



Los mamíferos grandes y medianos en la Bahía de Chismuyo Honduras. Una alerta para su conservación: ¿Qué nos indican los modelos de ocupación y detección?

Large and medium-sized mammals in Chismuyo Bay Honduras. A conservation alert: ¿What do occupancy and detection models tell us?

Héctor Orlando Portillo Reyes^{1*}, Fausto Elvir¹, David Mejía¹ y Milena Berrocal²

RESUMEN

Durante los meses de enero y febrero del año 2018 se realizó un estudio usando trampas cámara en el ecosistema de mangle y bosque seco tropical, en la Bahía de Chismuyo, Honduras. A partir de los datos obtenidos se estimaron las probabilidades de ocupación y detección de los mamíferos grandes y medianos. El total del esfuerzo de muestreo fue de 630 noches cámara, registrando 10 especies de mamíferos: *Herpailurus yagouaroundi*, *Canis latrans*, *Tamandua mexicana*, *Procyon lotor*, *Didelphis virginiana*, *Spilogale angustifrons*, *Sylvilagus floridanus*, *Odocoileus virginianus*, *Didelphis marsupialis* y *Mephitis macroura*. Los análisis indican una baja ocupación (Ψ) y detección (p) para cada una de las especies registradas. Las poblaciones de mamíferos grandes y medianos se encuentran en situación crítica de conservación, y es urgente tomar medidas para su protección de manera inmediata. Se debe de establecer un monitoreo sistemático que permita tener una mejor perspectiva de las tendencias de las poblaciones de mamíferos grandes y medianos en la Bahía de Chismuyo.

Palabras Clave: Golfo de Fonseca, modelos nulos, probabilidad de ocupación, probabilidad de detección, porcentaje de ocupación.

ABSTRACT

*During the months of January and February 2018, a study was conducted using camera traps in the mangrove ecosystem and tropical dry forest in the Chismuyo Bay, Honduras. Occupancy and detection probabilities of big and medium-sized mammals were estimated from the obtained data, along the Chismuyo Bay. The total sampling effort was 630 camera nights, recording 10 mammal species: *Herpailurus yagouaroundi*, *Canis latrans*, *Tamandua mexicana*, *Procyon lotor*, *Didelphis virginiana*, *Spilogale angustifrons*, *Sylvilagus floridanus*, *Odocoileus virginianus*, *Didelphis marsupialis* and *Mephitis macroura*. The analyses indicate low occupancy (Ψ) and detection (p) for each of the species recorded. The populations of large and medium-sized mammals are in a critical conservation situation, and it is urgent to take immediate actions for their protection. Systematic monitoring should be esta-*

Uso de modelos de ocupación y detección para la conservación de los mamíferos en la Bahía de Chismuyo, Honduras

¹Fundación en Ciencias para el Estudio y Conservación de la Biodiversidad (INCEBIO)

²Oficina Regional para México, América Central y el Caribe de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

*Autor de correspondencia:
hector.portillo@incebio.org

blished to provide a better perspective on the trends of large and medium-sized mammal populations in the Chismuyo Bay.

Keywords: *Gulf of Fonseca, likelihood occupancy, likelihood detection, naive occupancy estimate, nulls model.*

INTRODUCCIÓN

Se estima que aproximadamente el 27% de las especies de mamíferos del mundo están amenazadas, en riesgo o a punto de extinguirse, principalmente a causa del cambio en el uso del suelo, la fragmentación y la sobreexplotación (Saunders *et al.*, 1991; Baillie *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2021; UICN, 2022). Algunas de las iniciativas que se están implementando para evitar la desaparición de los mamíferos en peligro de extinción son la creación de áreas protegidas, el mejoramiento de la conectividad del paisaje, la reducción de la huella humana y la reintroducción de especies. A pesar de los innumerables esfuerzos para la conservación de los mamíferos, la amenaza de extinción prevalece, debido a las presiones antropogénicas (p. ej., destrucción de su hábitat; Bodin y Norberg, 2007; Margules y Sarkar, 2007; Kadoya, 2009; Martínez *et al.*, 2021).

La estimación de la distribución de una especie o conjunto de especies en el paisaje proporciona a biólogos y tomadores de decisiones sobre la vida silvestre, información crucial para monitorear y conservar las poblaciones de animales (Noon *et al.*, 2012). También es un criterio clave para iniciativas globales de conservación como la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (<http://www.iucnredlist.org/>), que se ha utilizado para rastrear el cambio en el riesgo de extinción de especies amenazadas a lo largo del tiempo (Duncan *et al.*, 2014).

Para priorizar la conservación de las especies se necesitan evaluaciones precisas, para esto se ha propuesto el uso de modelos de probabilidad de ocupación y detección. Estos modelos se usan para estimar la cantidad de sitios ocupados por una especie, en proporción a los sitios muestreados, que sirve para la planificación de monitoreo a largo plazo, programas de investigación y estudios de metapoblaciones y paisaje (MacKenzie *et al.*, 2002). En este contexto, el seguimiento de las probabilidades de ocupación del sitio se pueden utilizar como una métrica que refleja el estado actual de conservación

de una población (MacKenzie *et al.*, 2002; MacKenzie *et al.*, 2003; MacKenzie *et al.*, 2006).

Los modelos de ocupación pueden ser una alternativa eficiente para evaluar los cambios en el estado de las poblaciones de mamíferos grandes y medianos, ya que consideran la detectabilidad, y son una opción de alta confianza, generando estimadores exactos y precisos (Royle y Nichols, 2003; MacKenzie *et al.*, 2006). A partir de estos modelos jerárquicos, se puede estimar la probabilidad de que una especie se encuentre presente en un área, o probabilidad de ocupación ($\Psi = \text{psi}$), así como su probabilidad de detección (p). Esto se obtiene a partir de historiales de detección/no-detección (hi), elaborados a partir del muestreo repetitivo (j visitas, donde $j = 1, 2, \dots, K$) de S unidades o sitios de muestreo i ($i = 1, 2, \dots, S$) (MacKenzie *et al.*, 2002; Royle y Nichols, 2003; MacKenzie *et al.*, 2006). Un supuesto clave en los modelos de ocupación de una sola temporada para cada especie, es que todos los parámetros son constantes en todos los sitios y asume una población cerrada. Dependiendo de la escala espacial que se utilice, en relación con el área de actividad de la especie de interés, la probabilidad de ocupación puede interpretarse como distribución, ocupación, uso de hábitat y hasta abundancia (en el caso de especies territoriales), pudiendo modelarse la heterogeneidad entre sitios y/o visitas, a partir de covariables (Royle y Nichols, 2003).

En Honduras se ha evaluado la estructura y composición de los mamíferos grandes y medianos en las regiones Central, Moskitia, Caribe y Occidente, a través del monitoreo con trampas cámara. Sin embargo, en la región del Pacífico no se han desarrollado evaluaciones del estado de conservación de los mamíferos, lo anterior denota la importancia de este estudio (Portillo y Elvir, 2013).

El objetivo de esta investigación es conocer la composición y abundancia de los mamíferos grandes y medianos en los ecosistemas de mangle y bosque seco de la Bahía de Chismuyo y estimar su probabilidad de ocupación y detección a partir de modelos de ocupación.

MÉTODO

Área de estudio

La Bahía de Chismuyo se localiza en el Pacífico hondureño, forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras (SINAPH), con

la categoría de Manejo de Hábitat por Especie, con una superficie de 31,616.00 ha, de las cuales 21,571.64 corresponden a la parte terrestre y 10,042.36 a la parte marítima, con 90 km de costa (figura 1). El área protegida se encuentra ubicada en el departamento de Valle, en los municipios de Amapala, Alianza, Goascorán y Nacaome. Esta zona presenta, generalmente, un clima seco por seis meses o más. Durante la estación lluviosa, la zona sur acumula en promedio 1680 mm de precipitación pluvial. La temperatura media es de 29.1 °C, la máxima de 35 °C y la mínima de 23.4 °C. La zona de vida incluye ecosistemas como el bosque latifoliado deciduo y semi deciduo, estuarios, manglares, humedales, lagunas costeras, campo de algas, marisma costera, marisma salina, bahías, costa rocosa, costa con farallones, playa arenosa, dunas y aguas superficiales o pelágicas (ICF, 2015).

Diseño del monitoreo

El diseño consistió en la instalación de 18 trampas cámara, marca Moultrie, modelo A-30i, con sensores al movimiento y calor corporal, con una memoria de 8 gigas, programadas en formato híbrido (imagen/video) con activación cada 15 segundos. Se colocaron en 18 sitios, en cinco localidades a lo largo de la Bahía, y se mantuvieron en funcionamiento durante 35 días. Las localidades fueron las siguientes: Puerto Grande, en la Isla de Zacate Grande; La Brea, El Frijol, los Quemaderos y El Conchal (figura 1). Los sitios fueron seleccionados por presentar mayor oportunidad de capturar mamíferos: senderos naturales y caminos con presencia de huellas. Las cámaras se instalaron en árboles, a una altura de 30 - 40 cm del suelo, registrando las coordenadas geográficas de ubicación en cada localidad de instalación. Según Shannon *et al.*, (2014) y Martínez *et al.*, (2021), las

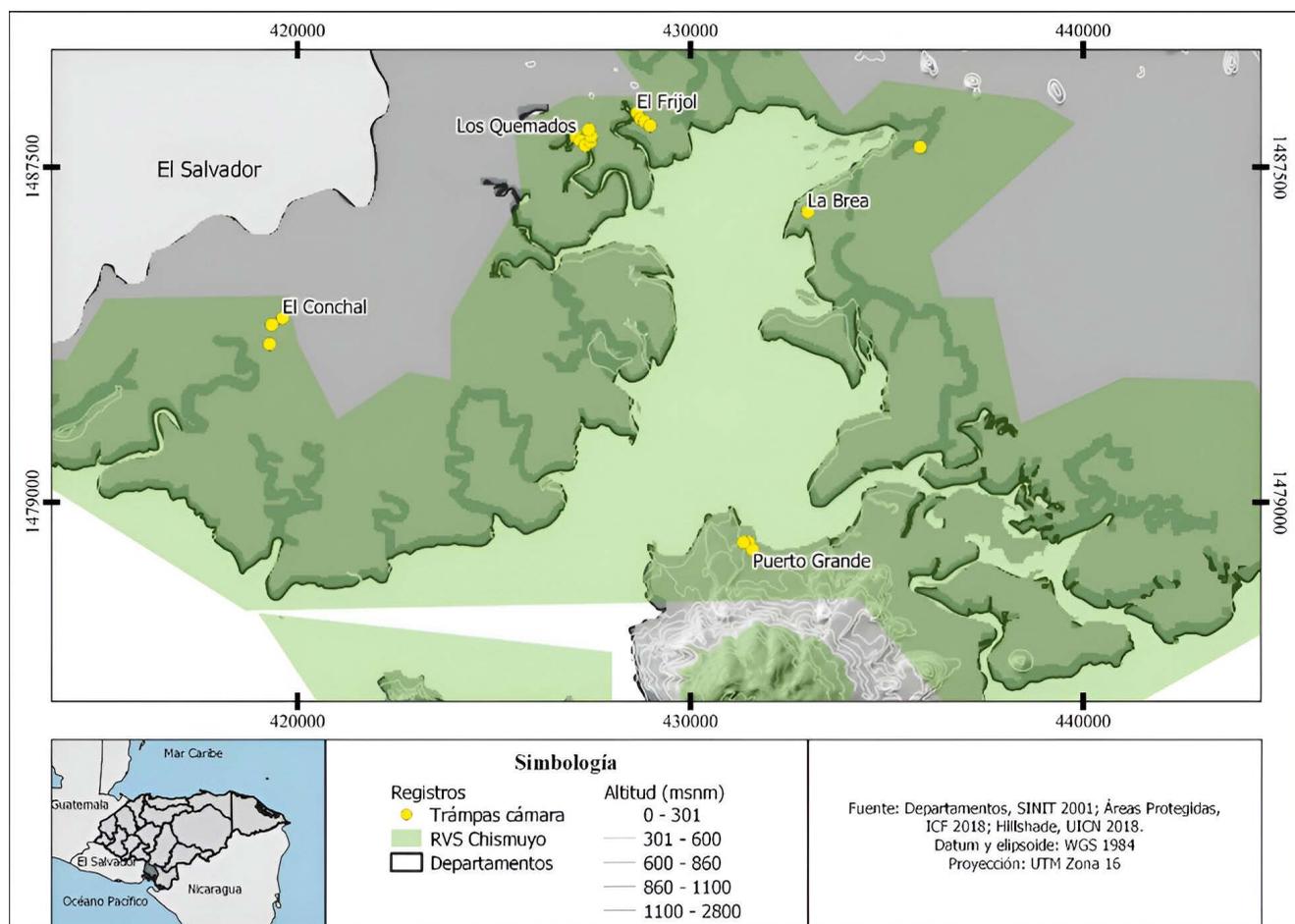


Figura 1. Área de estudio y localización de las 18 cámaras (sitios) en las cinco localidades, en la Bahía de Chismuyo, Golfo de Fonseca, Honduras.

cámaras trampa son herramientas versátiles que pueden ser usadas para el monitoreo de especies y ser eficiente en el muestreo de poblaciones de vida silvestre para estimar su ocurrencia y detectabilidad, especialmente para metapoblaciones con un enfoque de paisaje y corredores.

Análisis de la información

Se revisaron las fotografías y videos, se identificaron las especies, se construyó una base de datos en Excel y se estimaron las frecuencias de registro por especie. Se utilizó el criterio de exclusión mediante el cual, para cada especie, se contó un solo individuo durante una hora. Para el ordenamiento y análisis de los datos se usó el Sistema de Información Geográfica QGIS. Esta información fue colocada en matrices binomiales de detección y no detección (MacKenzie *et al.*, 2002).

Uso de modelos predictivos de ocupación (ψ), detección (p) y proporción de ocupación (% Naive)

Cada una de las 18 cámaras representó un sitio de muestreo (S). Los 35 días de monitoreo fueron divididos en cinco grupos de seis días cada uno, como periodos de revisión (j). Se generaron historiales de detección (hi) para las especies, en cada una de las 18 cámaras, tomando en cuenta los cinco periodos de los 35 días de muestreo.

Para cada especie, los historiales de detección proporcionan un registro, por ejemplo, si la especie fue detectada (1) o no detectado (0) durante los días muestreados. Estos historiales de detección se utilizaron para estimar una *ocupación constante* (ψ) y una *probabilidad de detección constante* (p). Se utilizó el modelo de ocupación de una sola temporada para cada especie, sin utilizar covariables ambientales o físicas, conocidos como *modelos de ocupación nulos* (MacKenzie *et al.*, 2002).

Cuadro 1. Abundancia relativa de las especies registradas en la Bahía de Chismuyo, Honduras

Especies	Nombre Común	Familia	F/C 630/ NC
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Gato de monte	Felidae	5
<i>Canis latrans</i>	Coyote	Canidae	9
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Cervidae	16
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	Myrmecophagidae	4
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Procyonidae	39
<i>Didelphis marsupialis</i>	Guazalo	Didelphidae	4
<i>Didelphis virginiana</i>	Guazalo	Didelphidae	4
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo	Mephitidae	13
<i>Spilogale angustifrons</i>	Zorrillo bandeado	Mephitidae	2
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	Leporidae	4
N/C =noches cámara F/C = Frecuencia de captura			

Se construyeron cuatro modelos predefinidos con el programa Presence 2.13.10. Se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC y AIC wgt), para seleccionar el análisis de mejor desempeño para cada uno de los cuatro modelos sugeridos.

RESULTADOS

En total, el esfuerzo de muestreo fue de 630 noches cámara, con un registro de 10 especies de mamíferos a lo largo de la Bahía de Chismuyo (cuadro 1 y figura 2).

Al realizar los ajustes con el AIC, el programa PRESENCE seleccionó los modelos sugeridos en la distribución de los datos registrados en los sitios y periodos de muestreo, optimizando la información para evitar pérdidas y obtener la máxima probabilidad para la estimación del método. Se usó el peso de AIC (AICwgt) como indicador de la mayor probabilidad de detección en los modelos (cuadro 2). De los cuatro modelos predefinidos en el programa PRESENCE, dos de ellos, *1 group, Constant P* y *1 group, Survey-specific* (cuadro 2), fueron seleccionados como los modelos de mejor desempeño en el análisis. Al observar los resultados de especie registrada, se encontró que las detecciones por periodo de muestreo (j) son menores (historial de muestreo durante los cinco periodos), generando un modelo predictivo de ocupación bajo (MacKenzie *et al.*, 2005). Las especies que mostraron baja probabilidad de ocupación y detección son: *Herpailurus yagouaroundi*, *Canis latrans*, *Tamandua mexicana*, *Procyon lotor*, *Didelphis virginiana*, *Spillogale angustifrons* y *Sylvilagus floridanus* (cuadro 2). Las especies *Odocoileus virginianus*, *Didelphis marsupialis* y *Mephitis macroura*, mostraron un desempeño de ocupación, detección y proporción ligeramente mejor que las siete especies antes mencionadas (cuadro 2; MacKenzie *et al.*, 2002).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los modelos predictivos de ocupación y detección pueden evaluar cambios significativos en la estructura de la comunidad de mamíferos terrestres en áreas protegidas, enlaces de paisaje y corredores biológicos (Mackenzie *et al.*, 2002). Realizar evaluaciones de la composición de poblaciones, tomando las abundancias relativas o frecuencias de captura de un muestreo puede llevar a conclusiones prematuras y erróneas del estado de conservación de una especie, ya que los datos de la historia de la detección no es analizada a pro-

fundidad, o no permite visualizar la dinámica de una población con enfoque de paisaje (Mackencie *et al.*, 2002; Mackencie *et al.*, 2003; Mackencie *et al.*, 2005; Mackencie *et al.*, 2010).

Así mismo, los resultados de este análisis muestran un bajo porcentaje de proporción de ocupación (% Ψ), para nueve de las 10 especies registradas, a excepción de los mapaches (*Procyon lotor*) con un valor > 0.7 , el cual es aceptable para esta especie en el bosque de mangle, pues es un hábitat que le proporciona alimento de manera permanente. El bajo porcentaje de ocupación para el resto de las especies puede estar relacionado con las diferentes actividades antropogénicas que se realizan en cada uno de los sitios de muestreo. La heterogeneidad del paisaje y las actividades productivas pueden ser aspectos que influyen en la baja probabilidad de ocupación y detección de los mamíferos grandes y medianos en la Bahía de Chismuyo (MacKenzie *et al.*, 2002).

En Honduras se tienen registrados cinco felinos; el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el tigrillo o caucel (*Felis weidii*), y el yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*; Marineros y Martínez 1998), de todos los anteriores, solamente el yaguarundi fue registrado en este estudio. De los mamíferos medianos y grandes, solamente se registró al venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), en Puerto Grande, en la Isla de Zacate Grande. De igual forma se registró al coyote (*Canis latrans*), el cual es una especie predatora generalista, indicadora de áreas intervenidas antropológicamente (Elvir *et al.*, 2019). El resto de los mamíferos registrados son medianos y de hábitos generalistas, a excepción del oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), cuya alimentación se basa en hormigas y termitas. Esto lleva a la conclusión que la Bahía de Chismuyo muestra una baja composición de predadores y presas comparado con los mamíferos registrados en la región de la Moskitia y el Caribe hondureño, donde se tiene presencia de los cinco felinos y sus grandes presas (Portillo y Elvir, 2013). De acuerdo con el análisis, los valores de detección son mayores que los de ocupación, lo que podría indicar que la ubicación de los sitios de muestreo no son el hábitat idóneo para las especies, siendo probablemente una región de tránsito (cuadro 2).

De acuerdo con MacKencie *et al.* (2002), las probabilidades de ocupación (Ψ) < 0.7 y las probabilidades de detección (p) < 0.3 son valores bajos

Cuadro 2. Resultados de los modelos de ocupación nulos de una sola temporada para cada especie, en la Bahía de Chismuyo, Na- caome, Honduras.							
Especie	DPM	Modelo de > AIC	Ψ	p	AIC wgt	% Ψ	
* <i>Herpailurus yagouaroundi</i>	3	1 group, Constant P	0	0.0333	0.6050	0.1667	
* <i>Canis latrans</i>	4	1 group, Constant P	0.0556	0.7997	0.7352	0.0556	
<i>Odocoileus virginianus</i>	8	1 group, Constant P	0.2377	0.4206	0.8266	0.2222	
* <i>Tamandua mexicana</i>	3	1 group, Constant P	0	0.0333	0.8172	0.1667	
* <i>Procyon lotor</i>	23	1 group, Survey-specific P	0.05	0.2778	0.8788	0.8333	
<i>Didelphis marsupialis</i>	4	1 group, Survey-specific P	0.1250	0.0156	0.5171	0.1111	
* <i>Didelphis virginiana</i>	3	1 group, Survey-specific P	0.1667	0.01	0.7134	0.1667	
<i>Mephitis macroura</i>	8	1 group, Constant P	0.3343	0.2991	0.8147	0.2778	
* <i>Spilogale angustifrons</i>	1	1 group, Constant P	0	0.0111	0.8133	0.0556	
* <i>Sylvilagus floridanus</i>	2	1 group, Constant P	0.02	0.0222	0.7975	0.1111	

Modelos predefinidos en el programa *Presence* basados en el valor AIC (*Akaike Information Criterion*) de ocupación de una sola tem-
porada para cada especie o modelos de ocupación nula.

- 1 group, Constant P= Los (S) tienen la misma (Ψ) y (p) es constante.
- 1 group, Survey-specific= Todos (S) tienen la misma (Ψ), pero que (p) puede variar entre (j)
- 2 groups, Constant P= 2 (S) tienen la misma (Ψ) y (p) para todos los sitios es constante
- 2 groups, Survey-specific P= 2 (S) tienen la misma (Ψ), pero que (p) puede variar entre (j)

DPM= Detección de la especie durante los periodos de muestreo

AIC= Criterio de información Akaike

Ψ = Probabilidad de ocupación

p= Probabilidad de detección

AIC wgt= valor del Criterio de información Akaike

% Ψ = Proporción de ocupación



Figura 2. Imágenes de los mamíferos registrados en diferentes sitios del bosque de Mangle y bosque seco, en la Bahía de Chismuyo: (a) gato de monte *Herpailurus yagouaroundi*, (b) venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, (c) coyote *Canis latrans*, (d) oso hormiguero *Tamandua mexicana*, (e) mapache *Procyon lotor*, (f) zorrillo bandedo *Spilogale angustifrons*, (g) guazalo *Didelphis virginiana*, (h) zorrillo *Mephitis macroura*. Fotos: Proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida UICN/USAID.

para considerar en buen estado de conservación una población de una especie determinada. Por lo anterior, podemos concluir que las poblaciones de mamíferos grandes y medianos de la Bahía de Chismuyo se encuentran en una situación crítica, que se debe atender de manera inmediata.

La baja probabilidad de ocupación de los mamíferos en la Bahía de Chismuyo puede estar relacionada a las diferentes actividades productivas de la región, como la industria camaronera, las áreas productoras de sal, las plantaciones de melón, las áreas de producción de energía fotovoltaica y el crecimiento urbanístico y demográfico que afectan la calidad del hábitat, provocando la pérdida y fragmentación de este, aunado a la cacería ilegal y el tráfico de especies. Todas estas amenazas en mayor o menor medida impactan las poblaciones de mamíferos silvestres, modificando con ello su dinámica, composición y abundancia. La detección de una especie de felino como el yaguarundi no determina la buena condición de un ecosistema, debido a que es una especie con cierto grado de tolerancia a los ambientes perturbados y su base de presas se compone de pequeños mamíferos (Kadoya, 2009; Portillo y Elvir, 2013). Se sugiere llevar a cabo estudios de ocupación y detección con mayor esfuerzo en cuanto a espacio y tiempo (MacKenzie *et al.*, 2002). De igual forma se debe establecer un monitoreo sistemático, para tener una mejor perspectiva de las tendencias de las poblaciones de mamíferos grandes y medianos en la Bahía de Chismuyo.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto Mejoramiento de Cuenecas Costeras y Medios de Vida ejecutado por la Oficina Regional para México, América Central y el Caribe de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), auspiciado por USAID. Al Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca (CODDEFFAGOLF) por su apoyo y acompañamiento en el proceso del trabajo de campo. A la Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y Desarrollo Económico (Funsalprodese), por su apoyo y acompañamiento de todo el proceso de monitoreo en Bahía de la Unión, El Salvador. Al Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) Región Forestal del Pacífico en Honduras. A las comunidades de Puerto Grande, La Brea, Cubu-

lero y el Conchal por su activa y comprometida participación en el monitoreo biológico.

LITERATURA CITADA

- Baillie, J.E., M.G. Janine, S.T. Turvey, J. Loh. y B. Collen. 2010. *Evolution Lost: Status and trends of the world's vertebrates*. Zoological Society of London. London, Reino Unido.
- Bodin, O. y J. Norberg. 2007. A network approach for analyzing spatially structured populations in fragmented landscape. *Landscape Ecology*, 22:31–44.
- Duncan, C.A., L.M. Chauvenet, L.M. McRae, y N. Pettorelli. 2012. Predicting the future impact of droughts on ungulate populations in arid and semi-arid environments. *PLoS One*, 7:e51490.
- Elvir-Valle, F.A., H.O.R. Portillo y L.E. Marineros-Sánchez. 2019. Distribución potencial y notas acerca del coyote (*Canis latrans*) en Honduras. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 9(1):20–30.
- Kadoya, T. 2009. Assessing functional connectivity using empirical data. *Population Ecology*, 51:5–15.
- MacKenzie, D.I.J., D. Nichols, G.B. Lachman, S. Droege, J.A. Royle y C.A. Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83:2248–2255. [DOI 10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORW-D]2.0.CO;2.]
- MacKenzie, D.I.J., D. Nichols, J.E. Hines, M.G. Knutson y A.B. Franklin. 2003. Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 84:2200–2207. [DOI 10.1890/02-3090].
- MacKenzie, D.I.J., D. Nichols, J.A. Royle, K.H. Pollock, L.L. Bailey y J.E. Hines. 2006. *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Elsevier. San Diego, California.
- MacKenzie, D.I.J. y J.A. Royle. 2005. Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of Applied Ecology*, 42:1105–1114. [DOI 10.1111/j.1365-2664.2005.01098.x.]
- MacKenzie, D.I., M.E. Seamans, R.J. Gutierrez y J.D. Nichols. 2010. Investigating the population dynamics of California spotted owls without marked individuals. *Journal of Ornithology*, 152:597–604. [DOI 10.1007/s10336-010-0544-6.]
- Marineros, L. y F. Martínez. 1998. *Guía de campo de los mamíferos de Honduras*. Comunica. Tegucigalpa, Honduras.
- Margules, C.R. y S. Sarkar. 2007. *Systematic conservation planning*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Martínez, W.E., R. Reyna-Hurtado, R. Naranjo, E. Thornton, D. Reynold y N. Figueroa. 2021. Occupancy rate and observations of Baird's tapir (*Tapirella bairdii*) near waterholes in the Maya forest corridor, Belize. *Therya*, 12:37–43.
- Noon, B.R., L.L. Bailey, T.D. Sisk y K.S. McKelvey. 2012. Efficient species-level monitoring at the landscape scale. *Conservation Biology*, 26:432–441. [DOI 10.1111/j.1523-1739.2012.01855.x.]
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2015. *Plan de Manejo del Sub-Sistema de Áreas Naturales Protegidas de la Zona Sur de Honduras 2015-2026*.
- Portillo, H. y F. Elvir. 2013. Composición, estructura y diversidad de los mamíferos terrestres grandes y medianos en 16 Áreas Protegidas en Honduras, usando fotocapturas como evidencia de registro. *Mesoamericana*, 17:15–31.
- Royle, J.A. y J.D. Nichols. 2003. Estimating abundance from repeated presence absence data or point counts. *Ecology*, 84, 777–790.

- Saunders, D., R. Hobbs. y C. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystems fragmentation: A review. *Conservation Biology*, 5: 18-32.
- Shannon, G.S., J. Lewis y D.B. Gerber. 2014. Recommended survey designs for occupancy modelling using motion-activated cameras: insights from empirical wildlife data. *PeerJ*, 2:e532. [DOI 10.7717/peerj.532]
- UICN. 2022. *IUCN red list of threatened species*. Version 2022-2. Disponible en: <www.iucnredlist.org>. [Consultado en noviembre de 2023].