



Mammal composition in an agroforest system with oil palm plantations, Campeche, Mexico †

[Composición de mamíferos en un sistema agroforestal con plantaciones de palma africana, Campeche, México]

Oscar Gustavo Retana Guiascón

Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n, Col. Buenavista, CP 24039. San Francisco de Campeche, Campeche, México. Email: ogretana@uacam.mx

SUMMARY

Background: The expansion of oil palm farming in Mexico has generated a debate about the socio-environmental impacts it is causing. Regarding the effects on biodiversity and faunal communities, there is a lack of information, since only five studies are registered, two are prospective inventories of vertebrates and three that compare mammals and amphibians diversity between plantations and fragments of natural vegetation. **Objective:** To compare the composition of terrestrial mammals in an agroforestry system with productive conversion to oil palm plantations. **Methodology:** In the ejido Chekubul, Campeche, México, from photo-trapping stations, alpha diversity, species richness and relative abundance were obtained for a palm plantation and a remnant of medium sub-evergreen forest. **Results:** For the palm grove and the forest, 1026 and 1443 photographic captures were obtained that belong to individual records of 11 and 10 species of wild mammals. In both types of vegetation, the abundance was dominated by three species tolerant to disturbance: *Dasyprocta punctata*, *Nasua narica* and *Pecari tajacu*. Mesopredators (*Leopardus wieddi* and *Leopardus pardalis*) were also recorded, as well as specialist species (*Tamandua mexicana* and *Dasyurus novemcinctus*) and generalists (*Procyon lotor* and *Didelphis marsupialis*). **Implications:** Diversity indicators showed that there were no significant differences between the palm plantation and the forest, having that the species composition recorded for both vegetation covers correspond to the same faunal community, which uses the mosaic of agroforestry units (remnants of primary and secondary vegetation, low-scale palm plantations <60 ha, pastures, self-consumption crops, bodies of water), to move in search of food resources, shelter and rest areas. **Conclusions:** The strategy of productive conversion to agroforestry systems can be a better alternative, to agro-industrial plantations, to promote wild mammal diversity in agricultural landscapes where palm activity expands, being essential to maintain the heterogeneity of the landscape by primarily ensuring the conservation of the remnants of natural vegetation and that the oil palm plantations to be small-scale.

Key words: agroecosystem; conservation; photo-trapping; productive reconversion; Yucatan Peninsula.

RESUMEN

Antecedentes: En México, la expansión del cultivo de palma africana ha generado un debate sobre los impactos socioambientales que está ocasionando. En cuanto a los efectos sobre la biodiversidad y las comunidades faunísticas en particular existe un vacío de información, ya que únicamente se registran cinco estudios, dos son inventarios prospectivos de vertebrados y tres que comparan la diversidad de mamíferos y anfibios entre plantaciones y fragmentos de vegetación natural. **Objetivo:** Comparar la composición de mamíferos terrestres en un sistema agroforestal con reconversión productiva a plantaciones de palma africana. **Metodología:** En el ejido Chekubul, Campeche, México, a partir de estaciones de fototrampeo se obtuvo la diversidad alfa, riqueza de especies y abundancia relativa para una plantación de palma y un remanente de selva mediana subperennifolia. **Resultados:** Para el palmar y la selva se obtuvieron 1026 y 1443 capturas fotográficas que pertenecen a registros individuales de 11 y 10 especies de mamíferos silvestres. En ambos tipos de vegetación la abundancia estuvo dominada por tres especies tolerantes al disturbio: *Dasyprocta punctata*, *Nasua narica* y *Pecari tajacu*. También se registraron mesodepredadores (*Leopardus wieddi* y *Leopardus pardalis*), así como especies especialistas (*Tamandua mexicana* y *Dasyurus novemcinctus*) y generalistas (*Procyon lotor* y *Didelphis marsupialis*). **Implicaciones:** Los indicadores de diversidad mostraron que no hubo diferencias significativas entre la plantación de palma y la selva, teniendo que la composición de especies registrada para ambas coberturas vegetales corresponden a una misma comunidad faunística, la cual utiliza el mosaico de

† Submitted September 17, 2025 – Accepted March 5, 2026. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6608>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = O. G. Retana-Guiascón: <http://orcid.org/0000-0001-5765-8506>

unidades agroforestales (remanentes de vegetación primaria y secundaria, plantaciones de palma de baja escala <60 ha, pastizales, cultivos de autoconsumo, cuerpos de agua), para desplazarse en busca de recursos alimenticios, refugio y zonas de descanso. **Conclusiones:** La estrategia de reconversión productiva a sistemas agroforestales puede ser una mejor alternativa, que las plantaciones agroindustriales, para favorecer la diversidad de mamíferos silvestres en paisajes agropecuarios en donde se expanda la actividad palmera, siendo fundamental mantener la heterogeneidad del paisaje asegurando primariamente la conservación de los remanentes de vegetación natural y que la actividad palmera sea de baja escala.

Palabras clave: agroecosistema; conservación; fototrampeo; reconversión productiva; Península de Yucatán.

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis*) es el cultivo oleaginoso de mayor producción y demanda a nivel global (IUFRAAW, 2015; USDA, 2025). El aceite de esta palmácea es utilizado para las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y energética. Sin embargo, su acelerado crecimiento y expansión en las últimas décadas en las regiones tropicales de África y Latinoamérica que se caracterizan por su alta biodiversidad, ha generado preocupación por los impactos sociales y ambientales que puede ocasionar (PNUMA; 2008). Un informe de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), reportó que en Indonesia y Malasia, en donde se produce el 83% de aceite de palma a nivel mundial, se concentran los mayores impactos ambientales, destacando la deforestación, incendios que generan problemas respiratorios a los pobladores locales y especies animales, contaminación de suelos y acuíferos por uso de plaguicidas, pérdida de hábitat de especies en peligro de extinción e incluso la proliferación de enfermedades zoonóticas (Nichol, 1997; Hooijer *et al.*, 2012; Meijaard *et al.*, 2018). Para América, las plantaciones de la palmácea se han establecido en Nicaragua, Panamá, Costa Rica, Brasil, Venezuela, Perú, Ecuador y Colombia, reportándose que los mayores porcentajes de área deforestada se ubican en la región amazónica, por lo que de continuar esta tendencia la biodiversidad que ahí habita se clasificará en estado vulnerable (Vijay *et al.*, 2016; PNUD-México, 2019).

En el caso de México, el cultivo de *E. guineensis* se remonta al año 1943 con una siembra en un Campo Agrícola Experimental en el estado de Guerrero y para 1952 se reportan las primeras plantaciones en la finca La Lima, región del Soconusco, Chiapas (Hernández *et al.* 2018; Castellanos, 2023). En la década de 1990, la actividad palmera en México se fortaleció mediante programas gubernamentales de subsidio a productores ejidales orientados a la “reconversión productiva” para transformar terrenos de baja productividad en sistemas agroforestales que mejoraran los medios de vida rurales y promovieran la resiliencia ecológica (Palacios, 2003; Arias *et al.*, 2007; Santacruz *et al.*, 2014; Linares *et al.*, 2018; Castellanos, 2023). Actualmente, se reporta una superficie total sembrada de palma africana de 129,838.85 ha, de las cuales el

46.1% se localizan en el estado de Chiapas, 25.6% en Campeche, 22.4% en Tabasco y 5.9% en Veracruz (FEMEXPALMA, 2024). En la última década se han establecido plantaciones mayores a 1000 ha de empresas de capital privado, cuya expansión se arguye que ha causado la deforestación de vegetación natural, lo que contraviene el esquema de reconversión productiva de plantaciones agroforestales (Fletes *et al.*, 2013; Furumo y Aide, 2017).

En cuanto al conocimiento de los impactos ambientales que ha conllevado el desarrollo de la actividad palmera en el sureste de México, en particular sobre las comunidades faunísticas, es muy limitado (Vega-Leinert *et al.*, 2021). Únicamente se registran cinco estudios, dos son inventarios prospectivos de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), uno realizado en el estado de Tabasco en una plantación experimental de 12 ha con asociaciones de pastos, cocoteros y vegetación secundaria, señalando que este sistema agroforestal sirve como sitio de alimentación, refugio y vía de acceso hacia otros hábitats para las 26 especies registradas (Sánchez, 2000). El otro inventario se realizó para tres plantaciones privadas (> 1500 ha) ubicadas en el estado de Campeche, reportando que la mayor diversidad de especies se registró en la plantación en la que se conservó un fragmento de 200 ha de vegetación natural y un arroyo con vegetación riparia (Mejénes *et al.*, 2019). Se reportan dos estudios que evaluaron la diversidad de mamíferos entre plantaciones de palma africana de baja escala (< 60 ha) y fragmentos de vegetación secundaria en la región de la sierra de los municipios de Teapa, Tacotalpa y Jalapa (Knowlton *et al.*, 2019) y en el municipio de Tenosique, Tabasco (Franquesa *et al.*, 2023). Ambos estudios coincidieron en que no hubo diferencias significativas entre la riqueza de especies o la abundancia relativa, sugiriendo que las plantaciones de palma son utilizadas por las especies de mamíferos que han logrado persistir en paisajes antropizados, enfatizando la importancia de los remanentes forestales con distinto grado de sucesión para el mantenimiento de la comunidad mamíferos que persisten en estos paisajes. El quinto trabajo registrado, corresponde a un estudio sobre diversidad de anfibios anuros en siete plantaciones de palma aceitera de manejo intensivo (> 150 ha), ubicadas en los estados de Tabasco y Chiapas (Hidalgo *et al.*, 2024),

reportando que la riqueza y abundancia de anuros mostró pequeñas variaciones entre las plantaciones estudiadas, teniendo una composición dominada por especies tolerantes a perturbaciones y modificaciones de hábitat.

Dado que son pocos los estudios sobre comunidades faunísticas en los territorios estatales en donde se ha desarrollado la actividad palmera, el presente trabajo se centró en comparar la composición de mamíferos terrestres en un sistema agroforestal con plantaciones de palma africana de baja escala y remanentes de selva, con la finalidad de generar información que permita entender los posibles efectos sobre el estado de la diversidad mastofaunística en paisajes rurales con reconversión productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el ejido de Chekubul, Municipio de Carmen, estado de Campeche, localizado entre las coordenadas 18° 48' 48.1" N y 90° 59' 35.8" W, a una altitud de 18 msnm (Fig. 1). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 26.7°C, registra una precipitación anual de 1200 a 1500 mm. Hidrológicamente se localiza dentro de la cuenca Laguna de Términos de la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30) (INEGI, 2017).

El ejido de Chekubul cuenta con una superficie de 5 mil ha, cuyo paisaje se caracteriza por presentar un mosaico agroforestal compuesto por fragmentos de vegetación natural de selva mediana subperennifolia con diferentes grados de sucesión, pastizal y sabana, así como las plantaciones de palma de aceite, cultivos anuales para autoconsumo y potreros para la actividad ganadera de libre pastoreo (INEGI, 2017). La reconversión productiva en Chekubul inició en 1998 a raíz de la caída de mercado de sus productos agrícolas comerciales (arroz, caña de azúcar y chile jalapeño). Los ejidatarios de Chekebul pioneros en la actividad palmera tuvieron que constituirse en Sociedades de Producción Rural (SPR) para tener acceso a los subsidios. A partir de 2001, las SPR de Chekubul y de otras 46 comunidades de los municipios de Escárcega, Candelaria y Carmen conformaron la Unión de Palmicultores del Milenio (SAGARPA, 2013; Dzib, 2014).

Sitio de muestreo

Se identificó y seleccionó una plantación de palma (PP) con una extensión de 10 ha contigua a un

remanente de vegetación natural de selva mediana subperennifolia de 40 ha (Fig. 1). De marzo a julio de 2019 se realizó un muestreo por fototrampas (Díaz y Payán, 2012). Se instalaron tres cámaras trampa en la PP y tres en la selva (sitio control) a una altura de entre 40 a 50 cm sobre el suelo, con una separación aproximada de 400 metros entre cada una. Las cámaras instaladas en la selva se colocaron a una distancia perpendicular de 100 m de la PP. Cada cámara fue programada para tomar tres capturas de fotografía por activación de evento y estuvieron en modo de detección continua (día y noche). Todas las cámaras fueron revisadas mensualmente para el reemplazo de tarjetas de memoria y baterías, (Marroquín *et al.*, 2024), así como para la recopilación de los registros fotográficos. Cada registro se identificó a nivel de especie con base en bibliografía especializada (Reid, 2009; Ceballos y Oliva, 2005). Se elaboró una base de datos en la que se consignó la especie, fecha, hora, número de individuos y número de repeticiones (Díaz y Payán, 2012). La categoría de riesgo para las especies de mamíferos registradas se asignó con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2025 (SEMARNAT, 2025).

Análisis estadísticos

Para evaluar la composición de mamíferos entre la PP vs selva, se estimaron tres indicadores clave: 1) índice de abundancia relativa, 2) riqueza de especies y 3) diversidad alfa, los cuales son representativos del estado de la diversidad de un grupo biótico presente en un área determinada en función de la calidad del hábitat (Tognelli, 2005; Thomson *et al.*, 2005; Bubb *et al.*, 2011).

Para estimar la importancia de cada especie, se utilizó el Índice de Abundancia Relativa (IAR) mediante la siguiente fórmula: $IAR = (X_i / Y_i) * 100$, donde: X_i = número de capturas o eventos fotográficos independientes; Y_i = esfuerzo de muestreo (número de cámaras trampa por el total de días que permanecieron activas; 100 = factor de corrección estándar (Sanderson, 2004). Se consideraron como capturas o eventos fotográficos independientes cuando se registraran: 1) fotografías consecutivas de individuos de diferente especie; 2) fotografías consecutivas de la misma especie tomadas con un intervalo de 24 horas y 3) fotografías no consecutivas de la misma especie. En el caso en que una fotografía tuviera varios individuos de la misma especie o de diferentes especies, se consideró contabilizar el total de individuos observados en una fotografía (O'Brien *et al.*, 2003; Medellín *et al.*, 2006).



Figura 1. Localización del sitio de muestreo en el territorio ejidal de Chekubul, Municipio de Carmen, Campeche, México (Elaborado con Qgis 3.44.0 Solothurum a partir de la base de datos de Google Satélite).

La riqueza de especies (S), se estimó a partir del índice de Margalef: $DMg = S - 1 / \ln N$; donde: S = número de especies y N = número total de individuos. La diversidad alfa (α) para la PP y selva se estimó mediante el índice de Shannon-Wiener: $H = - \sum (p_i) \times \ln (p_i)$; donde: p_i : abundancia relativa (n_i/N_i); n_i : número de individuos de una especie; N_i : número total de individuos de todas las especies presentes en la muestra (Magurran, 1988 y 2004).

Para determinar si la diversidad registrada en cada sitio de muestreo es diferente se aplicó la prueba pareada de t -Student modificada por Hutcheson (Moreno, 2001; Zar, 2010). Primeramente, se calculó el índice de diversidad ponderado (H_p) para cada muestra acorde a la siguiente ecuación: $H_p = (N \log N) - (\sum f_i \log f_i) / N$, donde f_i = frecuencia (número de individuos) registrada para la especie i . Posteriormente se calculó la varianza de H_p para cada sitio, $Var = [\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2] \div N/N^2$, así como la diferencia de varianzas $D_{var} = \sqrt{var1 + var2}$. Por último, se obtuvo el valor de t ($t = (H_{p1} - H_{p2}) / D_{var}$) y los grados de libertad asociados al valor de t , $g.l. = (var1 + var2)^2 / (var1^2 / N_1 + var2^2 / N_2)$, considerando una probabilidad del 95% (0.05 en la

tabla). Los análisis de datos se realizaron usando el programa BioDiversity (McAleece et al., 1997).

RESULTADOS

Composición taxonómica

El esfuerzo de muestreo para cada sitio fue de 450 trampas noche. Para la PP se obtuvo un total de 1026 registros, de los cuales 249 fueron registros independientes de 11 especies de mamíferos, pertenecientes a 10 géneros y 9 familias agrupadas en seis órdenes (Tabla 1, Figura 2). Para el caso de la selva, se tuvo un total de 1443 registros fotográficos, de los cuales 237 fueron registros independientes de 10 especies de mamíferos pertenecientes a 10 géneros y 8 familias agrupadas en seis órdenes (Tabla 1, Figura 3).

De las 12 especies de mamíferos registradas entre ambos tipos de vegetación, solamente el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), no se registró en la PP. Para el caso de la selva solo 10 especies fueron registradas, con excepción de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el tigrillo (*Leopardus wiedii*) que solo tuvieron fotocaptura en la PP.

De las especies de mamíferos registradas, únicamente dos se encuentran bajo alguna categoría de riesgo: el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el tigrillo (*L. wiedii*), ambas en peligro de extinción. Cabe señalar que en el fragmento de selva se observaron monos aulladores (*Alouatta pigra*), especie de primate que se encuentra en peligro de extinción, pero no se incluyó en los resultados dado que no se tuvo ninguna fotocaptura.

Índice de abundancia Relativa (IAR)

Para la PP como la selva, las especies de mamíferos que tuvieron la mayor abundancia fueron el Cereque (*Dasyprocta punctata*) y el tejón (*Nasua narica*) (Tabla 1). Asimismo, el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), tuvo una abundancia media en ambos tipos de vegetación (IAR-PP = 7.222, $n = 26$; IAR-Selva = 8.888, $n = 32$). Mientras que las especies menos abundante en la PP fueron el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), Zorra gris (*U.*

cinereoargenteus) y tigrillo (*L. wiedii*). En tanto para la selva fueron el ocelote (*L. pardalis*), mapache (*Procyon lotor*), temazate rojo (*Mazama temama*) y venado cola blanca (*O. virginianus*), todos con IAR < 0.3 y $n = 1$.

Diversidad alfa y riqueza

La diversidad alfa estimada para la PP mediante el índice de Shannon-Wiener fue de $H' = 1.6002$, en tanto para la Selva se obtuvo un valor de diversidad muy similar de $H' = 1.6289$. En cuanto al índice de riqueza de Margalef se tuvo un valor de $DMg = 2.5107$ para la PP y de $DMg = 2.5282$ para la selva, lo que se considera bajo ya que para ambos sitios de muestreo fue menor a tres. Conforme a la prueba de *t*-Student realizada se obtuvo que la diversidad alfa y riqueza estimadas para la PP y Selva no mostraron diferencias significativas ($t_c = 0.2773 < t_{0.05(2)517} = 1.965$).

Tabla 1. Índice de abundancia relativa (IAR) de las especies de mamíferos registradas en la plantación de palma (PP) y Selva. (n = número de individuos; H' = diversidad alfa; H_p = índice de diversidad ponderado, Var = varianzas de H_p ; D_{var} = diferencia de varianzas; $t_c = t$ calculada; g.l. = grados de libertad asociados al valor de t_c ; $t_t = t$ de tablas.

| ORDEN | FAMILIA | ESPECIE | PP | | SELVA | |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | | | n | IAR | n | IAR |
| Didelphimorphia | Didelphidae | <i>Didelphis marsupialis</i> | 11 | 3.055 | 17 | 4.722 |
| Cingulata | Dasypodidae | <i>Dasybus novemcinctus</i> | 6 | 1.666 | 3 | 0.833 |
| Pilosa | Myrmecophagidae | <i>Tamandua mexicana</i> | 1 | 0.277 | 3 | 0.833 |
| | | Canidae | <i>Urocyon cinereoargenteus</i> | 1 | 0.277 | 0 |
| Carnivora | Felidae | <i>Leopardus pardalis</i> | 2 | 0.555 | 1 | 0.277 |
| | | <i>Leopardus wiedii</i> | 1 | 0.277 | 0 | 0 |
| | Procyonidae | <i>Nasua narica</i> | 78 | 21.66 | 94 | 26.11 |
| | | <i>Procyon lotor</i> | 5 | 1.388 | 1 | 0.277 |
| Artiodactyla | Cervidae | <i>Mazama temama</i> | 2 | 0.555 | 1 | 0.277 |
| | | <i>Odocoileus virginianus</i> | 0 | 0 | 1 | 0.277 |
| | | <i>Pecari tajacu</i> | 26 | 7.222 | 32 | 8.888 |
| Rodentia | Tayassuidae | <i>Dasyprocta punctata</i> | 116 | 32.22 | 84 | 23.33 |
| | Dasyproctidae | | | | | |
| | | <i>N total</i> | 249 | | 237 | |
| | | H' | | 1.6002 | | 1.6289 |
| | | H_p | | 0.695583 | | 0.707425 |
| | | Var | | 0.000964 | | 0.000858 |
| | | D_{var} | | | 0.0427 | |
| | | t_c | | 0.277338 | | |
| | | g.l | | | 517 | |
| | | t_t | | | $t_{0.05(2)517} = 1.965$ | |



Figura 2. Ejemplos de mamíferos registrados en la plantación de palma: 1. *Dasypus novemcinctus*, 2. *Didelphis marsupialis*, 3. *Mazama temama*, 4. *Dasyprocta punctata*, 5. *Procyon lotor*, 6. *Nasua narica*, 7. *Pecari tajacu* y 8. *Leopardus pardalis*.



Figura 3. Ejemplos de mamíferos registrados en el remanente de selva: 1. *Odocoileus virginianus*, 2. *Dasyurus novemcinctus*, 3. *Tamandua mexicana*, 4. *Didelphis marsupialis*, 5. *Dasyprocta punctata*, 6. *Leopardus pardalis*, 7. *Pecari tajacu* y 8. *Nasua narica*.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que la composición de mamíferos, en términos de riqueza de especies y su abundancia relativa, registrada tanto en la plantación de palma como en el remanente de selva forman parte de una misma comunidad mastofaunística que habita en el territorio agroforestal del ejido de Chekubul. Esto sugiere que las especies de mamíferos utilizan y se desplazan entre las distintas unidades agroforestales que caracterizan el paisaje de esta región (fragmentos de selva con distintos grados de sucesión, pastizales, potreros, aguadas, cultivos de autoconsumo y plantaciones de *E. guineensis*). Estos datos son consistentes con lo reportado por Knowlton *et al.*, (2019) y Franquesa *et al.*, (2023), quienes encontraron que la riqueza y abundancia de mamíferos medianos y grandes en plantaciones de palma africana (< 60 ha) en localidades del estado de Tabasco, México, estaban influenciadas por el efecto colindante de los remanentes de selva primaria y secundaria. Esto último también fue reportado en fincas palmeras de pequeños productores en la Península de Osa, Costa Rica. (Morazán *et al.*, 2013). De igual forma, en estudios que evaluaron la composición de mamíferos en plantaciones de palma africana de gran escala (Casanare, Colombia, Pardo y Payán, 2015; Para, Brazil, Mendes *et al.*, 2017; Llanos Orientales, Colombia, Pardo *et al.*, 2018), reportan que la distancia desde la interfaz vegetación natural-plantación tuvo un efecto determinante en la diversidad de mamíferos, reduciéndose significativamente conforme el cultivo de palma es la matriz dominante del paisaje.

Conforme a lo anteriormente, en las localidades estudiadas del estado de Tabasco (Knowlton *et al.*, 2019; Franquesa *et al.*, 2023) y Campeche (en este trabajo), se sugiere que la diversidad de mamíferos que utilizan en cierta medida las plantaciones de palma africana está correlacionada a varios factores clave del paisaje. Entre ellos destacan; el tamaño, proximidad y grado de conectividad entre plantaciones y parches de hábitat natural influyen de manera relevante en la composición de especies (Mellink, 1991; Fahrig, 2003; Ewers y Didham, 2006; Yue *et al.*, 2015).

En este contexto, los sistemas agroforestales pueden tener un impacto positivo en el mantenimiento de especies animales tolerantes a la perturbación, al proporcionar una transición gradual entre las áreas agrícolas abiertas y los límites forestales reduciendo así los efectos de borde (Cullen *et al.*, 2004; Naughton y Salafsky, 2004). Además, estos sistemas funcionan como corredores biológicos que mejoran la conectividad del paisaje y facilitan el desplazamiento de individuos entre los parches de cobertura vegetal que conecta, en especial para especies que se distribuyen como metapoblaciones. De esta forma, los

sistemas agroforestales actúan como “escalones” que permiten la movilidad a través de paisajes heterogéneos (Fahrig, 2007; Schroth *et al.*, 2004). Asimismo, los agrobosques pueden suministrar recursos complementarios a los presentes en los remanentes de hábitat nativo que pueden ser utilizados por distintas especies animales (Burel y Baudry, 2002; Tewksbury *et al.*, 2002; Herrera, 2011). Diversos estudios han documentado que en sistemas agroforestales con una matriz heterogénea se registra un alto porcentaje (> 50%) de especies de los grupos regionales (Noble y Dirzo, 1997; Beukema *et al.*, 2007; Harvey y Villalobos, 2007), sugiriendo que las especies nativas que son capaces de utilizar la matriz agroforestal tienen más posibilidades de mantener poblaciones viables a largo plazo y atenuar la susceptibilidad hacia los efectos de la fragmentación (Joly *et al.*, 2001; Beer *et al.* 2003; Bhagwat *et al.*, 2008; Prugh *et al.*, 2008; Tschardtke *et al.*, 2008; Shibu, 2009).

Sin embargo, es un hecho que ciertas especies animales logran establecerse, incluso en los agrobosques más diversificados. Por ello, los sistemas agroforestales no deben considerarse como un sustituto del hábitat natural (Schroth *et al.*, 2004; Mendes *et al.*, 2017), sino como un “Sistema Producto” de intervención y ordenamiento de un territorio agropecuario degradado orientado a diversificar las actividades productivas, para fortalecer la competitividad y el bienestar de las poblaciones rurales (Arias *et al.*, 2009; Mata, 2014).

Aunque los sistemas agroforestales no pueden ser áreas de conservación por sí solos, tampoco debe pasarse por alto su trascendencia para evitar la conversión de los remanentes de hábitat natural a potreros u otros cultivos monoespecíficos. Por lo que se ubican como una de las alternativas más viables de reconversión productiva en los territorios rurales de propiedad comunal, en donde prevalecen paisajes heterogéneos con parches de uso agropecuario y vegetación natural primaria y secundaria (Tschardtke *et al.*, 2012; Fahrig *et al.*, 2011). Por consiguiente, la agroforestería debidamente fundamentada en criterios ambientales y sociales busca la transición de la agricultura y la ganadería convencionales hacia sistemas de producción de mayor rentabilidad mediante el uso diversificado del espacio horizontal y vertical, a la vez de ser compatible con la conservación de la biodiversidad (Carabias *et al.*, 2008; Sarukhán *et al.*, 2012). Empero, un sistema agroforestal con plantaciones comerciales exclusivamente, como la palma africana, puede concebirse localmente como más rentable con respecto a otras alternativas productivas de uso diversificado que se consideren implementar, lo cual puede inducir una tendencia a la expansión de la alternativa con mayor demanda a nivel regional o nacional si los factores socioeconómicos y

políticos no representan obstáculos para dicha expansión (Schroth *et al.*, 2004).

Por consiguiente, puede esperarse que las plantaciones de palma africana sean paisajes cada vez más comunes en el estado de Campeche, máxime si se han estimado más de 700 mil hectáreas con potencial edafoclimático para el desarrollo de plantaciones de *E. guineensis*. Así como al establecimiento en la entidad de empresas agroindustriales de capital privado que a partir del año 2012 adquirieron a bajo costo amplias extensiones de tierra para el cultivo de la palmea, ya que es una actividad rentable con un creciente mercado internacional, aunado a la ausencia de controles medioambientales efectivos (PRODESIS, 2005; Juárez *et al.* 2012; Isaac *et al.* 2021; Vega-Leinert *et al.*, 2021; Isaac y Estrella, 2022).

Por consiguiente, para favorecer la conservación de la diversidad mastofaunística y de otras comunidades animales que aún persisten en los territorios rurales del estado de Campeche en donde se proyecte expandir la actividad palmera, se debe gestionar la reconversión productiva considerando el sistema agroforestal de parches, corredores y matriz (Herrera, 2011; Knowlton *et al.* 2019; Franquesa *et al.* 2023; Hidalgo *et al.*, 2023), a fin de fomentar un modelo de gestión integral que considere el uso multiespecífico de especies forestales, que las plantaciones forestales sean de baja escala y se valore correctamente la conservación de los relictos de vegetación natural. Consecuentemente, transitar hacia un modelo de producción más sustentable, que mejore los medios de vida rurales, asegure la heterogeneidad del paisaje y el mantenimiento de la biodiversidad (McNeely y Schroth, 2006; Bhagwat *et al.*, 2008; Fahrig *et al.*, 2011; Casanova *et al.* 2016).

Agradecimientos

A las/los revisoras (es) por sus acertadas observaciones y sugerencias para mejorar el manuscrito. Al Dr. Ricardo Issac Márquez por la invitación a participar en el proyecto de investigación del cual forma parte el presente estudio.

Funding. This study is part of the results of the project: Biofuels and Climate Change. Socio-environmental impacts of oil palm cultivation in Campeche- Key: PDCPN-2015-324, which was financed by CONACYT in its call 2015 Scientific Development Projects to Address National Problems.

Conflict of Interest. The author declares no conflict of interest.

Compliance with ethical standards. The study was approved and authorized by the communal authorities.

Data availability: Data are available with corresponding author (ogretana@uacam.mx)

Author contribution statement (CRediT). O.G. Retana-Guiascón – Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Supervision, Writing-original draft, Writing-review and editing.

REFERENCES

- Arias, J., Olórtégui, J., y Salas, V., 2007. *Lecciones aprendidas sobre políticas de reconversión y modernización de la agricultura en América Latina*. Instituto Interamericano de Integración y Cooperación para la Agricultura. Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/11324/7825>
- Beer, J., Harvey, C. A., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., and Jiménez, F., 2003. *Service Functions of Agroforestry Systems*. Paper submitted to the XII World Forestry Congress, Québec, City, Canada. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8365>
- Beukema, H., Danielsen, F., Vincent, G., Hardiwinoto, S., and van Andel, J., 2007. Plant and bird diversity in rubber agroforests in the lowlands of Sumatra, Indonesia. *Agroforestry Systems*, 70, pp. 217–242. <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9037-x>
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J., and Whittaker, R. J., 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?. *Trends in Ecology & Evolution*, 23, pp. 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bubb, P., Almond, R., Chenery, A., Stanwell, S. D., Kapos, V., y Jenkins, M., 2011. *Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de Burel*, F., y Baudry, J., 2002. *Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Madrid: Mundi Prensa.
- Carabias, J., Mohar, A., Anta, F. S., y de la Maza, J., 2008. *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Capital natural de México*. Vol. III. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Casanova, L. F., Ramírez, A. L., Parsons, D., Caamal, M. A., Piñeiro, V. A., Díaz, E. V., 2016. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22,

- pp. 269-284.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.06.029>
- Castellanos, N. A., 2023. Un monocultivo de frontera: Historia de la palma africana como proyecto de modernidad capitalista en el sur de México (1948-2018). *Journal of Latin American Geography*, 22, pp. 57-82.
<https://doi.org/10.1353/lag.2023.a899554>
- Ceballos, G., y Oliva, G., 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Fondo de Cultura Económica, México.
- Cullen, L., Ferreira, L. J., and Pavan, B. T., 2004. Agroforestry Buffer Zones and Stepping Stones: Tools for the Conservation of Fragmented Landscapes in the Brazilian Atlantic Forest. In: G. Schroth, G. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos and A. M. Izacpp, eds. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press. pp. 415-430.
- Díaz, P., y Payán, E., 2012. *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.
<https://www.invemar.org.co/redcosteral/inve-mar/docs/RinconLiterario/2013/J-261.pdf>
- Dzib, C. J., 2014. Patriarcado, clase y poder. *Procesos de producción de igualdades y disparidades sociales en Sabancuy, Campeche, 1940-2010*. Gobierno del Estado de Campeche, México.
- Ewers, R. M., and Didham, R. K., 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biology Review*, 81, pp. 117-142.
<https://doi.org/10.1017/S1464793105006949>
- Fahrig, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, pp. 487-515.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fahrig, L., 2007. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. *Functional Ecology*, 21, pp. 1003-1015.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01326.x>
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F., Crist, T., Fuller, R., Sirami, C., Siriwardena, G., and Martin, J., 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14, pp. 101-112. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x>
- FEMEXPALMA., 2024. *Anuario Estadístico 2024*. Federación Mexicana de Palma de Aceite. Villahermosa, Tabasco: S/E.
<https://femexpalma.com.mx/wp-content/uploads/2025/01/ANUARIO-ESTADISTICO-FEMEXPALMA-2024-EDICION-ALTA-CALIDAD-.pdf>
- Fletes, O. H., Rangel, F., Oliva, A., y Ocampo, G., 2013. Pequeños productores, reestructuración y expansión de la palma africana en Chiapas. *Región y Sociedad*, 25, pp. 203-239.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10227636007>
- Franquesa, S. M., Ocampo, S. F., Mora, F., Andrade, P. G., and Andresen, E., 2023. Socioecological Assessment of Mammal Assemblages in Small Oil-Palm Plantations in a Highly Deforested Region in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 16, pp. 1-12.
<https://doi.10.1177/19400829231169977>
- Furumo, P., and Aide, T., 2017. Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. *Environmental Research Letters*, 12, 024008.
<https://doi.10.1088/1748-9326/aa5892>
- Harvey, C.A., and Villalobos, J.A., 2007. Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity Conservation*, 16, pp. 2257-2292. <https://doi.10.1007/s10531-007-9194-2>
- Herrera, J., 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas*, 20, pp. 2-3.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/20>
- Hidalgo, M. M., Flores, E. I., Pérez, G. F., Vázquez, H. G., and Charruau, P., 2024. Diversity of anurans in oil palm plantations in a human-dominated landscape in southeastern Mexico. *South American Journal of Herpetology*, 31, pp. 22-36. <http://doi.org/10.2994/SAJH-D-22-00013.1>

- Hooijer., S., Page, A., Jauhiainen, J., Lee, A., Lu, X., Idris, A., and Anshari, G., 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences*, 9, pp. 1053-1071. <https://doi.org/10.5194/bg-9-1053-2012>
- Hernández, R. D., López, B. F., y Bonilla, M. M., 2018. Análisis preliminar de la dinámica de uso del suelo asociada al cultivo palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en México. *Agrociencia*, 52, pp. 875-893. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000600875&lng=es&tlng=es.
- INEGI., 2017. Anuario estadístico y geográfico de Campeche 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- IUFAAW., 2015. *Conferencia Mundial del sector palma africana Bogotá, Colombia. Un panorama sobre el sector Palma africana, por países y por compañías*. International Union of Food, Agricultural and Allied Workers.
- Isaac, M. R., Sima, B. G., Ayala, A. Ma. E., 2021. Palma aceitera, reconversión productiva y respuestas campesinas en el uso del suelo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, pp. 1-17. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3505>
- Isaac, M. R. y Estrella, S. A., 2022. Certificación de pequeños productores de palma de aceite. Problemática y perspectivas en Campeche, México. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 42, pp. 133-155. <https://doi.org/10.5209/aguc.81799>
- Joly, P., Miaud, C., Lehmann, A., Grolet, O., 2001. Habitat matrix effects on pond occupancy in newts. *Conservation Biology*, 15, pp. 239-248. <https://doi.10.1111/j.1523-1739.2001.99200.x>
- Juárez, J. F., Aceves, L. A., Obrador, J. J., González, R., Torres, N. N., y Hernández, M., 2012. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* J.) en el estado de Campeche. Colegio de Postgraduados.
- Knowlton, J. L., Mata, E., Ripley, A., Valenzuela, B., and Collado, R., 2019. Mammal Diversity in Oil Palm Plantations and Forest Fragments in a Highly Modified Landscape in Southern Mexico. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, pp. 1-11. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00067>
- Leal M. J., 1989. La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Estudio de caso en la costa de Chiapas, Chapingo, México.
- Linares, B. C., Zapata, M. E., Nazar, B. A. y Suárez, S. B., 2018. Reconversión productiva a palma de aceite en el Valle del Tulijá, Chiapas, México. Impacto diferenciado por género. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15, pp. 487-506. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000400487&lng=es&tlng=es.
- Magurran, A. E., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press.
- Magurran, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK.
- Marroquin, M. P., Niño, M. S., Gómez, M. V del C., Coronado, B. J. M., and Khalaim, A. I., 2024. Diversity of medium and large mammals in a submontane scrubland. *Therya*, 15, 269-277. <https://doi.org/10.12933/therya-24-6130>
- Mata, G. B., 2014. *Palma de aceite en México. Política gubernamental e innovación tecnológica*. Colección: Situación, Retos y Tendencias para el Desarrollo Rural Sustentable. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados, LXII Legislatura. http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cedrssa/lxii/pal_ace_mex.pdf
- McAleece, N., Gage, J., Lamshead, P., and Paterson, G., 1997. *BioDiversity Professional Statistics Analysis Software*. Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- McNeely, J.A., and Schroth, G., 2006. Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity & Conservation*, 15, 549–554. <https://doi.10.1007/s10531-005-2087-3>
- Medellín, R., Azuara, D., Maffei, L., Zarza, H., Bárcenas, H., y Cruz, E., 2006. Censos y monitoreo. En: C. Chávez y G. Ceballos, eds.

- El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo*. CONABIO-Alianza WWF Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mendes, O. A., Peres, C. A., Maués, P. C., Oliveira, G. L., Mineiro, I. G., de Maria, S. L., and Lima, R. C., 2017. Oil palm monoculture induces drastic erosion of an Amazonian forest mammal fauna. *PloS One*, 12, pp. e0187650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187650>
- Meijaard, E., García, U. J., Sheil, D., Wich, S. A., Carlson, K. M., Juffe-Bignoli, D., and Brooks, T., 2018. *Oil palm and biodiversity. A situation analysis by the IUCN Oil Palm Task Force*. IUCN Oil Palm Task Force Gland, Switzerland
- Mejénes, L. S., Chávez, C. C., Uco, P. J., Gramajo, O. Q. y Vallarino, M. A., 2019. Biodiversidad de vertebrados terrestres en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el estado de Campeche. En: W. Cetzal-Ix, L. L. Casanova, C. A. Chay y P. J. Martínez, eds. *Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria*. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná-Instituto Tecnológico de la Zona Maya. pp. 24-33.
- Mellink, E., 1991. Bird communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 36, pp. 37-50. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(91\)90034-U](https://doi.org/10.1016/0167-8809(91)90034-U)
- Morazán, F. F., Gutiérrez, S. D., Coello, T. H., Arévalo, H. E., Ioli, A. G., Díaz, G. N., Guerra, L. F., Burbano, D., Guevara, C., Lobos, L., Rico, U. A., Cortés, S. J., Jiménez, R., Reinke, H., Narváez, V., y Aranda, J.M., 2013. *Relación entre la fauna silvestre y las plantaciones de palma africana (Elaeis guineensis) y su efecto en la producción de pequeños y medianos productores en la Península de Osa, Costa Rica*. Instituto Internacional de Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Moreno, C. E., 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Cooperación Iberoamericana Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-UNESCO ORCYT-Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Naughton, T. L., and Salafsky, N., 2004. Wildlife Conservation in Agroforestry Buffer Zones: Opportunities and Conflict. In: G. Schroth, G. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos and A. M. Izacpp, eds. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press. pp. 319-345.
- Nichol, J., 1997. Bioclimatic impacts of the 1994 smoke haze event in Southeast Asia. *Atmospheric Environment*, 31, pp. 1209-1219. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(96\)00260-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(96)00260-9)
- Noble, I.R., and Dirzo, R., 1997. Forests as human-dominated ecosystems. *Science*, 277, pp. 522-525. <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.522>
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., and Wibisono, H. T., 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6, pp. 131-139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- Palacios P., Ku, A., Estrada, R., y Tucuch, J. D., 2003. Cadena agroalimentaria e industrial de Palma de aceite. COFRUPO. Fundación Produce Campeche, A.C. (FUPROCAM). INIFAP. Campeche, Campeche.
- Pardo, L. E., y Payán, G. E., 2015. Mamíferos de un agropaisaje de palma de aceite en las sábanas inundables de Orocué (Casanare, Colombia). *Biota Colombiana*, 16 (1): 54-66. <https://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/367>
- Pardo, L. E., Campbell, M. J., Edwards, W., Clements, G. R., and Laurance, W. F., 2018. Terrestrial mammal responses to oil palm dominated landscapes in Colombia. *PloS One*, 13, pp. e0197539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197539>
- PNUD-México., 2019. *Análisis de riesgo de cinco especies de palmas con potencial invasor en México*. Informe final. Proyecto GEF 0089333 Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI. Grupo laboratorio Análisis Espacial, Ecología y Conservación, CIBNOR.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La Paz, Baja California Sur, México.
- PNUMA., 2008. *Informe anual del PNUMA 2007*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenya. <https://www.unep.org/es/resources/unep-annual-report>
- PRODESIS., 2005. Estudio de viabilidad de plantaciones de palma africana en la región de la Selva. Proyecto de Desarrollo Social Integrado y Sostenible Chiapas, México-Unión Europea. Programa de Desarrollo Sostenible Integrado y Sustentable. México.
- Prugh, L.R., Hodges, K.E., Sinclair, A.R., Brashares, J.S., 2008. Effect of habitat area and isolation on animal fragmented populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, pp. 20770-20775. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806080105>
- Reid, F., 2009. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. 2nd ed. Oxford University Press, Inc.
- SAGARPA., 2013. *Plan rector del sistema producto estatal palma de aceite. México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
- Sanderson, J. G., 2004. *Protocolo para monitoreo con cámaras para trampeo fotográfico*. Tropical Ecology Assessment and Monitoring Initiative. The Center for Applied Biodiversity Science. Conservación Internacional.
- Sánchez, S., 2000. Vertebrados silvestres registrados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México. *ASD Oil Palm Papers*, 20, pp. 17-18. <https://asd-ec.com/wp-content/uploads/2021/10/ASD-OPP-No.20-2000-min.pdf>
- Santacruz, E. E., Morales, S., y Palacio, V. H., 2014. Políticas de reconversión productiva de palma de aceite. En: B. Mata, coord. *Palma de aceite en México. Política gubernamental e innovación Tecnológica*. Congreso de la Unión. LXII Legislatura. Ciudad de México. pp. 31-67.
- Sarukhán, J., Carabias, J., Koleff, P., Urquiza, H. T., 2012. *Capital natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Schroth, G., da Fonseca, G. A., Harvey, C. A., Vasconcelos, H. L., Gascon, C., and Izac. A. M., 2004. The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. In: G. Schroth, G. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos and A. M. Izac, eds. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. 319-345. Island Press. pp. 1-14.
- SEMARNAT, 2025. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.
- Shibu, J., 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An over view. *Agroforestry Systems*, 76, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Tewksbury, J.T., Levey, D.J., Haddad, N.M., Sargent, S., Orrock, J.L., Weldon, A., Danielson, B.J., Brinkerhoff, J., Damschen, E.I., Townsend, P., 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, pp. 12923-12926. <https://doi.org/10.1073/pnas.202242699>
- Tognelli, M. F., 2005. Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals. *Biological Conservation*, 121, pp. 409-417. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.05.013>
- Thomson, J. R., Fleishman, E., Mac Nally, R., and Dobkin, D. S., 2005. Influence of the temporal resolution of data on the success of indicator species models of species richness across multiple taxonomic groups. *Biological Conservation*, 124, pp. 503-518. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.02.013>
- Tscharntke, T., Sekercioglu, C. H., Dietsch, T. V., Sodhi, N. S., Hoehn, P., and Tylianakis, J. M., 2008. Landscape constraints on functional diversity of birds and insects in tropical agroecosystems. *Ecology*, 89, pp. 944-951. <https://doi.org/10.1890/07-0455.1>

- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Dewenter, S. I., Thies, C., van der Putten, W. H., and Westphal, C., 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 87, pp. 661–685
<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>
- USDA., 2025. Palm Oil Production by Country Estimate 2024-2025. United States Department of Agriculture (USDA).
<https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/4243000>
- Vega-Leinert, A. C., Sandoval, D., I. Vega del Valle, D., Calzada, J. M. y Clausing, P., 2021. *Cultivo de palma de aceite en México - Balance de la situación actual y análisis espacial*. Universidad de Greifswald-CECCAM-México vía Berlin e. Ciudad de México, México.
- Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N., y Smith, C. J., 2016. The Impacts of Oil Palm on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. *PLoS One*, 11, pp. 1-19.
- Yue, S., Brodie, J. F., Zipkin, E. F., and Bernard, H., 2015. Oil palm plantations fail to support mammal diversity. *Ecological Applications*, 25, pp. 2285-2292.
<https://doi.org/10.1890/14-1928.1>
- Zar, J. H., 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.