

Distribución potencial del cerdo asilvestrado, *Sus scrofa* (Artiodactyla: Suidae) y el pecarí de collar, *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae) en la región de Laguna de Términos, México

Edwin L. Hernández-Pérez¹, Guillermo Castillo Vela¹, Gabriela García Marmolejo², Mircea Hidalgo-Mihart³, Mauro Sanvicente López⁴, Fernando M. Contreras-Moreno³, Alejandro Jesús-de la Cruz³, Rugieri Juárez-López³ & Rafael Reyna-Hurtado¹

1. Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche; e.hperez@hotmail.com, gcastillo@ecosur.mx, rreyna@ecosur.mx
2. Cátedra Conacyt-Ecosur, Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche; ggarmolejo@ecosur.mx
3. División académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; mhidalgo@yahoo.com, fernandom28@hotmail.com, alexjc05@hotmail.com, ecolrugieri@hotmail.com
4. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla; sanvicentemauro@yahoo.com

Recibido 20-VI-2019. Corregido 19-VIII-2019. Aceptado 09-IX-2019.

ABSTRACT. Potential distribution of feral pig, *Sus scrofa* (Artiodactyla: Suidae) and collared peccary, *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae) in Laguna de Términos region, Mexico. **Introduction:** The presence of feral pigs (*Sus scrofa*) in addition to habitat fragmentation at Laguna de Términos, Campeche, could cause changes in the distribution patterns and presence of collared peccaries (*Pecari tajacu*). **Objective:** Modelling of potential distribution to assess the overlap or spatial segregation of both species at Laguna de Términos, Campeche. **Methods:** Potential distribution models were generated with presence data, anthropic and bioclimatic variables using the maximum entropy algorithm (Maxent). **Results:** The potential distribution models showed spatial segregation between both species. The presence of feral pigs was positively influenced by palm oil crops (*Elaeis guineensis*) proximity and seasonal rainfall; the potential distribution of collared peccaries was positively correlated with temperature and canopy coverage. Evidence of feral pigs presence was confirmed in Escárcega, Carmen, Candelaria and Palizada in Campeche state and in Balancán and Jonuta in Tabasco state. Our models predicted potential areas for feral pigs in Pantanos de Centla Biosphere Reserve in Tabasco and in areas near the Guatemalan border. **Conclusions:** We believe a control plan for feral pigs is needed, not only in Laguna de Términos region, but also in adjacent areas in order to prevent the range extension and displacement of native species such as peccaries in other areas in Southern Mexico.

Key words: exotic species oil, palm; *Pecari tajacu*, spatial segregation, *Sus scrofa*.

Hernández-Pérez, E. L., Castillo Vela, G., García Marmolejo, G., Hidalgo-Mihart, M., Sanvicente López, M., Contreras-Moreno, F. M., Jesús-de la Cruz, A., Juárez-López, R., & Reyna-Hurtado, R. (2019). Distribución potencial del cerdo asilvestrado, *Sus scrofa* (Artiodactyla: Suidae) y el pecarí de collar, *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae) en la región de Laguna de Términos, México. *Revista de Biología Tropical*, 67(6), 1170-1179.

La distribución de una especie es determinada por diversos factores que operan a diferentes escalas e intensidad (Brown, Stevens, & Kaufman, 1996), en donde múltiples factores bióticos y abióticos interactúan limitando la

distribución conocida y potencial de cada especie, impidiendo que se desplacen hacia sitios con características diferentes a las que permiten su establecimiento (Pearson & Dawson, 2003). La búsqueda e interpretación de estos factores

es una de las metas centrales de la ecología y la biología de la conservación, puesto que permite delinear planes de manejo y conservación de especies prioritarias, así como implementar planes de control y manejo de especies invasoras (Brown et al., 1996). Los modelos de distribución potencial, por su parte, son representaciones de la distribución geográfica de una especie (Mateo, Felicísimo, & Muñoz, 2011), en los cuales a partir de registros de presencia y variables ambientales se pueden generar modelos que arrojan información sobre sitios idóneos para el establecimiento de poblaciones de una especie de acuerdo con sus requerimientos ecológicos (Ferrier & Guisan, 2006).

Los cerdos asilvestrados son una de las especies exóticas invasoras más dañinas a nivel mundial; ya que poseen plasticidad alimentaria y flexibilidad para adaptarse a cualquier lugar en donde han sido introducidos (Lowe, Boudjelas, & De Poorter, 2000). Esta especie exótica puede coexistir con especies nativas, pero también afectar de manera negativa la permanencia de especies ecológicamente similares como los pecaríes por medio de la competencia (Desbiez, Santos, Keuroghlian, & Bodmer, 2009; Ballari & Barrios-García, 2014). Estas interacciones de competencia y en ciertas circunstancias, la segregación espacial y coexistencia son resultado de condiciones ambientales tales como el tipo de hábitat, la disponibilidad de recursos alimenticios y la heterogeneidad del paisaje (Galetti et al., 2015). Es fundamental conocer los requerimientos ambientales y ecológicos de cada especie a nivel espacial para interpretar sus posibles efectos frente a cambios drásticos en el paisaje, como puede ser la reducción de vegetación a causa de las presiones antrópicas (Carrillo-Reyna, Weissenberger, & Reyna-Hurtado, 2015).

La introducción y expansión de especies exóticas, tal es el caso de los cerdos asilvestrados, combinado con el cambio de uso de suelo y la acelerada conversión de áreas forestadas a cultivos y ganadería, amenaza la dinámica natural de las especies nativas, al grado de inducir cambios en sus patrones de distribución geográfica, disminución de su

densidad poblacional e incluso conducir a la extirpación local (Sanders, Gotelli, Heller, & Gordon, 2003).

La región de Laguna de Términos, Campeche, es un área de humedales ubicada al suroeste de México. En esta región se han registrado poblaciones de pecaríes de collar (*Pecari tajacu*) y cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*; Hidalgo-Mihart et al., 2014) que han interactuado durante al menos 20 años. La especie exótica fue introducida con fines cinegéticos, posteriormente liberada y actualmente se ha hibridado con cerdos domésticos y se ha convertido en una especie asilvestrada. Esta región es altamente fragmentada por la transformación de áreas naturales destinadas a la agricultura y ganadería (Soto-Galera, Piera, & López, 2010). Aunado a esto, en los últimos años se ha presentado un acelerado incremento en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*), lo cual podría favorecer la presencia de cerdos asilvestrados debido a que estos cultivos son una abundante fuente de alimento para ellos (Desbiez et al., 2009). Estas características podrían generar cambios en los patrones de distribución y conducir a interacciones de competencia entre cerdos asilvestrados y pecaríes de collar con efectos negativos para estos últimos, ya que se ha documentado que ambas especies usan hábitats perturbados como cultivos y pastizales (Ilse & Hellgren, 1995a; González-Marín, Gallina-Tessaro, Mandujano Rodríguez, & Weber, 2008; Keuroghlian, Eaton, & Desbiez, 2009; García-Marmolejo, Chapa-Vargas, Weber, & Huber-Sannwald, 2015).

El objetivo de este estudio fue determinar el área de distribución potencial de los cerdos asilvestrados y de los pecaríes de collar y evaluar el traslape o segregación espacial entre ambas especies en la región de Laguna de Términos, Campeche con miras a elaborar planes de control y conservación de ambas especies y el hábitat.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La superficie modelada abarcó aproximadamente 2500 km² y está

inmersa en la región de Laguna de Términos, la cual a su vez se localiza en la parte occidental del estado de Campeche, comprendiendo el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos y su zona de influencia (19°03' - 17°24' N & 92°69' - 90°16' W). El relieve es variable comprendido en su mayoría por planicies inundables que se ubican a nivel del mar y algunos lomeríos que alcanzan los 100 m de altura. Las planicies inundables se encuentran sujetas a regímenes de inundación anual que pueden llegar a durar hasta ocho meses. El clima de la región es cálido subhúmedo con temperatura promedio anual de 27 °C. La precipitación puede alcanzar los 2 000 mm al año (INEGI, 2016).

La tenencia de la tierra está bajo los regímenes comunal y propiedad privada que se destinan a la ganadería y al cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*; INEGI, 2017a). La vegetación está compuesta por un mosaico de asociaciones vegetales, entre las que destacan la selva mediana subcaducifolia, selva baja inundable, manglar, vegetación de pantano y vegetación secundaria (Miranda & Hernández, 1951). Algunas estimaciones apuntan a una pérdida estimada del 43 % de la vegetación original en la región durante el periodo del 1974-2001 (Soto-Galera et al., 2010).

Registro de las especies: Registros de cámaras trampa, avistamientos y rastros de ambas especies fueron recolectados en campo entre 2015 y 2018 por personal de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (Hidalgo-Mihart et al., 2017), del Colegio de Postgraduados (Mauro Sanvicente López) y de El Colegio de la Frontera Sur, Campeche.

Variables ambientales: Se compilaron y generaron capas de información geográfica digital de nueve variables (bioclimáticas, de vegetación, antrópicas y físicas) seleccionadas con base en criterios ecológicos relevantes para cada especie como presencia de hábitats idóneos para su distribución, influencia de parámetros como presencia de cuerpos de agua y presencia humana, entre otras. La resolución

espacial de las capas fue de 250 m por píxel. Se seleccionó este tamaño de resolución espacial para tener un mejor aprovechamiento de la información de cada variable, puesto que el área a modelar no es muy extensa. Las variables bioclimáticas, densidad de ganado, cobertura arbórea y uso de suelo fueron remuestreadas a 250 m por píxel en ArcGis.

Se usaron las variables bioclimáticas de precipitación estacional y rango de temperatura anual (Cuervo-Robayo et al., 2014), debido a su influencia en la distribución de áreas inundables temporalmente y por ende en la presencia de ambas especies (García-Marmolejo et al., 2013; Nuñez Salazar, Torres Olave, Alatorre Cejudo, & Uc Campos, 2015).

Como variables de vegetación, se obtuvo el porcentaje de cobertura arbórea a partir del mapa "Bosque global de alta resolución" (*High resolution global forest*; Hansen et al. 2013). La variable uso de suelo se generó de una imagen MODIS de cobertura y uso de suelo obtenida de la cubierta forestal global (*Global Land Cover Facility*). Ambas variables fueron seleccionadas como indicadoras de áreas con y sin cobertura arbórea. Se ha encontrado que estas variables influyen la presencia de cerdos asilvestrados y pecaríes de collar. Se usó la variable distancia a cultivos de palma de aceite por considerarse un recurso alimenticio disponible para los cerdos asilvestrados y un hábitat evitado por los pecaríes de collar (Hernández-Pérez et al. 2019, En prep.). Los polígonos fueron generados en Google Earth e importados al programa ArcGis, el cual fue utilizado para construir buffers con tres diferentes radios: a) 900 m, b) 1 800 m y c) > 1 800 m debido a que estas distancias abarcan el ámbito hogareño de ambas especies de estudio (Galetti et al., 2015).

Para las variables antrópicas se obtuvo el valor de la densidad de ganado bovino a partir del mapa de densidad global de ganado (Robinson et al., 2014). La variable distancia a asentamientos humanos se generó mediante la digitalización de los polígonos de cada asentamiento mayor a 20 habitantes a partir del mapa de localidades de la República Mexicana y Censo 2010 (INEGI, 2010). Una vez

digitalizados, se construyeron buffers con un radio de: a) 2 500 m, b) 5 000 m, y c) > 5 000 m, puesto que el área de mayor influencia humana alrededor de un poblado en áreas tropicales es aproximadamente 5 km (Altrichter & Boaglio, 2004). Ambas variables fueron usadas por considerarse como indicadores de actividad humana.

La variable Modelo de Elevación Digital fue obtenida del Consorcio de Información Espacial (*Consortium for Spatial Information*) y fue usada para predecir el uso de áreas inundables (< 2 msnm). La variable distancia a ríos fue obtenida del mapa de los principales ríos de la región (Maderey-R. & Torres-Ruata, 1992). Para cada río se generaron buffers con radios diferentes: a) 100, b) 300, c) 600, y d) > 600 m, esto con la finalidad de evaluar la influencia de la cercanía de cuerpos de agua permanentes en la presencia de las especies objetivo (Keuroghlian et al., 2009; García-Marmolejo et al., 2013). Se realizaron pruebas de Pearson ($R < 0.7$) para identificar variables correlacionadas (Dormann et al., 2013) mediante el paquete *corrplot* en R (Wei & Simko, 2017).

Modelos de distribución: Los modelos fueron construidos con el método de Maxent (Phillips, Anderson, & Schapire, 2006) mediante el paquete *dismo* en R (Hijmans, Phillips, Leathwick, & Elith, 2017). El algoritmo de máxima entropía (Maxent) permite generar modelos con datos limitados de presencia y variables ambientales, e incluso en áreas pequeñas reportando resultados con buena precisión (Wisniewski et al., 2008). Para evitar autocorrelación y sobre representatividad de datos que pudieran influir en el modelo, se seleccionó una distancia mínima de 250 m entre registros para cada especie, tratando de que al menos haya un solo registro en cada píxel, mediante el paquete *spThin* en R (Aiello-Lammens, Boria, Radosavljevic, Vilela, & Anderson, 2015).

Un total de 76 y 160 registros de cerdos asilvestrados y pecaríes de collar, respectivamente, fueron usados para modelar la distribución potencial. Los registros de cada especie se dividieron aleatoriamente para evaluación

y entrenamiento de los modelos mediante el método *kfold*. Los modelos fueron construidos usando el 80 % de la información para entrenamiento y los datos restantes para su evaluación (Muscarella et al., 2014). Se usó la validación cruzada *kfold* debido a que es un método que mejor se ajusta cuando se cuenta con pocos datos de presencia (Shcheglovitova & Anderson, 2013). El algoritmo fue corrido con 15 repeticiones debido al bajo número de datos, posteriormente se seleccionó el modelo promedio de las réplicas, independientemente para cada especie. La evaluación de cada modelo se realizó mediante el valor del área bajo la curva (AUC) representada en un gráfico ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Un valor de AUC cercano a 1 indica un mejor desempeño del algoritmo (Phillips et al., 2006). El mapa de traslape fue generado mediante la función *algebra de mapas* en el software ArcGis.

RESULTADOS

Ambos modelos obtuvieron un buen desempeño basado en los valores AUC (asilvestrados = 0.95, pecaríes = 0.96), siendo estadísticamente significativos respecto a un hipotético modelo al azar ($P < 0.001$). Para los cerdos asilvestrados, cuatro variables en conjunto: 1) Distancia a cultivos de palma (37.5 %), 2) Precipitación estacional (27.8 %), 3) Temperatura anual (15.7 %), y 4) Uso de suelo (14.9 %), contribuyeron con un 96% en la construcción del modelo, mientras que, para pecaríes de collar, las variables 1) Temperatura anual (52.2 %), 2) Precipitación estacional (12.1 %), 3) Cobertura arbórea (10.9 %) y 4) Distancia a asentamientos humanos (9.8 %) aportaron el 85 %.

La probabilidad de presencia de cerdos asilvestrados incrementó considerablemente conforme disminuyó la distancia a cultivos de palma de aceite y aumentó la precipitación estacional, y a su vez, la probabilidad de presencia fue afectada positivamente de acuerdo con el uso de suelo y vegetación, en donde la probabilidad de presencia es mayor en zonas donde el uso de suelo presenta un mosaico de

vegetación natural y cultivos. Para los pecaríes de collar la probabilidad de presencia aumentó conforme se incrementó la temperatura anual, la precipitación estacional y el porcentaje de cobertura arbórea (> 60 %).

Las zonas de distribución potencial de los cerdos asilvestrados abarcaron principalmente la zona centro del área de Laguna de Términos, desde Sabancuy hasta Escárcega, y desde Candelaria hasta Palizada (Fig. 1). El modelo también indicó que hay probabilidad

de presencia en lugares donde no se han registrado como Balancán, Jonuta y la Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla, en Tabasco y en algunas áreas cercanas a la frontera con Guatemala (Fig. 1A). La distribución potencial para pecaríes de collar incluyó una parte del área de Sabancuy, y la mayor parte en el área de La Montaña, ubicada en el municipio de Palizada, al suroeste de la Laguna de Términos (Fig. 1B). Las áreas de traslape en la distribución de ambas especies abarcan la zona centro

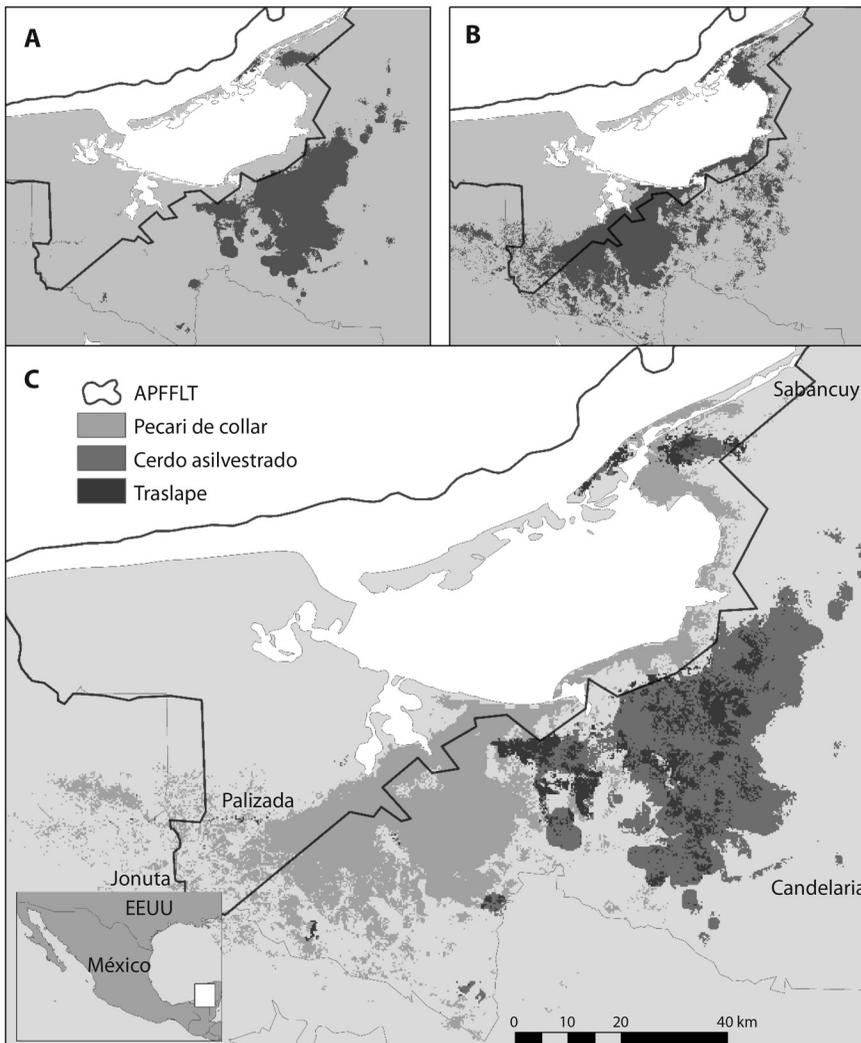


Fig. 1. Distribución potencial de (A) cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) y (B) pecaríes de collar (*Pecari tajacu*); (C) Áreas de traslape en la distribución potencial de ambas especies en el área de Laguna de Términos, Campeche, México.

Fig. 1. Potential distribution of (A) feral pigs (*Sus scrofa*) and (B) collared peccaries (*Pecari tajacu*); (C) Overlapping areas of potential distribution of both species around Laguna Términos, Campeche, Mexico.

del área de Laguna de Términos entre los ríos Chumpán y Candelaria, así como en la zona de Sabancuy (Fig. 1C).

DISCUSIÓN

Las modificaciones que sufren los ecosistemas por actividades antrópicas impactan la supervivencia y distribución de las especies. Los cerdos asilvestrados y los pecaríes de collar son especies generalistas, no obstante, cada especie actúa de manera diferente frente a las presiones antrópicas (Barrios-García & Ballari, 2012; Briceño-Méndez, Naranjo, Mandujano, Altrichter, & Reyna-Hurtado, 2016). Algunas especies se adaptan a ecosistemas degradados debido a que estos ecosistemas les aportan una fuente de alimentos como rebrotes o cultivos (González-Marín et al., 2008), mientras que otras enfrentan problemas a causa de la reducción de su hábitat y cacería, lo que puede llevarlas a desplazarse o reducir su distribución (Briceño-Méndez et al., 2016) como lo demuestran nuestros resultados. Los modelos de distribución potencial mostraron una considerable segregación espacial entre ambas especies, en la que los cerdos asilvestrados se asociaron principalmente, aunque no de manera exclusiva, con áreas impactadas por actividades agropecuarias, a diferencia de los pecaríes de collar que concentran su distribución en zonas con mayor cobertura forestal. La presencia de los cerdos asilvestrados incrementa en hábitats heterogéneos principalmente áreas que les provean acceso a múltiples recursos como agua, alimento y refugio (McClure et al., 2015). A pesar de las presiones antrópicas ejercidas y el impacto de los diversos usos de suelo como los cultivos de palma de aceite, la región de Laguna de Términos aún mantiene una heterogeneidad y diversidad de hábitats que permiten la presencia de ambas especies, incluidos los pocos fragmentos de vegetación natural los cuales deben ser conservados y manejados para mantener las poblaciones de pecaríes de collar.

En general, las variables precipitación estacional y temperatura anual, y las variables

de vegetación y uso de suelo fueron las mejores predictoras en la distribución potencial de ambas especies. Sin embargo, las respuestas a las variables predictoras varían entre especies. La mayor probabilidad de presencia de los cerdos asilvestrados en la región de Laguna de Términos se encontró en áreas con uso de suelos variados como aquellos inmersos en un mosaico de vegetación natural como papales y áreas deforestadas como los cultivos y los pastizales inducidos. Esto concuerda con lo reportado por Keuroghlian et al. (2009) y Keiter y Beasley (2017) quienes reportaron que la probabilidad de presencia de cerdos asilvestrados es mayor en áreas deforestadas e inundables. El aporte de la variable uso de suelo puede estar relacionada a la presencia de cultivos y pastizales inducidos en la región, los cuales aportan una constante disponibilidad y acceso a recursos alimentarios como pastos, semillas y agua para los cerdos asilvestrados (Ilse & Hellgren, 1995b). El pecarí de collar es considerado una especie generalista en algunas áreas, puesto que se distribuye ya sea en áreas conservadas, así como en áreas impactadas por el ser humano como los pastizales inducidos destinados a ganadería y cultivos (García-Marmolejo et al., 2013; Briceño-Méndez et al., 2016), por lo que se esperaba una amplia distribución en el área de Laguna de Términos. La región de Laguna de Términos posee fragmentos de vegetación natural en buen estado de conservación inmersos en una matriz de vegetación impactada por el ser humano (Soto-Galera et al., 2010), los cuales pueden actuar como áreas de posible distribución para los pecaríes, además de aportar recursos alimentarios (González-Marín et al., 2008). Sin embargo, el modelo de distribución potencial reveló que la mayor probabilidad de presencia de los pecaríes de collar se dio en áreas con el mayor porcentaje de cobertura arbórea como son los últimos fragmentos de selva baja inundable y vegetación ribereña a las márgenes de la Laguna de Términos, lo que reafirma lo reportado por Hidalgo-Mihart et al. (2017). Las variables que mayor aportaron al modelo de distribución potencial de los pecaríes de collar de manera

individual fueron la temperatura anual y el porcentaje de cobertura arbórea, estas variables sugieren que temperaturas en el rango de los 20 °C y una mayor cobertura arbórea incrementa la posibilidad de presencia de la especie. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Beca et al. (2017) quienes encontraron que la mayor probabilidad de presencia de pecaríes de collar es aumenta conforme se incrementa el porcentaje de cobertura arbórea.

Las áreas de distribución potencial para cerdos asilvestrados abarcan principalmente la zona centro del área de Laguna de Términos. Esta zona, desde Candelaria hasta Palizada, presentan la mayor precipitación anual del estado (1 500-2 000 mm) y un clima húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2017a), características que influyen en la dinámica de las zonas inundables, las cuales a la vez son seleccionadas por la especie exótica. Estas áreas inundables son compartidas con la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco (INEGI, 2017b) y con la frontera con Guatemala (INEGI, 2017a), por lo que coloca a esta gran región como un área potencial para la distribución de la especie exótica, tal como lo describen nuestros modelos. Por otra parte, es un área de inminente incremento en la superficie de cultivos de palma de aceite (Isaac-Márquez et al., 2016) lo que podría favorecer a la distribución de los cerdos asilvestrados, y comprometer la persistencia de los últimos fragmentos de vegetación en buen estado de conservación, afectando la distribución y permanencia de los pecaríes de collar.

El área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, en conjunto con la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, abarcan más de un millón de hectáreas y conforman uno de los humedales de mayor importancia ecológica en Mesoamérica. Es un humedal de importancia internacional debido que sirve de refugio y hábitat crítico para especies de fauna amenazada como la garza tigre de tular (*Botaurus pinnatus*), el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) y el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*; INE, 1997), especies que podrían ser afectadas de manera negativa

a causa de la presencia de la especie exótica (Keiter & Beasley, 2017).

Los resultados de este trabajo enfatizan la importancia del manejo y conservación de los últimos remanentes de vegetación conservada, para la distribución y permanencia de los pecaríes de collar en la región de Laguna de Términos. A su vez, consideramos necesario implementar un plan de control y manejo para los cerdos asilvestrados, no solo en el área de Laguna de Términos, sino en áreas aledañas como Balancán, Jonuta y la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla en Tabasco en donde se tiene conocimiento de avistamiento de individuos, con la finalidad de impedir su establecimiento y evitar el desplazamiento de especies nativas como los pecaríes.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

A El Colegio de la Frontera Sur y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo y la beca otorgada al primer autor para la realización de estudios de posgrado. Al Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, en especial a José Nava por otorgar los permisos para acceder a la reserva. A la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla a través del Programa de Conservación de Especies en Riesgo 2015: Conservación y distribución de felinos en Pantanos de Centla. A Idea Wild, Panthera A.C, Pedro y Elena Hernández A.C., UMAs Nicté-Ha, Xim-Balam, Nohan, Eco-Ramón y Monte Nuevo por la donación de equipos y el apoyo logístico-financiero. A las comunidades Ignacio Zaragoza y Santa Rita,

Carmen, Campeche, en especial a Eladio Pérez, Ricarter Naal, Roberto Calzada y Ruperto Uribe y familia por apoyarnos y recibirnos con mucha atención y calidez.

RESUMEN

Introducción: La presencia de los cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) combinado con la fragmentación del hábitat presente en la región de Laguna de Términos, Campeche, puede generar cambios en los patrones de distribución y presencia de pecaríes de collar (*Pecari tajacu*). **Objetivo:** Evaluar el traslape o segregación espacial en la distribución de cerdos asilvestrados y pecaríes de collar mediante modelos de distribución potencial de ambas especies en la región de Laguna de Términos, Campeche. **Métodos:** Se generaron modelos de distribución potencial usando datos de presencia y variables antrópicas y bioclimáticas en Maxent. **Resultados:** Los modelos mostraron segregación espacial entre ambas especies. Los cerdos asilvestrados fueron positivamente influenciados por la cercanía a cultivos de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) y por la precipitación estacional; la distribución potencial para pecaríes de collar estuvo positivamente correlacionada con la temperatura y la cobertura arbórea. Se confirmó la presencia de cerdos asilvestrados en Escárcega, Carmen, Candelaria y Palizada, en el estado de Campeche y en Balancán y Jonuta en el estado de Tabasco. Nuestros modelos predicen áreas potenciales para los cerdos asilvestrados principalmente en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco y en áreas cercanas a la frontera con Guatemala. **Discusión:** Consideramos necesario implementar un plan de control para los cerdos asilvestrados, no solo en la región de Laguna de Términos, sino en áreas aledañas con la finalidad de impedir la expansión de su distribución y el desplazamiento de especies nativas como los pecaríes en otras áreas del sur del país.

Palabras clave: especie exótica, palma de aceite, *Pecari tajacu*, segregación espacial, *Sus scrofa*.

REFERENCIAS

Aiello-Lammens, M., Boria, R., Radosavljevic, A., Vilela, B., & Anderson, R. (2015). spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, 38, 541-545.

Altrichter, M., & Boaglio, G. (2004). Distribution and relative abundance of peccaries in the Argentine Chaco: associations with human factors. *Biological Conservation*, 116, 217-225.

Ballari, S., & Barrios-García, M. (2014). A review of wild boar *Sus scrofa* diet and factors affecting food

selection in native and introduced ranges. *Mammal Review*, 44, 124-134.

- Barrios-García, M., & Ballari, S. (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: A review. *Biological Invasions*, 14, 2283-2300.
- Beca, G., Vancine, M., Carvalho, C., Pedrosa, F., Alves, R., Buscariol, D., ... Galetti, M. (2017). High mammal species turnover in forest patches immersed in biofuel plantations. *Biological Conservation*, 210, 352-359.
- Briceño-Méndez, M., Naranjo, E., Mandujano, S., Altrichter, M., & Reyna-Hurtado, R. (2016). Responses of two sympatric species of peccaries (*Tayassu pecari* and *Pecari tajacu*) to hunting in Calakmul, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9, 1-11.
- Brown, J., Stevens, G., & Kaufman, D. (1996). The geographic range: Size, shape, boundaries, and internal structure. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27, 597-623.
- Carrillo-Reyna, N., Weissenberger, H., & Reyna-Hurtado, R. (2015). Distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán. *Therya*, 6, 575-596.
- Cuervo-Robayo, A., Téllez-Valdés, O., Gómez-Albores, M., Venegas-Barrera, C., Manjarrez, J., & Martínez-Meyer, E. (2014). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34, 2427-2437.
- Desbiez, A., Santos, S., Keuroghlian, A., & Bodmer, R. (2009). Niche partitioning among white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*), collared peccaries (*Pecari tajacu*), and feral pigs (*Sus scrofa*). *Journal of Mammalogy*, 90, 119-128.
- Dormann, C., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., ... Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36, 027-046.
- Ferrier, S., & Guisan, A. (2006). Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*, 43, 393-404.
- Galetti, M., Camargo, H., Siqueira, T., Keuroghlian, A., Donatti, C., Jorge, M., ... Ribeiro, M. (2015). Diet overlap and foraging activity between feral pigs and native peccaries in the Pantanal. *PLoS ONE*, 10, 1-10.
- García-Marmolejo, G., Chapa-Vargas, L., Huber-Sannwald, E., Weber, M., Rosas-Rosas, O., & Martínez-Cardenas, J. (2013). Potential distributional patterns of three wild ungulate species in a fragmented tropical region of northeastern Mexico. *Tropical Conservation Science*, 6, 539-557.
- García-Marmolejo, G., Chapa-Vargas, L., Weber, M., & Huber-Sannwald, E. (2015). Landscape composition

- influences abundance patterns and habitat use of three ungulate species in fragmented secondary deciduous tropical forests, Mexico. *Global Ecology and Conservation*, 3, 744-755.
- González-Marín, R., Gallina-Tessaro, S., Mandujano Rodríguez, S., & Weber, M. (2008). Densidad y distribución de ungulados silvestres en la Reserva Ecológica El Edén, Quintana Roo, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24, 73-93.
- Hansen, M., Potapov, P., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., ... Potrafka, R. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 243, 850-854.
- Hidalgo-Mihart, M., Contreras-Moreno, F., Jesús-de la Cruz, A., Juárez-López, R., Bravata de la Cruz, Y., Pérez-Solano, L., ... Koller-González, J. (2017). Inventory of medium-sized and large mammals in the wetlands of Laguna de Términos and Pantanos de Centla, Mexico. *Check List*, 13, 711-726.
- Hidalgo-Mihart, M., Pérez-Hernández, D., Pérez-Solano, L., Contreras-Moreno, F., Angulo-Morales, J., & Hernández-Nava, J. (2014). Primer registro de una población de cerdos asilvestrados en el área de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 990-994.
- Hijmans, R., Phillips, S., Leathwick, J., & Elith, J. (2017). *dismo: Species Distribution Modeling* (version 1.1-4, Software). Recuperado de <https://cran.r-project.org/package=dismo>
- Ilse, L., & Hellgren, E. (1995a). Resource partitioning in sympatric populations of collared peccaries and feral hogs in Southern Texas. *Journal of Mammalogy*, 76, 784-799.
- Ilse, L., & Hellgren, E. (1995b). Spatial use and group dynamics of sympatric collared peccaries and feral hogs in Southern Texas. *Journal of Mammalogy*, 76, 993-1002.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (1997). *Programa de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos*. México, D.F.: Reticulas Gráficas, S. A de C. V.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Localidades de la Republica Mexicana 2010*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/loc2010gw.xml?_xsl=db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Anuario estadístico y geográfico de Campeche 2016*. México, D.F.: INEGI
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017a). *Anuario Estadístico y Geográfico de Campeche 2017*. México, D.F.: INEGI
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017b). *Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017*. México, D. F.: INEGI
- Isaac-Márquez, R., Sandoval Valladares, J., Eastmond Spencer, A., Ayala Arcipreste, M., Arteaga Aguilar, M., Isaac Márquez, A., & Sánchez González, M. (2016). Impactos sociales y ambientales de la palma de aceite: Perspectiva de los campesinos en Campeche, México. *Journal of Latin American Geography*, 15, 123-146.
- Keiter, D., & Beasley, J. (2017). Hog Heaven? Challenges of managing introduced wild pigs in natural areas. *Natural Areas Journal*, 37, 6-16.
- Keuroghlian, A., Eaton, D., & Desbiez, A. (2009). Habitat use by peccaries and feral pigs of the Southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Suiforms Soundings*, 8, 9-17.
- Lowe, B., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Grupo de Especialistas de Especies Invasoras*. Auckland, Nueva Zelanda: Aliens.
- Maderey-R., & Torres-Ruata, C. (1992). *Hidrografía, escala 1:4 000 000 (Mapa)*. México, D.F.: CONABIO.
- Mateo, R., Felicísimo, Á., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217-240.
- McClure, M., Burdett, C., Farnsworth, M., Lutman, M., Theobald, D., Riggs, P., ... Miller, R. (2015). Modeling and mapping the probability of occurrence of invasive wild pigs across the contiguous United States. *PLoS ONE*, 10, 1-17.
- Miranda, F., & Hernández, E. (1951). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. México: Instituto de Biología UNAM.
- Muscarella, R., Galante, P., Soley-Guardia, M., Boria, R., Kass, J., Uriarte, M., & Anderson, R. (2014). ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 1198-1205.
- Núñez Salazar, D., Torres Olave, M., Alatorre Cejudo, L., & Uc Campos, M. (2015, Oct). *Estimación de nicho ecológico del jabalí (Sus scrofa) en México y Estados Unidos*. Artículo presentado en reunión del capítulo de México de la Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Percepción Espacial, Chihuahua, México. Resumen recuperado de <http://www.selper.org.mx/images/Memorias2015/assets/et012.pdf>
- Pearson, R., & Dawson, T. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are

- bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, *12*, 361-371.
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, *190*, 231-259.
- Robinson, T., William Wint, G., Conchedda, G., Van Boeckel, T., Ercoli, V., Palamara, E., ... Gilbert, M. (2014). Mapping the global distribution of livestock. *PLoS ONE*, *9*, 1-16.
- Sanders, N., Gotelli, N., Heller, N., & Gordon, D. (2003). Community disassembly by an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*, 2474-2477.
- Shcheglovitova, M., & Anderson, R. (2013). Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling*, *269*, 9-17.
- Soto-Galera, E., Piera, J., & López, P. (2010). Spatial and temporal land cover changes in Terminos Lagoon Reserve, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, *58*, 565-575.
- Wei, T., & Simko, V. (2017). *R package 'corrplot', No. 0.84* (Software). Recuperado de <https://github.com/taiyun/corrplot>. Retrieved from <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Wisn, M., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A., Graham, C., Guisan, A., ... Zimmermann, N. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, *14*, 763-773.