Chipe de Magnolias	12	10	7	7	36
<i>Setophaga petechia</i> *	Chipe amarillo	3	4	14	13	34
<i>Setophaga ruticilla</i> *	Pavito migratorio	39	74	45	15	173
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	2	2	58	72	134
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alas aserradas	0	0	0	48	48
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo collar blanco	0	0	0	17	17
<i>Stumella magna</i>	Pradero tortillaconchile	0	0	1	105	106
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	Hormiguero pepito	16	0	0	0	16
<i>Thraupis abbas</i>	Tángara alas amarillas	3	0	0	2	5
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara azulgris	0	0	1	0	1
<i>Tityra semifasciata</i>	Titira puerquito	4	0	0	1	5
<i>Trogon massena</i>	Trogon cola oscura	1	0	0	0	1
<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon pechiamarillo cabecinegro	13	0	0	0	13
<i>Turdus grayi</i>	Calandria	16	4	3	3	26
<i>Tyrannus forficatus</i> *	Tirano tijereta rosado	0	0	0	1	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano pirí	0	0	2	40	42
<i>Tyrannus savana</i>	Tirano tijereta gris	0	0	0	6	6
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	0	2	0	0	2
<i>Vireo griseus</i>	Vireo ojos blancos	2	0	2	0	4
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	0	0	4	8	12
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	2	2	2	2	8

## CONCLUSIONES

La composición avifaunística mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los elementos del paisaje. La mayor riqueza y abundancia de aves se presentó en el pastizal, esto debido a que la mayoría de las especies reportadas tienden a ser gregarias y son generalistas o especialistas de áreas abiertas, es decir, son especies que toleran y pueden adaptarse a las modificaciones en su medio. Con respecto a la diversidad, el acahual fue 1.16, 1.46 y 2.08 veces más diverso en comparación con el pastizal, la plantación de palma joven y la plantación de palma adulta, esto puede atribuirse a la heterogeneidad y complejidad estructural de la vegetación en los acahuales, lo que se traduce en una mayor variabilidad de nichos y especies especialistas asociadas a éstas.

Las plantaciones de palma africana, independientemente de su edad, no presentaron diferencias significativas en cuanto a la composición y estructura de la comunidad de aves. Fueron los sitios con menor riqueza de especies y diversidad avifaunística y esto podría explicarse por la estructura homogénea de las plantaciones (edad uniforme de la palma, dosel bajo, arbusto escaso, microclima inestable), lo que conlleva a una menor variabilidad de nichos y ensamble de aves más comunes. Especies como el zanate (*Quiscalus mexicanus*) y chara pea (*Psilorhinus morio*) fueron las aves más dominantes durante los monitoreos, marcando diferencias significativas entre los elementos del paisaje. Ambas especies tuvieron una mayor incidencia en las plantaciones de palma africana, debido a sus capacidades para variar sus estrategias de alimentación y adaptarse a ambientes antrópicos.

La diversidad funcional, considera como una medida de la biodiversidad que permite analizar los roles o funciones de las especies en los ecosistemas, fue mayor en los acahuales. Las características de la vegetación en este tipo de ambientes, como una mayor cobertura del dosel, sotobosque y diversidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas permite la colonización de aves con una mayor variedad de rasgos funcionales donde los recursos son utilizados de manera más eficiente.

El rasgo funcional más afectado por la conversión de acahuales y pastizales a plantaciones de palma africana es la dieta. Las aves frugívoras y nectarívoras tienen una alta probabilidad de ausentarse en este tipo de monocultivos, ya que la presencia de una especie arbórea dominante no permite el suministro de este tipo de dietas, por lo tanto es imposible para estas especies colonizar estas plantaciones. Por otro lado, aves carroñeras, insectívoras, omnívoras y rapaces que se alimentan de vertebrados (i.e. roedores, reptiles) suelen ser especies más generalistas adaptadas a ambientes antrópicos, siendo favorecidas por las plantaciones de palma.

En general, las plantaciones de palma africana reducen la riqueza y diversidad de las aves. En países de Centroamérica y Sudamérica grandes extensiones de bosques han sido deforestados para la producción de este monocultivo, como resultado de la creciente demanda de aceites vegetales y biocombustibles a nivel mundial. Sin embargo, en nuestro sitio de estudio las plantaciones se han establecido en zonas ganaderas o pastizales, que a pesar de ser consideradas ambientes pobres en biodiversidad albergan una mayor riqueza y diversidad avifaunística, ya que una matriz permeable y de alta calidad (i.e. con la

mayor densidad de árboles posible, cercos vivos) resulta ser mucho más atractivo para las aves debido a su heterogeneidad (diferentes especies arbóreas, sitios de anidación y forrajeo), esto comparado con las plantaciones de palma. Sin embargo, es importante recalcar que la vegetación original, los bosques y selvas serán siempre la mejor opción de conservación, ya que estos ambientes albergan una gran diversidad de aves con una mayor variedad de rasgos funcionales para el correcto funcionamiento de los ecosistemas.

Por otro lado, a pesar de los efectos que el cultivo de la palma africana tiene sobre la biodiversidad, es notable la importancia de estas plantaciones para la sociedad debido a los ingresos económicos y empleos que se han generado, así como los beneficios para la salud y su aportación al desabasto de aceites vegetales. En este contexto, es importante considerar acciones que eviten o alteren de forma importante el entorno ecológico. El establecimiento de especies arbóreas nativas dentro de las plantaciones como su cercanía a los bosques y retención de fragmentos de acahual a los límites del cultivo, mejoraría la diversidad taxonómica y funcional de las aves. Como en el caso de dos de las 12 plantaciones de palma monitoreadas, donde un corredor de árboles de cedro (*Cedrela odorata*) permitió la percha de pericos pecho sucio (*Eupsittula nana*) y loros frente blanca (*Amazona albifrons*) dentro del cultivo; mientras que la cercanía de fragmentos de acahual y la Sierra Madrigal, originó la presencia de oropéndola de Moctezuma (*Psarocolius montezuma*) alimentándose del fruto de la palma. Así mismo, durante la época reproductiva se pudo observar la presencia del colibrí vientre canelo (*Amazilia yucatanensis*) recolectando material de los helechos para la fabricación de sus nidos.

Futuras investigaciones deberían evaluar el efecto de los monocultivos sobre la diversidad funcional de las aves, así como la importancia de estas plantaciones para las aves migratorias, ya que fue en las plantaciones de palma africana donde se registró una mayor abundancia y riqueza de especies.

#### LITERATURA CITADA

Almeida, SM, LC Silva, MR Cardoso, PV Cerqueira, L Juen & MPD Santos (2016) The effects of oil palm plantations on the functional diversity of Amazonian birds. *Journal of Tropical Ecology*, Available on CJO doi: 10.1017/S0266467416000377.

Aratrakorn, S, S Thunhikorn & PF Donald (2006) Changes in bird communities following conversion of lowland forest to oil palm and rubber plantations in southern Thailand. *Bird Conservation International* 16: 71–82.

Arriaga-Weiss, SL, J Hernández de la Cruz, R Núñez Cuevas, M Rodríguez Evoli & L López Juárez (2003) Avifauna del parque estatal de la Sierra, Municipios de Tacotalpa y Teapa, Tabasco. Informe Final. Convenio SEDESPA-UJAT. 315 p.

Arriaga-Weiss, SL, S. Calmé & C Kampichler (2008). Bird communities in rainforest fragments: guild responses to habitat variables in Tabasco, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17: 173–190.

Azhar, B, DB Lindenmayer, J Wood, J Fischer, A Manning, C McElhinny & M Zakaria (2013) The influence of agricultural system, stand structural complexity and landscape context on foraging birds in oil palm landscapes. *Ibis* 155: 297–312.

Azhar, B, CL Puan, N Aziz, M Sainuddin, N Adila, S Samsuddin, S Asmah, M Syafiq, SA Razak, A Hafizuddin, A Hawa & S Jamian (2015) Effects of in situ habitat quality

and landscape characteristics in the oil palm agricultural matrix on tropical understory birds, fruit bats and butterflies. *Biodiversity Conservation* 24: 3125–3144.

Azman, NM, AL Nurul Salmi, MS Shahrul Anuar, MA Muin Md Akil, NJ Shafie & NL Khairuddin (2011) Avian Diversity and Feeding Guilds in a Secondary Forest, an Oil Palm Plantation and a Paddy Field in Riparian Areas of the Kerian River Basin, Perak, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research* 22(2): 45–64.

Berlanga-García, H, H Gómez De Silva, VM Vargas-Canales, V Rodríguez-Contreras, LA Sánchez-González, R Ortega-Álvarez & R Calderón-Parra (2015) Aves de México, Lista actualizada de especies y nombres comunes. Primera Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 117 p.

Breiman, L, JH Friedman, RA Olshen & CJ Stone (1984) Classification and regression trees. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, Monterey. 358 p.

Cabrera-Gaillard, C (2003) Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. Serie de documentos técnicos No. 6. 20 p.

Castaño-Villa, GJ & JC Patiño-Zabala (2000) Cambios en la composición de la avifauna en Santa Helena Durante el Siglo XX. *Crónicas Forestal y del Medio Ambiente* 15(1): 1–25.

Castaño-Villa, GJ, JA Morales-Betancourt & ML Bedoya-Álvarez (2008) Aportes de una plantación forestal mixta a la conservación de la avifauna en el Cañón del Río

Cauca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61: 4358–4365.

Chan-Rodríguez, M (2012) Estudio comparativo de la avifauna presente en acahuales de diferentes edades en Nacajuca, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Chao, A, WH Hwang, YC Chen & CY Kuo (2000) Estimating the number of shared species in two communities. *Statistica Sinica* 10: 227–246.

Chao, A, RL Chazdon, RK Colwell & TJ Shen (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters* 8: 148–159.

Ceccon, E & M Martínez-Ramos (1999) Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: Aplicación al caso de México. *Interciencia* 24(6): 352–359.

Cornwell, WK, DW Schwilk & DD Ackerly (2006) A trait based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology* 87: 1465–1471.

Diario Oficial de la Federación (2010) 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. Diario Oficial de la Federación, 30 de Diciembre de 2010.

Dirzo, R, EN Broadbent, AM Almeyda-Zambrano, A Picado, R Acuña, M Moraga & D García (2014) Biodiversidad en las plantaciones de palma aceitera de la Región



Osa-Golfito. Stanford Woods Intitute for the Environment, Stanford University. San José, Costa Rica.

Dislich, C, AC Keyel, J Salecker, Y Kisel, KM Meyer, M Auliya, AD Barnes, MD Corre, K Darras, H Faust, B Hess, S Klasen, A Knohl, H Kreft, A Meijide, F Nurdiansyah, F Otten, G Pe'er, S Steinebach, S Tarigan, MH Tölle, T Tschardtke & K Wiegand (2016) A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. *Biological Reviews* doi: 10.1111/brv.12295.

Dray, S, P Choler, S. Dolédec, PR Peres-Nieto, W Thuiller, S Pavoine & CJF Ter Braak (2014) Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology* (1): 14–21.

Edwards, FA, DP Edwards, KC Hamer & RG Davies (2013) Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *Ibis* 155: 313–326.

Edwards, FA, DP Edwards, TH Larsen, WW Hsu, S Benedick, A Chung, C Vun Khen, DS Wilcove & KC Hamer (2014). Does logging and forest conversion to oil palm agriculture alter functional diversity in a biodiversity hotspot? *Animal Conservation* 17: 163–173.

Estades, CF (1994) Impacto de la sustitución del bosque natural por plantaciones de *Pinus radiata* sobre una comunidad de aves en la Octava Región de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 1: 8–14.

Fitzherbert, EB, MJ Strebig, A Morel, F Danielsen, CA Brühl, PF Donald & B Phalan (2008) How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* 23: 538–545.

Flynn, DFB, M Gogol-Prokurat, T Nogeire, N Molinari, BTRichers, BBLin, N Simpson, MM Mayfield & F Declerck (2009) Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters* 12: 22–33.

Gómez-Ortiz, Y & CE Moreno (2017) La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation* 40.2.

Gordillo Chávez, EJ (2007) Los mamíferos terrestres del Parque Estatal la Sierra, Tabasco, registrados por cinco métodos de muestreo. Tesis Profesional, Licenciado en Ecología. UJAT.

Green, AJ & J Elmer (2014) Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews* 89: 105–122.

Gutiérrez, D (2015) Aves y mamíferos en plantaciones de palma africana y el efecto del paisaje circundante sobre su diversidad, Costa Rica. Congreso Colombiano de Zoología. <http://www.researchgate.net/publication/269465161> [Acceso 08 de Julio del 2015].

Guzmán Nieto, LA (2011) Herpetofauna de dos áreas ecoturísticas con diferente grado de perturbación en el Parque Estatal la Sierra, Tacotalpa, Tabasco. Tesis Profesional, Licenciado en Biología. UJAT.

Harvey, CA, C Villanueva, M Ibrahim, R Gómez, M López, S Kunth & FL Sinclair (2008) Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación. In Sáenz. JC & CA Harvey (eds.). Evaluación y conservación de la Biodiversidad en Paisajes Fragmentados de Mesoamérica., INBIO, Costa Rica.

Hofstede, R, J Lips, W Jongsma & J Sevink (1998) Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura. Editorial AbyaYala, Ecuador. 242 p.

Howell, NG & S Webb (1995) The birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. U.S. 851 p.

Hutto, RL, SM Pletschet & P Hendricks (1986). A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk* 103: 593–602.

Jacoboski, LI, A Mendonça-Lima & SM Hartz (2016) Structure of birds communities in eucalyptus plantations: nestedness as a pattern on species distribution. *Brazilian Journal of Biology* 76: 583–591.

Kauffman, K (2005) Guía de Campo a las aves de Norteamérica. Edit. Hillstar. L.c. 392 p.

Knowlton, JL, CC Phifer, PV Cerqueira, F de Carvalho Barro, SL Oliveira, CM Fiser, NM Becker, MR Cardoso, DJ Flaspohler & MP Dantas Santos (2017) Oil Palm Plantations Affect Movement Behavior of a Key Member of Mixed-Species Flocks of Forest Birds in Amazonia, Brazil. *Tropical Conservation Science* 10: 1-10, DOI: 10.1177/1940082917692800.

Koh, LP (2008) Can oil palm plantations be made more hospitable for forest butterflies and birds?. *Journal of Applied Ecology* 45: 1002–1009.

Koh, LP & GL Tiong (2008). Un Estudio sobre la biodiversidad de la agricultura de la palma de aceite en plantaciones de KLK en Sabah, Malasia: un informe preliminar. *Palmas* 29: 47–56.

Luck, GW, A Carter & L Smallbone (2013) Changes in bird functional diversity across multiple land uses: interpretations of functional redundancy depend on functional group identity. *PLoS ONE* 8: e63671–e63671.

Magurran, AE (2010) *Measuring Biological Diversity*. Malden, US. Blackwell Science. 253 p.

Malhi, Y, TA Gardner, GR Goldsmith, MR Silman & P Zelazowski (2014) Tropical forests in the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources* 39: 125–159.

Mouchet, MA, S Villéger, NWH Mason & D Mouillot (2006) Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology* 24: 867–876.

National Geographic Society (2006) *Field guide to the birds of North America* Nat. Geog. Soc. Washington, DC. 503 p.

Oosting, HJ (1956) *The study of plant communities*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Orlandi-Laureto, LM, MV Cianciaruso & DS Menezes-Samia (2015) Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação* 13: 112–116.

Pavoine, S, J Vallet, AB Dufour, S Gachet & H DANIEL (2009) On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. *Oikos* 118: 391–402.

Pérez-Pérez, MF (2004) Efecto de la estructura de las plantaciones de *Pinus radiata* sobre su calidad como hábitat para aves en Constitución. Tesis para obtener el

grado de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Petchey OL & K Gaston (2006) Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9: 741–758.

Peterson, RT & EL Chalif (2008) Aves de México. Guía de Campo. Ed. Diana. México. 473 p.

Prescott, GW, JJ Gilroy, T Haugaasen, CAM Uribe, WA Foster & DP Edwards (2016) Reducing the impacts of Neotropical oil palm development on functional diversity. *Biological Conservation* 197: 139–145.

Ralph, CJ, GR Geupel, TF Marti, DF Desante & B Mila (1996) Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW.CTR-149, Albany, CA: Pacific southwest Research station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. 187 p.

Salazar-Conde, EC, J Zavala-Cruz, O Castillo-Acosta & R Cámara-Artigas (2004) Evaluación espacial y temporal de la Sierra Madrigal, Tabasco, México (1973-2003). Investigaciones Geográficas, UNAM. *Boletín del Instituto de Geografía* (54): 7–23.

Sánchez, S (2000) Vertebrados silvestres registrados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México. *ASD Oil Palm Papers* (20): 17–18.

Sánchez, AJ & EB Munguía (2005) Vegetación Terrestre. In Bueno J Álvarez *et al.* (eds) Cap. 1: 1–16. Biodiversidad del Estado de Tabasco. UNAM-CONABIO, México. 370 p.

Savilaakso, S, C García, J Garcia-Ulloa, J Ghazoul, M Groom, MR Guariguata, Y Laumonier, R Nasi, G Petrokofsky, J Snaddon & M Zrust (2014) Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environmental Evidence*. 20 p.

Sayer, CA, JM Bullock & PA Martin (2017) Dynamics of avian species and functional diversity in secondary tropical forests. *Biological Conservation* 211: 1–9.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa#335> [Acceso 16 de Septiembre del 2017].

SEDESPA. 2005. Áreas Naturales Protegidas de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Tabasco, México. 28p.

Şekercioğlu, CH (2012) Bird functional diversity and ecosystem services in tropical forests, agroforests and agricultural areas. *Journal of Ornithology* 153: S153–S161.

Van Der Wal, H, B Peña-Álvarez, SL Arriaga-Weiss & S Hernández-Daumás (2012) Species, functional groups, and habitat preferences of birds in five agroforestry in Tabasco, Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 124(3): 558–571.

Velázquez-Martínez, JR & A Gómez-Vázquez (2010) Palma africana en Tabasco: Resultados de investigación. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 225 p.

Villéger, S, NWH Mason & D Mouillot (2008) New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89: 2290–2301.

Wilman, H, J Belmaker, J Simpson, C de la Rosa, MM Rivadeneira & W Jetz (2014) EltonTraits 1.0: Species level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology* 95:2027.