

# PRIMERA CONTRIBUCIÓN A LA DIVERSIDAD HERPETOLÓGICA DE LA RESERVA ECOLÓGICA PANAMAES, LOS SANTOS, PANAMÁ

## FIRST CONTRIBUTION TO THE HERPETOLOGICAL DIVERSITY OF THE PANAMAES ECOLOGICAL RESERVE, LOS SANTOS, PANAMA

Mario Urriola<sup>1</sup>, Angel Romero-Marcucci<sup>2,3\*</sup>, Macario González-Pinzón<sup>2,3</sup>, Daniel Murcia<sup>1</sup>, Josanel Sugasti<sup>1</sup> & Angela Santana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundación Biodiversidad Tropical Panamá (FIBUTROPA), el Valle de Antón, Coclé, Panamá.

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), David, Panamá.

<sup>3</sup>Museo Herpetológico de Chiriquí (MHCH), David, Chiriquí, Panamá.

\*Correspondence: [angel.romero1@unachi.ac.pa](mailto:angel.romero1@unachi.ac.pa)

Received: 2023-07-08. Accepted: 2024-05-18. Published: 2024-12-09.

Editor: Leticia M. Ochoa Ochoa, México.

Writing style corrector: Mijal Montelongo Huberman, México.

**Abstract.**— Monitoring was carried out in transects within the Panamaes Ecological Reserve, which is located in the province of Los Santos, District of Pedasí. From November 2021 to June 2022, covering the dry and rainy seasons, we looked for amphibians and reptiles. The sampling effort took a total of 252.5 hours and covered 54.32 km in transects and general search areas with the aim of determining whether the conservation and reforestation efforts within the reserve have been successful. As a result of this work, we found a total of 808 individuals belonging to 43 species, of which 29 belong to the class Reptilia and 14 to the class Amphibia. These results show a positive outcome for the conservation and reforestation effects within the reserve. The most abundant species of amphibians were *Dendropsophus microcephalus* and *Boana platanera*, and the most abundant reptiles were *Basiliscus basiliscus* and *Anolis gaigei*.

**Keywords.**— Amphibians, Arco seco, Azuero, conservation, reptiles.

**Resumen.**— Se realizaron monitoreos en transectos dentro de la Reserva Ecológica Panamaes, ubicada en la provincia de Los Santos, Distrito de Pedasí. Los monitoreos se llevaron a cabo de noviembre de 2021 a junio de 2022, abarcando las estaciones seca y lluviosa. Se buscaron anfibios y reptiles durante un total de 252.5 horas de esfuerzo de muestreo, recorriendo 54.32 km entre transectos y áreas de búsqueda generales con el objetivo de determinar si los esfuerzos de conservación y reforestación dentro de la reserva han funcionado. Se obtuvo como resultado de este trabajo un total de 808 individuos reportados pertenecientes a 43 especies, de las cuales 29 corresponden a la clase Reptilia y 14 a la clase Amphibia. Esto representa un resultado positivo para los efectos de conservación y reforestación dentro de la REP. Las especies más abundantes fueron *Dendropsophus microcephalus* y *Boana platanera* por parte de los anfibios y *Basiliscus basiliscus* y *Anolis gaigei* por parte de los reptiles.

**Palabras clave.**— Anfibios, Arco seco, Azuero, conservación, reptiles.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques en Panamá contribuyen al sostenimiento y la conservación de la diversidad biológica (Tokarz & Condit, 2021). Estos bosques han sufrido la presión antropogénica por la búsqueda de beneficios, como la madera, tierra para cultivos y ganadería, sin considerar las consecuencias (Cedeño

et al., 2006). Este impacto negativo es más fácil observarlo en los bosques del Arco Seco en la península de Azuero, los cuales representan cerca del 7% de los bosques de Panamá (MiAmbiente, 2009). Esta península es la región más seca del país, y en ella se encuentra la mayor parte de los bosques estacionalmente secos

remanentes de Panamá (Griscom & Ashton, 2011; Garibaldi et al., 2018). Los bosques secos tropicales son considerados uno de los ecosistemas tropicales más amenazados (Janzen, 1988; Bawa & Seidler, 1998), con una precipitación anual menor a 1,000 mm y una temperatura inferior a 18 °C (MiAmbiente, 2009), lo que limita esta región a un clima tropical de sabana (CATHALAC, 2016). Debido al clima y la distribución geográfica, existen especies de flora y fauna que son endémicas de los bosques secos tropicales (Hasnat & Hossain, 2020). Los bosques secos tropicales de Panamá están pasando por una transición en el uso del suelo; esto debido a cambios en factores que van desde el abandono de zonas de pastoreo a la reforestación activa de algunos lugares (Sánchez-Azofeifa et al., 2005; Vieira & Scariot, 2006; Griscom et al., 2009).

La Reserva Ecológica Panamaes (REP), ubicada en la península de Azuero, se decretó en el año 2003 con la finalidad de proteger el bosque seco tropical, ya que este bosque enfrenta severas amenazas, como la tala, la ganadería intensiva y extensiva, y el mal manejo de los suelos, siendo la región con más pérdida boscosa del país (MiAmbiente, 2020). La REP tiene como principal objetivo la recuperación de los bosques secos tropicales dentro de la reserva para que lleguen a ser florecientes y que poco a poco proporcionen recursos naturales, principalmente a los pobladores de la zona (Morales et al., 2016). Algunas de las técnicas de reforestación que se han usado en la REP son la regeneración pasiva de bosques así como la instalación de plantaciones (Sloan, 2008). La reforestación puede ser necesaria para restaurar la salud del ecosistema y, monitoreando la presencia de fauna sensible a cambios en el entorno, como los anfibios y reptiles, se podrían evaluar las prácticas exitosas y la restauración dentro de la reserva (Kovacs, 2019).

Debido a la gran presión antropogénica que ha sufrido esta región (Cedeño et al., 2006), se tienen como consecuencias un alto grado de deforestación, menos agua, menos bosques y menos sitios en donde se puedan realizar investigaciones sobre la herpetofauna propia de la región. Las zonas áridas son menos estudiadas en cuanto a la herpetofauna (Fernandez-Badillo et al., 2016) y aún menos con respecto a los anfibios por sus características fisiológicas. Esto se debe a que ellos se asocian a ambientes acuáticos, puesto que la mayoría de las especies de este grupo pasan las primeras etapas de su desarrollo en el agua (Aguillon-Gutiérrez, 2018). En consecuencia, los estudios de anfibios en esta zona han sido muy escasos. No obstante, aunque gran parte de la biodiversidad de anfibios anuros se encuentra en zonas caracterizadas por alta humedad relativa (Abad et al., 2017), existen también anuros en zonas semiáridas y áridas (Canseco-Márquez & Gutierrez-Mayén, 2010). Para

contrarrestar la escasez de agua característica de dichos ecosistemas, estos animales han desarrollado evolutivamente mecanismos ecofisiológicos y comportamientos muy diversos, como la formación de madrigueras y capullos, la reflectancia, la coloración, la postura corporal, la disminución del metabolismo, la retención de líquidos y la permeabilidad cutánea, entre otros (Aguillon-Gutiérrez, 2018).

En cuanto a los reptiles, estos representan una parte significativa de la biodiversidad de ambientes donde el agua es un recurso escaso (González et al., 2004). Este grupo es el que se presenta con mayor diversidad en aquellas zonas (Perlaza-Berrío & Peláez-Plazas, 2018). En el bosque seco tropical donde las temperaturas son en promedio más altas que en el resto de país, la capacidad de termorregular la temperatura interna con el ambiente es una ventaja que los reptiles poseen (Lara-Resendiz, 2020). Además, la capacidad de poner huevos recubiertos de una cascara que los protege de la desecación supone una ventaja en estos ambientes en donde la disponibilidad de agua es un factor determinante (Zug et al., 2001).

La revisión de las publicaciones de los grupos faunísticos aquí presentados deja al descubierto la escasez de estudios sobre anfibios y reptiles en el bosque seco de Panamá. Por esta razón, los objetivos del presente estudio son comprobar si los planes de conservación de los bosques secundarios dentro de la reserva están funcionando como hábitat de los anfibios y reptiles; determinar cuál de los grupos, anfibios o reptiles, presenta una mayor abundancia y diversidad; y especificar el estado de conservación en el que se encuentra cada especie en la Reserva Ecológica Los Panamaes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubicó en la provincia de Los Santos, distrito de Pedasí en la región central de la República de Panamá. Esta área es caracterizada por las actividades agrícolas y ganaderas que constituyen el uso principal del suelo en el Arco Seco (MiAmbiente, 2009). Este lugar presenta un tipo de bosque húmedo tropical que a su vez colinda con el bosque pluvial montano bajo (Holdridge, 1971), específicamente para la REP, y presenta una precipitación anual en ocasiones por debajo de los 1,000 mm (MiAmbiente, 2009). También cabe mencionar que, según Köppen (1900), la región del Arco Seco entra en la zona A con un clima tropical de sabana en la cual hay una estación seca bien definida de entre tres a cinco meses. Los lugares específicos para los muestreos fueron seleccionados por su fácil accesibilidad y por reunir las condiciones adecuadas para el desarrollo de este

proyecto. Es importante remarcar que no existe información debidamente publicada relacionada a anfibios y reptiles de la REP (Fig. 1).

### Reserva Ecológica Panamaes

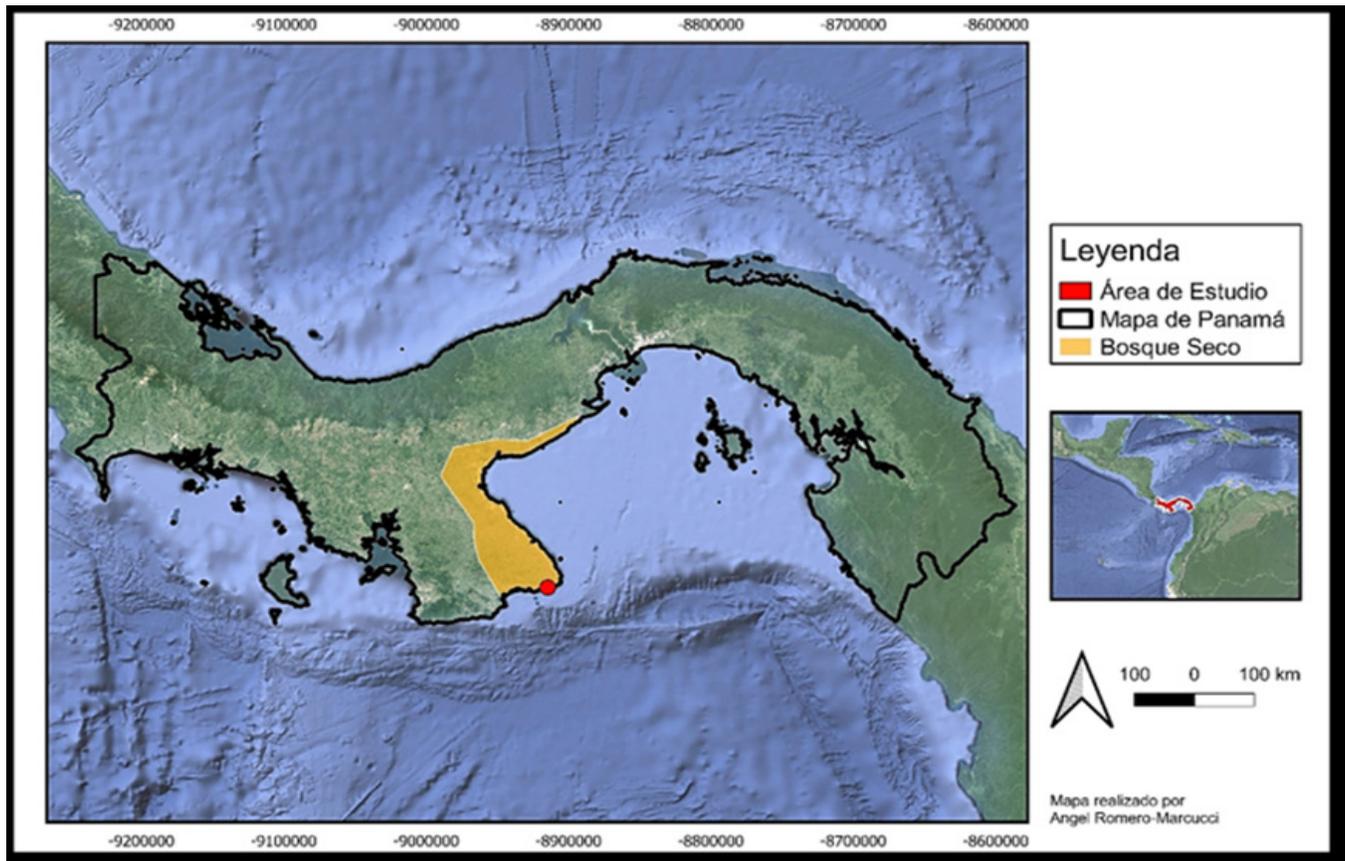
La REP es una parcela de terreno de aproximadamente 560 ha en Puerto Escondido, Pedasí, provincia de Los Santos en la península de Azuero (coordenadas: 7° 26' 44.4" N, 80° 4' 14.3" W). La propiedad está compuesta por varias fincas cuyo principal dueño, el príncipe Maximiliano de Liechtenstein, comparte su visión para regenerar y conservar los ecosistemas terrestres, costeros y oceánicos a través del manejo sostenible de la tierra (Fig. 2).

### Metodología de campo

Los muestreos fueron realizados entre noviembre de 2021 y junio de 2022 divididos en cuatro visitas a la reserva. La primera visita preliminar fue para delimitar el área en la que se realizarían los

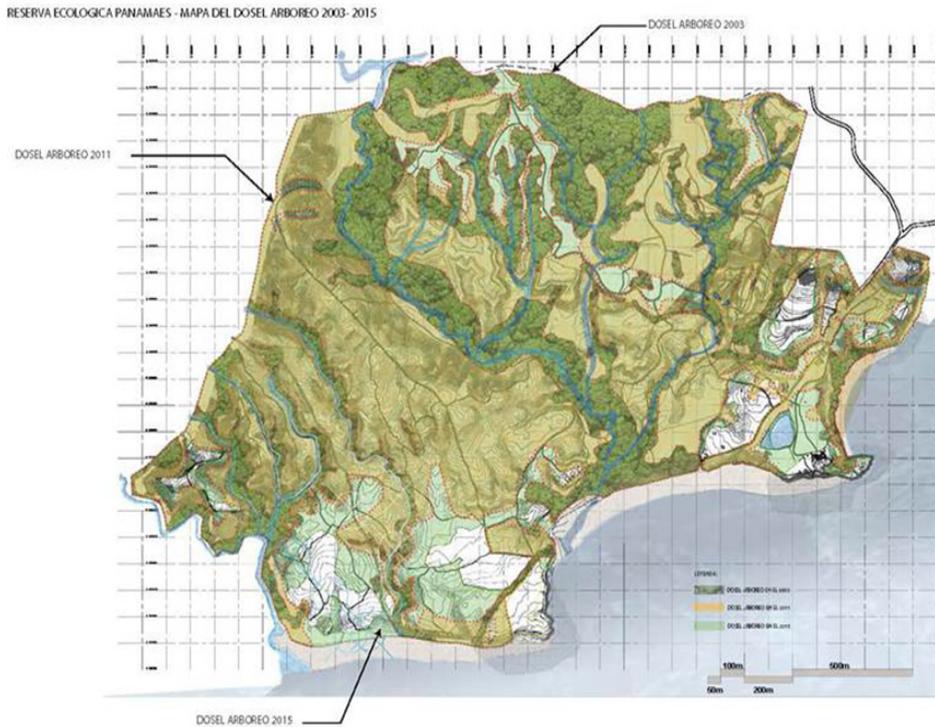
transectos y las tres visitas posteriores, para realizar el monitoreo biológico. Cada visita duró de tres a cuatro días para muestrear. Se utilizó la metodología de transecto para tratar de cubrir la mayor cantidad de superficie (Lips et al., 1999; Heyer et al., 2014) en la reserva. En total, se colocaron cinco transectos: sendero Los Panamaes, Río La Miel, Laguna, Quebrada #2 y Laguna-Tecal con una longitud aproximada de 1.5 km. Los transectos fueron monitoreados hasta un máximo de 2 m de cada lado y hasta los 2 m de altura (Fig. 3).

Todos los transectos fueron georreferenciados y luego se generó un mapa con ayuda del programa de uso libre QGIS (QGIS, 2023) en donde se ubicaron los transectos delimitados para los monitoreos utilizando la aplicación de uso libre Wikiloc (Ramot et al., 2022) y haciendo uso también de un GPS Garmin GPSMAP 62s y Garmin GPSMAP 64sx. En este estudio, se realizaron muestreos diurnos y nocturnos utilizando búsquedas aleatorias por encuentro visual (Lips et al., 1999) las cuales



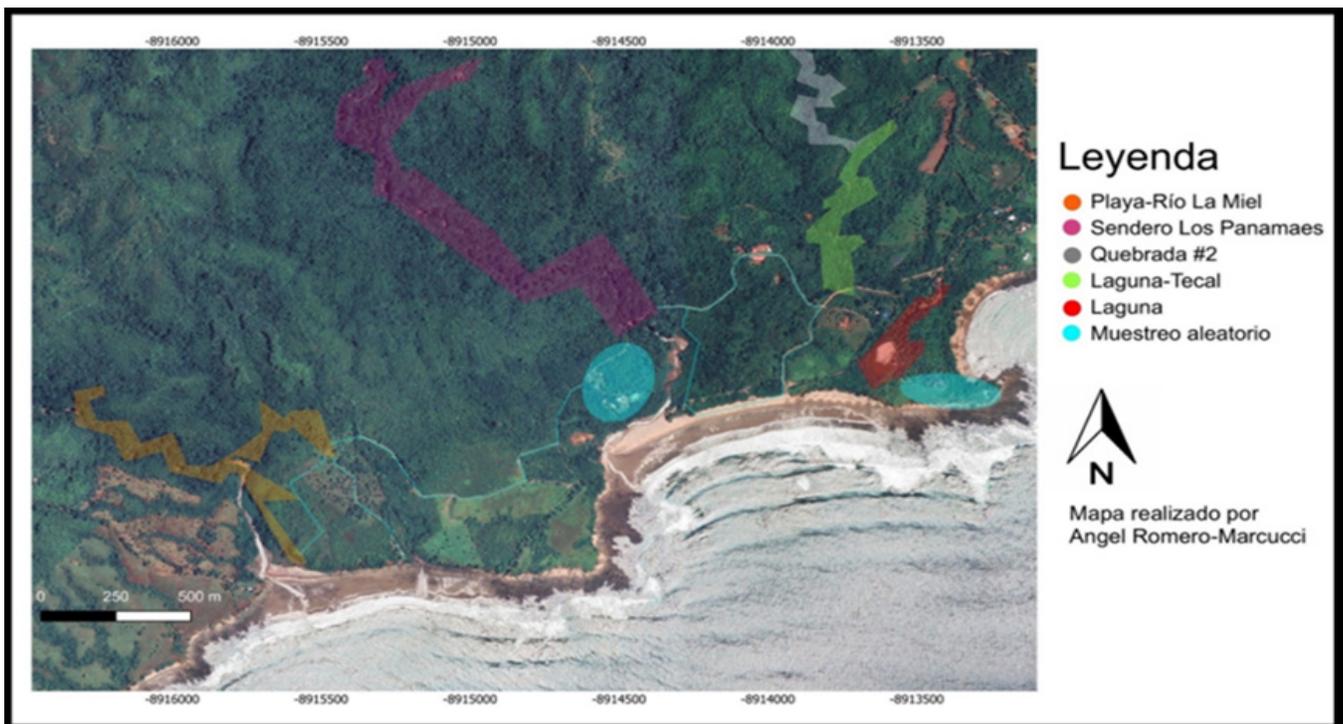
**Figure 1.** Location of the study area in the Azuero peninsula, Los Santos Province, Panama. The yellow area indicates the extent of the tropical dry forests in Panama and the red dot indicates the location where the study was done.

**Figura 1.** La ubicación del área de estudio en la península de Azuero, provincia de Los Santos, Panamá. El área en amarillo indica la extensión de los bosques tropicales secos en Panamá y el punto rojo indica el lugar donde se realizó este estudio.



**Figure 2.** General map of the Panamaes ranch and time of reforestation. Green = tree canopy in 2003. Light green = regenerating forest in 2011. Mint green = regenerating forest in 2015 (Morales et al., 2016).

**Figura 2.** Mapa general de la finca Panamaes y el tiempo de reforestación. Verde = dosel arbóreo en 2003. Verde claro = bosque en regeneración en 2011. Verde menta = bosque en regeneración en 2015 (Morales et al., 2016).



**Figure 3.** Location of transects within the Panamaes Ecological Reserve. Transects: orange = Playa-Río La Miel; pink = Sendero Los Panamaes; gray = Quebrada #2; reed green = Laguna-Tecal; red = Laguna; light blue = random sampling.

**Figura 3.** Localización de los transectos dentro de la Reserva Ecológica Panamaes. Transectos: naranja = Playa-Río La Miel; rosado = Sendero Los Panamaes; gris = Quebrada #2; verde caña = Laguna-Tecal; rojo = Laguna; celeste = muestreo aleatorio.

abarcaron áreas de suelo, como madrigueras, huecos, troncos, hojarasca, cerca de cuerpos de agua y en arbustos y árboles. En el caso de las serpientes, se utilizaron ganchos herpetológicos y pinzas herpetológicas; mientras que, para los sapos, ranas, lagartijas y anolis, la captura fue manual. Las observaciones se iniciaron a la misma hora del día, durante todos los días de la gira (Puerta et al., 2014).

### Identificación de especies

Identificación de especies. Para la identificación de las especies, se utilizaron las claves de identificación *Amphibians of Costa Rica* (Leenders, 2016), *Reptiles of Costa Rica* (Leenders, 2019), *Amphibians of Central America* (Köhler, 2011), y *Reptiles of Central America* (Köhler, 2008). A los individuos que no se lograron identificar en el momento, se les tomaron fotografías de los muslos, ingle, cabeza, manos y patas, parte ventral y dorsal, al igual que una fotografía panorámica de todo el cuerpo para su posterior determinación.

### Estado de conservación

Para conocer el estado de conservación de las especies registradas en este estudio, se utilizó como referencia el listado de especies amenazadas de fauna y flora de Panamá (MiAmbiente, 2016), la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023) y el listado de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2020).

### Esfuerzo de muestreo

Se recorrió un total de 54.32 km entre el día y la noche. El esfuerzo total de muestreo para esta investigación fue de 252.5 horas/persona, dividido en 126.25 horas/persona de esfuerzo diurno y 126.25 horas/persona de esfuerzo nocturno.

### Análisis estadísticos

**Riqueza y diversidad.** Para este trabajo, se calculó la diversidad utilizando los números de diversidad de Hill ( $q_0$  = riqueza,  $q_1$  = índice exponencial de Shannon y  $q_2$  = índice inverso de Simpson), los cuales tienen como unidades los números de especies y miden lo que se denomina el número efectivo de especies presentes en una muestra. Estos números son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies y permiten las comparaciones entre índices de diversidad debido a las transformaciones matemáticas que usan de los índices originales de Simpson y Shannon (Hill, 1973; Jost, 2006, 2007; Moreno et al., 2011; Tuomisto, 2011). Adicional a esto, se calcularon los índices de entropía (H), probabilidad (1-D) y equidad (J).

**Curva de rarefacción.** Se generaron curvas de rarefacción mediante el programa en línea “iNext” que permiten evidenciar diferencias en la diversidad de especies, representada por los números de diversidad de Hill (Chao et al., 2016). Adicionalmente, se evaluó la completitud de la muestra y la representatividad de los grupos (anfibios y reptiles) utilizando la cobertura de la muestra (Cn) y el déficit de cobertura para determinar la eficacia del inventario (Chao & Shen, 2010; Chao & Jost, 2012) con una fórmula planteada por Pineda & Moreno (2015) en el programa Excel.

**Abundancia.** Se calculó la abundancia relativa multiplicando el número total de individuos de una especie por el total de especies encontradas en la REP. La densidad poblacional se calculó como el número de individuos por unidad de área; para ello se aplicó el método sugerido por Ojasti & Dallmeier (2000).

## RESULTADOS

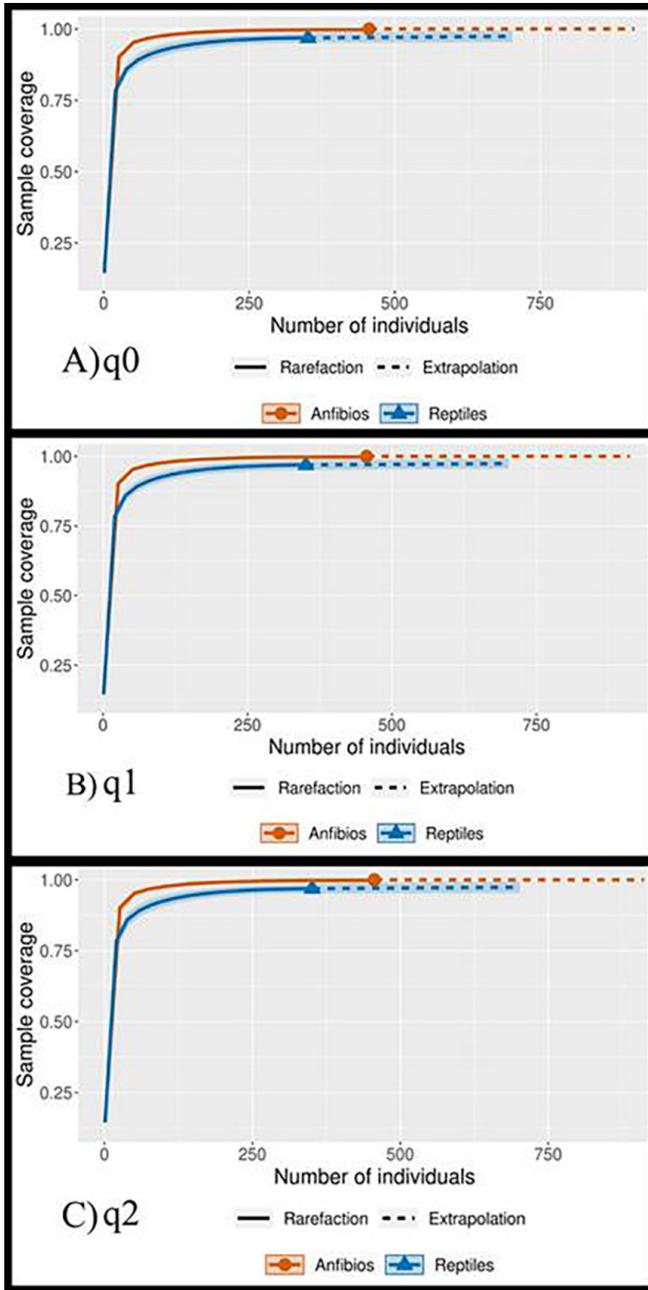
Para la herpetofauna de la REP, se encontró un total de 808 individuos pertenecientes a 43 especies, 14 especies de anfibios y 29 especies de reptiles. La cobertura de la muestra fue mayor en anfibios que en reptiles con un valor de Cn = 0.99 y 0.96 respectivamente (Fig. 4). El esfuerzo de muestreo se midió utilizando el estimador de Chao 2 y el resultado para los anfibios fue de un 83 % y para los reptiles, 73 %, es decir, en ambos casos existe la probabilidad de encontrar más especies (Fig. 5).

### Anfibios

De las 14 especies reportadas, solo una especie (*Dendrobates auratus*) se encuentra en un estatus vulnerable (VU) de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023) para Panamá y en el apéndice II de CITES (Tabla 1).

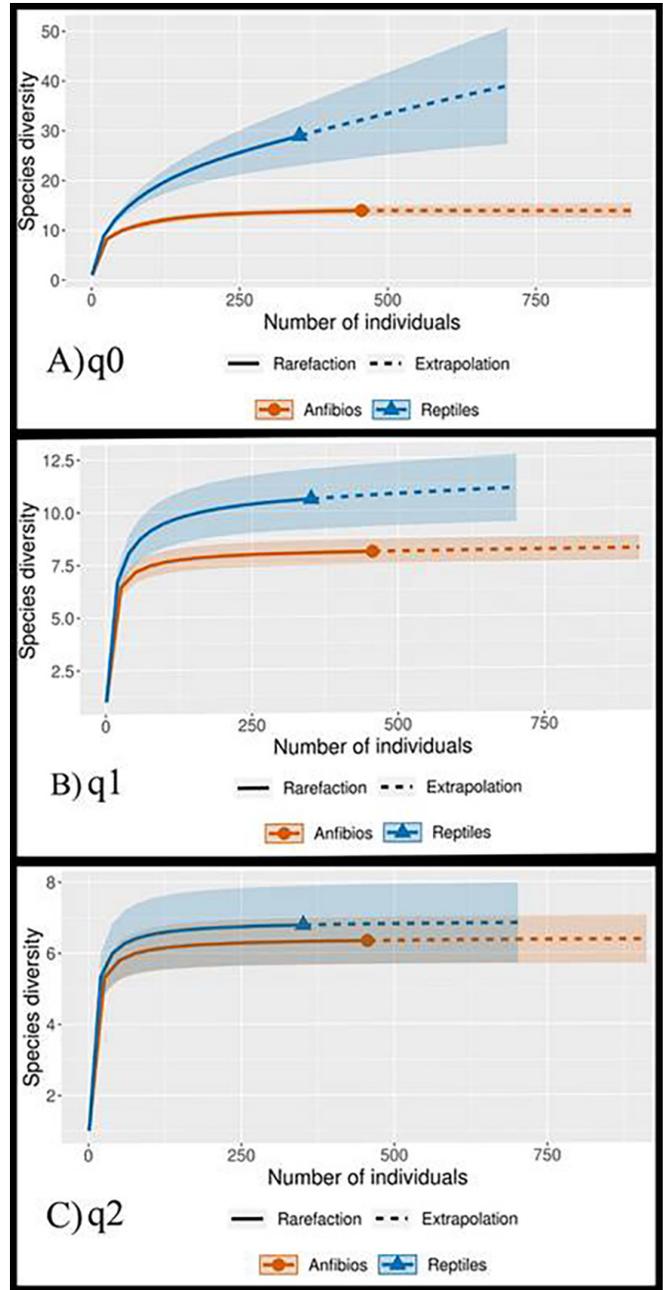
**Riqueza y diversidad.** Al realizar las curvas de rarefacción de este estudio, encontramos que la riqueza de especies ( $q_0$ ) se comporta de manera diferente al índice exponencial de Shannon ( $q_1$ ) y al índice inverso de Simpson ( $q_2$ ), los cuales presentan una tendencia a la estabilización de la asíntota. Por esta razón, se asume que estos índices no aumentarían por más especies y/o individuos nuevos que se agreguen a la muestra. Esto indica que el número de especies abundantes y dominantes muestreadas sí fue adecuado (Fig. 5).

**Índice de entropía, probabilidad y equidad.** El cálculo del índice de Shannon fue de  $H = 2.1$ . El índice de dominancia de Simpson (1-D) fue del 84 % y al estimar el índice de equidad de Pielou, se obtuvo  $J = 0.55$  (Fig. 6).



**Figure 4.** Sample coverage of the orders A) Richness ( $q_0$ ), B) Shannon's entropy ( $q_1$ ) and C) Simpson's Reciprocal ( $q_2$ ). The continuous line is the rarefaction curve; the dotted line, the extrapolation; orange is for amphibians; blue is for reptiles; and the triangles and circles are for the observations of la finca Panamaes en el área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 4.** Cobertura de la muestra de los órdenes A) Riqueza ( $q_0$ ), B) Exponencial de Shannon ( $q_1$ ) y C) Inverso de Simpson ( $q_2$ ). La línea continua indica la rarefacción; la línea punteada, la extrapolación; el color naranja, anfibios; color azul, reptiles; y los triángulos y círculos indican las observaciones de la finca Panamaes en el área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.



**Figure 5.** A) Richness rarefaction curve ( $q_0$ ), B) Shannon's Entropy ( $q_1$ ) and C) Simpson's Reciprocal ( $q_2$ ). The continuous line indicates the rarefaction curve; the dotted line, extrapolation; orange is for amphibians; blue is for reptiles; and the triangles and circles are for the observations from the finca Panamaes in Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 5.** A) Curva de rarefacción de Riqueza ( $q_0$ ), B) Exponencial de Shannon ( $q_1$ ) y C) Inverso de Simpson ( $q_2$ ). La línea continua indica la rarefacción; la línea punteada, la extrapolación; el color naranja, anfibios, el color azul, reptiles; y los triángulos y círculos indican las observaciones de la finca Panamaes en el área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Table 1.** List of species by amphibian family of the Panamaes Ecological Reserve with common name and conservation status.

**Tabla 1.** Listado de especies por familia de anfibios de la Reserva Ecológica Panamaes con el nombre común y el estado de conservación.

Listado de los anfibios registrados en la Reserva Ecológica Panamaes, Pedasí, Los Santos								
Familia	Especie	Nombre común	Cantidad de individuos	Estado de conservación			Fuente	Tipo de vegetación
				MA	CITES	IUCN		
Bufonidae	<i>Incilius signifer</i>	Sapo de bosque seco	1			LC	0	BS
	<i>Rhinella horribilis</i>	Sapo común	5			LC	0	BS
Dendrobatidae	<i>Dendrobates auratus</i>	Rana dardo verdinegra	6	VU	II	LC	0	BP
Hylidae	<i>Boana platanera</i>	Rana platanera	109			LC	0	BP, BS
	<i>Dendrosophus microcephalus</i>	Rana grillo	111			LC	0	BS, BG
	<i>Scinax altae</i>	Rana de árbol	27			LC	0	BS, BG
	<i>Smilisca phaeota</i>	Rana enmascada	10			LC	0	BP, BS
	<i>Smilisca sila</i>	Rana arborícola Ñata	39			LC	0	BP, BS
	<i>Trachycephalus vermiculatus</i>	Rana lechosa	4			LC	0	BP, BS
Leptodactylidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	Tungara	37			LC	0	BS, BG
	<i>Leptodactylus fragilis</i>	Rana de espuma frágil	45			LC	0	BG
	<i>Leptodactylus insularum</i>	Rana de espuma insular	52			LC	0	BG
	<i>Leptodactylus savagei</i>	Rana toro	3			LC	0	BP, BG
Microhylidae	<i>Elachistocleis pearsei</i>	Rana pingüina	7			LC	0	BG

**Note.** MA (Ministry of Environment of Panama): VU = Vulnerable (MiAmbiente, 2016); IUCN (International Union for Conservation of Nature): LC = Least Concern (IUCN, 2023); CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora): I = cited in Appendix 1, II = cited in Appendix 2 and III = cited in Appendix 3 (CITES, 2020). Source: 0 = direct observation in the field. Vegetation type: BG = gallery forest, BP = primary or little intervened forest, BS = secondary or intervened forest (Young, 1999), L = lagoon, CP = near the beach.

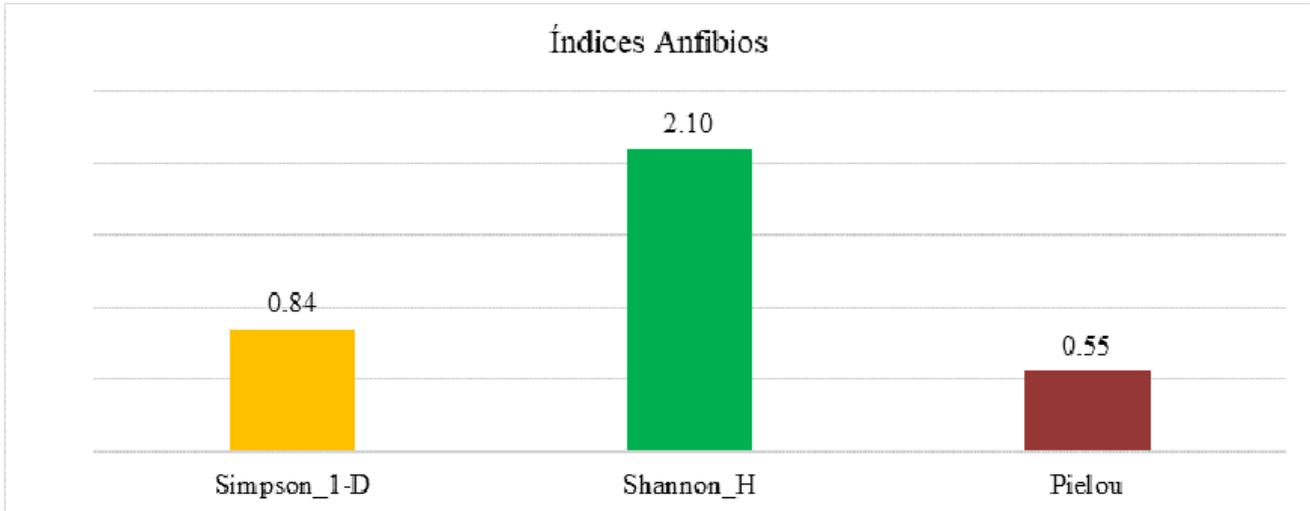
**Nota.** Estado de conservación: MA (Ministerio de Ambiente de Panamá): VU = vulnerable (MiAmbiente, 2016); IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza): LC = preocupación menor (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023); CITES (Convención sobre el Tráfico Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre): I = citadas en el apéndice 1, II = citadas en el apéndice 2 y III = citadas en el apéndice 3 (CITES, 2020). Fuente: 0 = observación directa en el campo. Tipo de vegetación: BG = bosque de galería, BP = bosque primario o poco intervenido, BS = bosque secundario o intervenido (Young, 1999), L = laguna, CP = cerca de playa.

**Abundancia.** Para las 14 especies de anfibios, se registró un total de 457 individuos. Las especies más abundantes fueron *Dendrosophus microcephalus* con 24.6 % (111 individuos), *Boana platanera* con 24.1 % (109 individuos), *Leptodactylus insularum* con 11.5 % (52 individuos), *Leptodactylus fragilis* con 10.0 % (45 individuos) y *Smilisca sila* con 8.6 % (39 individuos). *Incilius signifer*, *Leptodactylus savagei*, *Trachycephalus vermiculatus*, *Rhinella horribilis*, *Dendrobates auratus*, *Elachistocleis pearsei*, *Smilisca phaeota*, *Scinax altae* y *Engystomops pustulosus* presentaron porcentajes menores a 8 % (Fig. 7).

## Reptiles

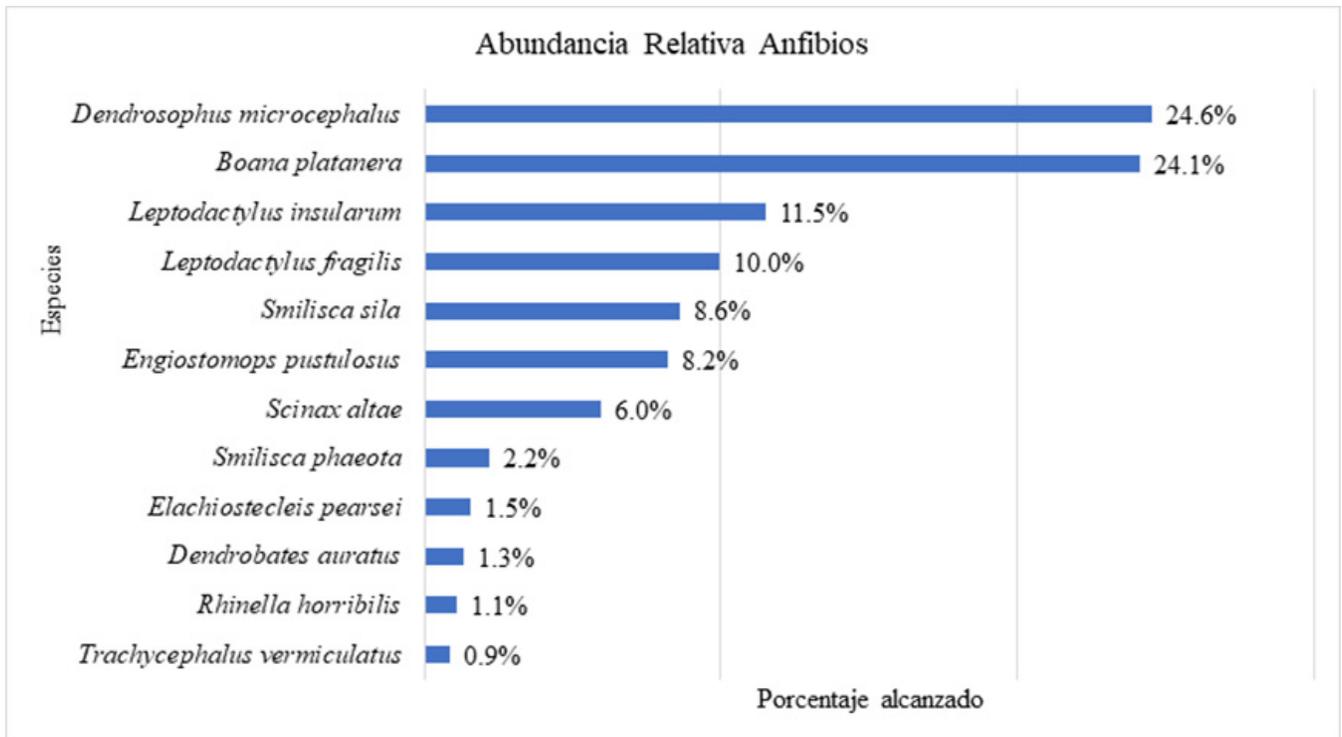
Se registraron un total de 29 especies de reptiles divididas en 13 familias. De las especies registradas, solo cinco se encuentran en condición vulnerable para Panamá de acuerdo con la IUCN (2023) y en el apéndice II de CITES (Tabla 2).

**Riqueza y diversidad.** Al realizar las curvas de rarefacción de este estudio, encontramos que  $q_0$  no se estabiliza a medida que el esfuerzo de muestreo se duplica y por tanto es posible que aún falten especies de reptiles por agregar. Por otro lado, si se tiene en cuenta la abundancia relativa de las especies,  $q_1$  presenta



**Figure 6.** Simpson's dominance index, Shannon's diversity index and Pielou's evenness index for amphibians from the finca Panamaes in Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 6.** Índice de dominancia de Simpson, índice de diversidad de Shannon e índice de equidad de Pielou en anfibios de la finca Panamaes en el área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.



**Figure 7.** Relative abundance of amphibians from the finca Panamaes in Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 7.** Abundancia relativa de anfibios del área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Table 2.** List of species by family of reptiles from the Panamaes Ecological Reserve with the common name and contributions to the conservation status

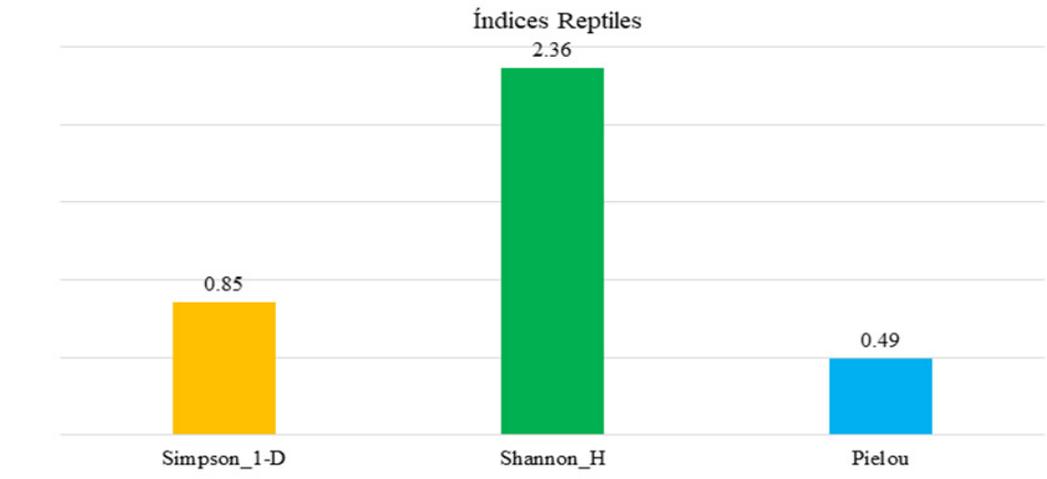
**Tabla 2.** Listado de especies por familia de reptiles de la Reserva Ecológica Panamaes con el nombre común y aportes al estado de conservación.

Listado de los anfibios registrados en la Reserva Ecológica Panamaes, Pedasí, Los Santos								
Familia	Especie	Nombre común	Cantidad de individuos	Estado de conservación			Fuente	Tipo de vegetación
				MA	CITES	UICN		
<b>Alligatoridae</b>	<i>Caiman crocodilus</i>	Caiman o Babillo	1	VU	II	LC	0	L, BS
<b>Corytophanidae</b>	<i>Basiliscus basiliscus</i>	Basilisco común	6			LC	0	BG, BS, BP
<b>Dactyloidae</b>	<i>Anolis auratus</i>	Rana platanera	9			LC	0	BG
	<i>Anolis biporcatus</i>	Rana grillo	16			LC	0	BP, BS, BG
	<i>Anolis gaigei</i>	Rana de árbol	65			LC	0	BP, BS, BG
<b>Gekkonidae</b>	<i>Hemicyclurus frenatus</i>	Gecko común	5			LC	0	BP, BS, BP
<b>Gymnophthalmidae</b>	<i>Elachistocleis pearsei</i>	Limpia casa	5			LC	0	BP
<b>Kinosternidae</b>	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga escorpión de lodo	3			LC	0	BP
<b>Iguanidae</b>	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra	27			LC	0	CP
	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	31	VU	II	LC	0	BP, BS, BP
<b>Teiidae</b>	<i>Holcosus festibus</i>	Borriquero de montaña	4			LC	0	BP, BS, BP
<b>Sphaerodactylidae</b>	<i>Gonatodes albobularis</i>	Gecko cabeciamarillo	9			LC	0	BP, BS, BP
<b>Boidae</b>	<i>Boa imperator</i>	Boa constrictora	1	VU	I-II	LC	0	BP
	<i>Corallus ruschembergii</i>	Boa arborícola	4	VU	II	LC	0	BP, BS
	<i>Epicrates maurus</i>	Boa arcoiris	1	VU	II	LC	0	BP
<b>Colubridae</b>	<i>Chironius flavopictus</i>	Ranera azul, cazadora	1			LC	0	BS
	<i>Dendrophidion percarinatum</i>	Corredora	1			LC	0	BP
	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Culebra borriquera	1			LC	0	BP
	<i>Enulius flavitorques</i>	Culebra cienpiecera	3			LC	0	BP, BS
	<i>Imantodes cenchoa</i>	Bejuquilla cabeza común	1			LC	0	BP
	<i>Marisora unimarginata</i>	Mabuya	1			LC	0	BP
	<i>Leptodeira rhombifera</i>	Culebra ojos de gato	8			LC	0	BP, BS, BG
	<i>Leptophis depressirostris</i>	Bejuquilla verde	3			LC	0	BG, BS, BP
	<i>Mastigo dryas alternatus</i>	Borriquera	2			LC	0	BS, BP
	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla chocolate	1			LC	0	BP
	<i>Oxybelis fulgidus</i>	Bejuquilla verde o falsa Lora	4			LC	0	BP, BG
	<i>Pseudoboa newwedii</i>	Candel o víbora de sangre	1			LC	0	BP
	<i>Stenorrhina degenhardtii</i>	Culebra alacrana	1			LC	0	BG
<b>Elapidae</b>	<i>Micrurus nigrocinctus</i>	Coral centroamericana	1		III	LC	0	BP



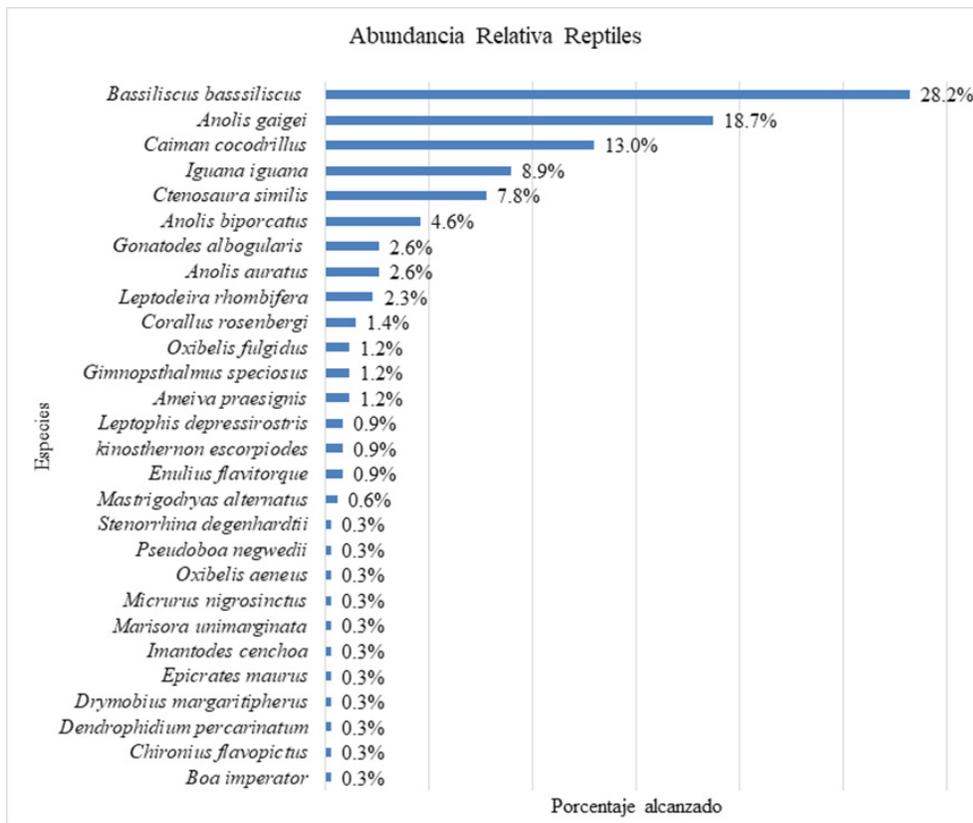
**Table 2 Note.** Conservation status: MA (Ministry of Environment of Panama):VU = Vulnerable (MiAmbiente, 2016); IUCN (International Union for Conservation of Nature); LC = Least Concern (IUCN, 2023); CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora): I = cited in Appendix 1, II = cited in Appendix 2 and III = cited in Appendix 3 (CITES, 2020). Source: 0 = direct observation in the field. Vegetation type: BG = gallery forest, BP = primary or little intervened forest, BS = secondary or intervened forest (Young, 1999), L = lagoon, CP = near the beach.

**Tabla 2 Nota.** Estado de conservación: MA (Ministerio de Ambiente de Panamá): VU = Vulnerable (MiAmbiente, 2016); UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza): LC = preocupación menor (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023); CITES (Convención sobre el Tráfico Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre): I = citadas en el apéndice 1, II = citadas en el apéndice 2 y III = citadas en el apéndice 3 (CITES, 2020). Fuente: 0 = Observación directa en el campo. Tipo de vegetación: BG = bosque de galería, BP = bosque primario o poco intervenido, BS = bosque secundario o intervenido (Young, 1999), L = laguna, CP = cerca de playa.



**Figure 8.** Simpson's dominance index, Shannon's diversity index and Pielou's evenness index for reptiles from the finca Panamaes in Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 8.** Índice de dominancia de Simpson, índice de diversidad de Shannon e índice de equidad de Pielou en reptiles de la finca Panamaes en el área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.



**Figure 9.** Relative abundance of reptiles from the finca Panamaes in Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 9.** Abundancia relativa de reptiles del área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.



una tendencia exponencial y  $q_2$  presenta una asíntota estable, por lo cual se asume que no aumentarían por más individuos nuevos que se agreguen a la muestra. Esto indica que el número de especies abundantes y dominantes que se muestrearon sí fue adecuado (Fig. 5).

**Índice de entropía, probabilidad y equidad.** La diversidad de Shannon fue de  $H = 2.36$  y el 1-D fue de 85 %. Al estimar el índice de homogeneidad de Pielou, se obtuvo  $J = 0.49$  (Fig. 8).

**Abundancia.** Para las 29 especies identificadas, se registró un total de 347 individuos. Las especies más abundantes fueron *Basiliscus basiliscus* 28 % (98 individuos), *Anolis gaigei* 18.7 % (65 individuos), *Caiman cocodrilus* 13 % (45 individuos), *Iguana iguana* 8.9 % (31 individuos) y *Ctenosaura similis* 7.8 % (27 individuos). Las demás especies tuvieron con un porcentaje inferior al 5 % (Fig. 9).

## DISCUSIÓN

Para este estudio, se reportaron 14 especies de anfibios y 29 de reptiles. Las 43 especies de este estudio son más del doble de las especies reportadas por Kovacs (2019), con cinco especies de anfibios y 13 de reptiles, tan solo a 13 km al oeste de la REP en playa Venao. Esta diferencia puede deberse a que se calcula que un promedio de un tercio de las especies de anfibios y reptiles disminuyen una vez que se eliminan los bosques primarios en las regiones de los ecosistemas neotropicales (Palmeirim et al., 2017).

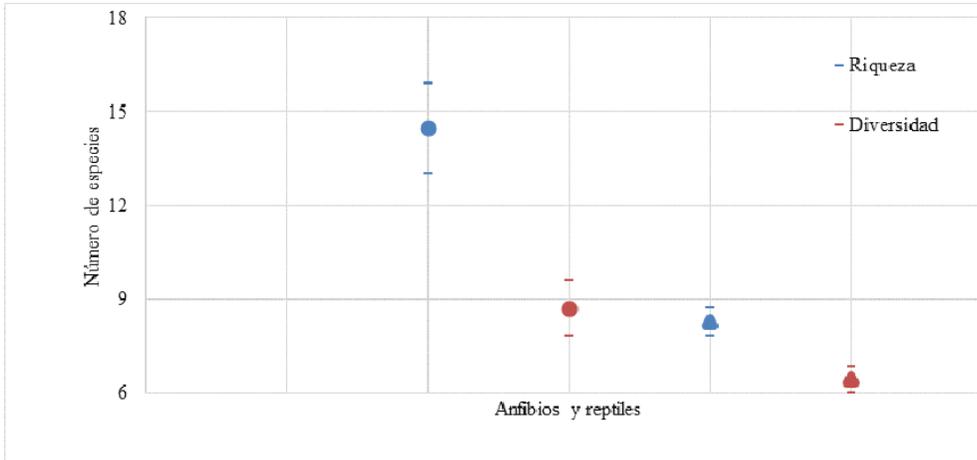
Los anfibios reportados (Tabla 1) para la REP representan el 6.1 % de los anfibios listados para el territorio panameño, el cual cuenta con 227 especies hasta abril de 2023 (Frost, 2023). Mientras que, para el caso de los reptiles, se reportaron 29 especies (Tabla 2) con 13 familias dentro de la REP, las cuales representan el 9.1 % del total de especies dentro del territorio panameño con 320 especies (Uetz et al., 2022).

Todas las especies reportadas en esta investigación, tanto de anfibios como de reptiles, se encuentran en una categoría de preocupación menor (LC) según estándares internacionales (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023). Sin embargo, las especies *Boa imperator*, *Epicrates maurus*, *Corallus ruschenbergerii*, *Iguana iguana*, *Caiman cocodrilus* y la rana *Dendrobates auratus* se encuentran en estado vulnerable (VU) para Panamá (MiAmbiente, 2016) y dentro del apéndice II de CITES (CITES, 2020); en esta última se denota que estas especies no están necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo si no se hace un control estricto de su comercio.

Dentro de los reptiles, 17 especies son serpientes (Fig. 10), representando el 10.8 % del total de serpientes descritas para Panamá (Ray, 2017). Solo se reportó una especie con importancia médica dentro de la reserva (*Micrurus nigrocinctus*), este tipo de coral es uno de las más abundantes y mejor distribuidos en el país (Köhler, 2008; Wilson et al., 2010). Por otra parte, también se logró reportar una serpiente (*Stenorrhina degenhardtii*) comúnmente llamada serpiente alacranera que, como su nombre común lo indica, es una serpiente que se alimenta de alacranes o escorpiones, los cuales sí son de importancia médica, especialmente para niños y adultos mayores (Köhler, 2008; Leenders, 2019).

**Riqueza y diversidad.** Según el análisis de la cobertura de muestreo (Cn), la riqueza de anfibios está completa, pero, en el caso de los reptiles, podría aumentar de 29 a 39 especies tomando en cuenta la extrapolación de los datos (Fig. 4). Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta riqueza, a pesar de que se considera bastante completa en el caso de los anfibios, es un estimado de la cantidad de especies (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003) para la REP, ya que para los análisis de estos datos no se toman en consideración las especies que presentan mayor actividad fosorial, como las cecilias. (Vargas-Salinas & Aponte-Gutiérrez, 2016). La riqueza de especies reportadas de la REP es muy similar para otras zonas de la península de Azuero, como en el caso del Parque Nacional Cerro Hoya (PNCH) (Martínez-Cortes, 1999) y la Reserva Forestal La Tronosa (RFT) (Cedeño et al., 2006). En estas zonas se reportaron 16 especies de anfibios para cada sitio, además de 24 anfibios y 33 reptiles en la Reserva Forestal El Montouso (Rodríguez et al., 2004). Las similitudes reportadas en cuanto a la cantidad de especies de herpetofauna entre estos lugares se atribuye a que presentan hábitats similares y también a que comparten las condiciones climáticas propias del Arco Seco de la península de Azuero (Cedeño et al., 2006).

Adicionalmente, se comparó la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles utilizando una  $C_n = 0.9$  (Fig. 10), en donde los reptiles tuvieron una mayor riqueza y diversidad. Este resultado es consistente con la teoría, ya que algunos reptiles pueden tener adaptaciones que les permiten resistir climas cálidos; mientras que, los anfibios son generalmente más vulnerables a los incrementos ligeros de temperatura en su entorno (Griffis-Kyle et al., 2018). Esto es similar a estudios herpetológicos de bosques secos tropicales de Centroamérica (Suazo-Ortuño et al., 2015; Fraga-Ramírez et al., 2017). Debido a que son animales poiquilotermos, la temperatura afecta más directamente a los anfibios que a los reptiles porque es más fácil que se evapore el agua de sus cuerpos.



**Figure 10.** Comparison of the richness and diversity of amphibians and reptiles (x-axis) using the Hill numbers (y-axis) with a  $C_n = 0.9$ . Richness in blue; diversity in red; reptiles in circles; and amphibians in triangles from the finca Panamaes in Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

**Figura 10.** Comparación de la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles (eje x) utilizando los números de Hill (eje y) con una  $C_n = 0.9$ . Color azul = riqueza; color rojo = diversidad; círculos = reptiles; triángulos = anfibios del área Azuero, provincia de Los Santos, Panamá.

Si bien estos grupos de vertebrados han desarrollado diferentes adaptaciones para hacer frente a los rigores de climas extremos, son pocos los anfibios que pueden vivir en las zonas áridas (McClanahan et al., 1994). Por lo tanto, era de esperarse reportar menor cantidad de especies de anfibios en comparación a los reptiles y, teniendo en cuenta que el neotrópico tiene la mayor diversidad de especies de anfibios del mundo, existen muy pocas especies adaptadas a ambientes secos (Székely et al., 2016).

En comparación con estudios realizados en la región de Azuero, la REP posee una menor cantidad de reptiles; la RFT reportó 32 especies (Elizondo-Lara et al., 2007) y el PNCH posee 34 especies, excluyendo las tortugas marinas (Martínez-Cortes, 1999). Es probable que esta diferencia en la cantidad de especies de la REP en comparación con las otras reservas se deba a que estudiamos un bosque secundario, el cual cuenta con una edad aproximada de entre 10 y 15 años, por lo que es mucho más joven que los bosques de las otras reservas, además de que se desarrollaba actividad agrícola en esta zona y sus alrededores.

**Índices de entropía, probabilidad y equidad.** Margalef (1972) menciona que el índice de Shannon normalmente oscila entre 1 y 5, e interpreta valores de 2 como entropía baja, de 2 a 3.5 media y superiores a 3.5 como incertidumbre mayor o entropía alta (Medrano Meraz et al., 2017). Para la REP, se obtuvo un índice de Shannon de 2.1 en el caso de los anfibios y de 2.3 para los reptiles. Esto indica que la REP cuenta con una entropía media, por lo que en este caso, el ecosistema está menos diversificado y es más predecible en términos de qué especies se encuentran allí. Adicionalmente, es consistente con el índice de equidad ( $J = 0.55$  anfibios y  $J = 0.49$  reptiles), el cual indica que no todas las especies reportadas en este estudio presentan la misma

abundancia. Esto sugiere una baja estabilidad en la diversidad de especies, debido a que los individuos por especie no se distribuyen de manera homogénea (Magurran, 1988). Además, los resultados del índice de Simpson sugieren que si tomamos dos especies al azar dentro de la REP, la probabilidad de que las especies sean iguales es de 84 % y 85 % para anfibios y reptiles respectivamente, y, con base en esa probabilidad, se considera que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies otorgándole así mayor estabilidad con el tiempo (Baca, 2000). Con esta información, se podría inferir que esta comunidad de herpetofauna presenta una diversidad media (Bouza & Covarrubias, 2005); dicho de otra manera, el índice de probabilidad indica que algunas especies son dominantes sobre otras, lo que confiere una menor diversidad a los herpetos de la reserva. Tepetlan et al. (2016), basado en las publicaciones de Clements (1916), Smuts (1926) y Odum & Barrett (1971), dice que una menor diversidad causa una mayor inestabilidad en una comunidad y que la competencia por los recursos (alimento, agua, refugio, etc.) es de los factores que pueden estar determinando esta heterogeneidad en la dominancia de las especies.

A pesar de los índices de entropía, probabilidad y equidad, los anfibios y reptiles establecen una comunidad con diversidad media. Este resultado se podría considerar relativamente bueno dado que hace 15 años esta cantidad de especies hubiese sido poco probable de registrar, ya que en su mayoría los suelos eran de pastoreo y generalmente el recambio de la cantidad de especies de potreros a bosques es diferente (Urbina-Cardona & Rosales, 2005). Además, los resultados en cuanto a la cantidad de especies para este tipo de bosque son similares a los reportados en la Reserva Ecológica Arenillas, Ecuador (Székely et al., 2016); esta reserva cuenta con una altitud y características climáticas parecidas a la región de Los Santos.



No existe un inventario formal en años anteriores sobre los herpetozoos de la REP. Esto se debe a que simplemente no existía un bosque como tal y, en su mayoría, el suelo era para la agricultura y ganadería en los cuales la utilización de agroquímicos era frecuente, lo que a su vez afecta mayormente a los anfibios (Sparling et al., 2001). Sin embargo, es natural asumir que la riqueza y diversidad de herpetos era menor a la del bosque secundario actual (Urbina-Cardona & Rosales, 2005) debido a la gran deforestación y ganadería extensiva características de la REP de hace 15 años (MiAmbiente, 2009) (Fig. 11). El hecho de reportar 43 especies particulares para la reserva y dentro del bosque seco tropical representa un gran aporte para la herpetofauna panameña.

**Abundancia.** La cantidad de individuos por especie fue muy variable, inclusive en algunos casos se registró un solo individuo por especie. Estos casos fueron considerados como especies raras. Las especies más abundantes de la REP fueron las especies *D. microcephalus* y *B. platanera* porque gran parte de la colecta de datos se dio a principios y mediados de la temporada lluviosa en donde las ranas pertenecientes a la familia Hylidae empiezan la temporada reproductiva (Gorzula & Señaris, 1998; Savage, 2002). Por esta razón, se presentó una convergencia de estos individuos en puntos específicos de la reserva. Por otro lado, los reptiles *A. gagei* y *B. basiliscus* fueron los más abundantes debido a que estas especies son capaces de vivir en diferentes entornos: desde bosques bien conservados hasta bosques secundarios y



**Figure 11.** You do not need to set foot in the reserve to understand the tremendous ecological regeneration that has already occurred. Perhaps you can appreciate better the success of our mission from afar. This image shows the before and after of the forest cover of the reserve in 2003 and in 2015 (Morales et al., 2016).

**Figura 11.** No es necesario poner un pie en la reserva para entender la tremenda regeneración ecológica que ya ha ocurrido, ya que tal vez se observa mejor la realización de nuestra misión de lejos. En esta imagen se muestra el antes de la cubierta forestal de la reserva en 2003 versus el después en 2015 (Morales et al., 2016).

plantaciones cerca de cuerpos de agua (Savage, 2002; Koehler et al., 2012).

No obstante, las bajas abundancias en la mayoría de especies, tanto de anfibios como reptiles, se deben quizás a una combinación de factores entre los que se pueden incluir la fragmentación de los bosques, el aislamiento de individuos y la pérdida de hábitat. También pueden incluirse los hábitos ecológicos de las especies que dificultan la detección y captura de individuos; estos factores pueden variar entre grupos taxonómicos específicos (Schneider-Maunoury et al., 2016). Sin embargo, con base en la cobertura de muestra (Cn) de los órdenes q0, q1 y q2, el cual mide la abundancia promedio de los individuos muestreados dentro de las especies observadas (Moreno et al., 2011), se obtuvo una Cn mayor al 96 %, es decir, una Cn satisfactoria (Chao & Shen, 2003; Beck & Schwanghart, 2010) para tanto anfibios como reptiles. En cambio, utilizando los valores sugeridos por el estimador Chao 2, el cual utiliza datos de presencia o ausencia de una especie dentro de una muestra (Espinoza, 2003), se calculó la eficiencia del muestreo con valores del 84 % para anfibios y 73 % para reptiles, pero Villareal et al. (2004) estima valores superiores a 85 % para un buen inventario. Por esto, se puede asumir que aún faltan especies por registrar dentro de la reserva como el *Anolis lemurinus* (Kovacs, 2019) o *Bothrops asper* para el caso de los reptiles y *Hyalinobatrachium tatayoi* para los anfibios (Cedeño et al., 2006), las cuales han sido registradas en reservas privadas y ecológicas de la región de Azuero.

Los grupos sensibles, que tienen un bajo número relativo de individuos, suelen ser más vulnerables a las intervenciones humanas y a los desastres naturales, llevando así a una extinción local de especies y a la pérdida de variabilidad genética (Elizondo-Lara et al., 2007). Tal es el caso del bufo *I. signifer* que, si bien es una especie que se encuentra bajo preocupación menor, en este estudio casi no se reportaron individuos a pesar de que el bosque seco tropical es su hábitat preferido (Flores De Gracia et al., 2017; Sosa-Bartuano, 2018). Además, es conocido que el aislamiento de individuos y la fragmentación de los bosques (como ocurre dentro de la REP) afectan la distribución local de especies, su desplazamiento, y disminuyen los sitios para reproducción (Schelhas & Greenberg, 1996; Tocher et al., 1996).

Cabe señalar que dentro de las especies observadas no se registraron especies de tortugas marinas ni cocodrilos, los cuales sí se encuentran dentro de la REP (H. Peralta *com. pers.*, 20 abril de 2022). Los resultados del estudio nos permiten resaltar a la REP como zona de diversidad herpetológica y pese a sus bajos índices de diversidad, aún faltan especies por

reportar. Por lo tanto, la reserva es de suma importancia para la preservación de la herpetofauna local a pesar de poseer zonas con bosques secundarios jóvenes y de estar bajo presión de actividades antropogénicas a sus alrededores. Dada su importancia por contener elementos herpetológicos como *C. crocodilus*, *I. iguana*, *B. imperator*, *C. ruschembergerii*, *E. maurus*, y la rana *D. auratus* así como aves migratorias y mamíferos de la zona, se están realizando acciones efectivas para controlar la tasa de deforestación, las quemadas y la contaminación con agroquímicos mediante charlas de conservación ecológica con estudiantes y personas de las comunidades cercanas además de la reforestación constante en la REP. Esto permite que los hábitats boscosos, los fragmentados y sus remanentes dejen de estar en condiciones paupérrimas para soportar poblaciones silvestres a largo plazo (Morales et al., 2016).

**Agradecimientos.-** Agradecemos a la Reserva Ecológica Panamaes por el financiamiento del proyecto y a Ivan Morales, IM-KM, Inc (Arquitectura, Master Planning y Gerencia General) por el apoyo y disposición brindada a través de la gestión de los fondos de la reserva, a Patricia Castillo y Carmen Benítez por el apoyo logístico, y en especial a Horacio Peralta (Main International S.A) por su apoyo en todas las giras realizadas y al equipo de la reserva por la buena predisposición y colaboración durante todo el proyecto.

## LITERATURA CITADA

- Abad, L., D. Mejía, P. León, I. Cárdenas, B. Pacheco & M. Tonón. 2017. Calidad del Agua y Variables Ambientales en Hábitats para Anfibios Amenazados en la Zona Urbana de Cuenca. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas 18:18-34.
- Aguillon-Gutiérrez, D.R. 2018. Mecanismos de adaptación ecofisiológica en anfibios anuros a zonas áridas. Árido Ciencia 3:3-11.
- Baca, J.M. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, Mexico.
- Banda-R, K., A. Delgado-Salinas, K.G. Dexter, R. Linares-Palomino, A. Oliveira-Filho, D. Prado, M. Pullan, C. Quintana, R. Riina, G.M. Rodríguez M., J. Weintritt, P. Acevedo-Rodríguez, J. Adarve, E. Alvarez, A. Aranguren B., J.C. Arteaga, G. Aymard, A. Castaño, Natalia Ceballos-Mago, Á. Cogollo, H. Cuadros, F. Delgado, W. Devia, H. Dueñas, L. Fajardo, Á. Fernández, M.Á. Fernández, J. Franklin, E.H. Freid, L.A. Galetti, R. Gonto, R.



- González-M., Roger Graveson, E.H. Helmer, Á. Idárraga, R. López, H. Marciano-Vega, O.G. Martínez, H.M. Maturo, M. McDonald, K. McLaren, O. Melo, F. Mijares, V. Moggi, D. Molina, N. Del Pilar Moreno, J.M. Nassar, D.M. Neves, L.J. Oakley, M. Oatham, A.R. Olvera-Luna, F.F. Pezzini, O.J. Reyes Domínguez, M.E. Ríos, O. Rivera, N. Rodríguez, A. Rojas, T. Särkinen, R. Sánchez, M. Smith, C. Vargas, B. Villanueva & R.T. Pennington. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* 353:1383-1387.
- Bawa, K.S. & R. Seidler. 1998. Natural Forest Management and Conservation of Biodiversity in Tropical Forests. *Conservation Conservation Biology* 12:46-55.
- Beck, J. & W. Schwanghart. 2010. Comparing measures of species diversity from incomplete inventories: an update. *Methods in Ecology and Evolution* 1:38-44.
- Bouza, C.N. & D. Covarrubias. 2005. Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. *Investigación Operacional* 26:187-197.
- Canseco-Márquez, L. & M.G. Gutierrez-Mayén. 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Mexico.
- CATHALAC. 2016. Una nueva Regionalización Climática de Panamá como aporte a la seguridad hídrica. Panamá.
- Cedeño, J., V. Martínez & H. Fossatti. 2006. Anfibios en la reserva forestal la tronosa: Diversidad y estado de conservación. *Tecnociencia* 8.
- Chao, A. & L. Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93:2533-2547.
- Chao, A., K. Ma & T. Hsieh. 2016. User's guide for iNEXT online: Software for interpolation and Extrapolation of species diversity. *Code* 30043:1-14.
- Chao, A. & T.-J. Shen. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and ecological statistics* 10:429-443.
- Chao, A. & T. Shen. 2010. User's guide for program SPADE (Species prediction and diversity estimation). Taiwan: National Tsing Hua University.
- CITES. 2020. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2020/S-Appendices-2020-08-28.pdf>, [Consultado en agosto de 2023].
- Clements, F.E. 1916. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*, Carnegie institution of Washington. Washington, D. C., USA.
- Elizondo-Lara, L.C., V. Martínez-Cortés & F. Yáñez. 2007. Primera contribución sobre la riqueza de especies y estado de conservación para saurios y serpientes en la Reserva Forestal La Tronosa, provincia de los Santos, República de Panamá. *Tecnociencia* 9:51-64.
- Espinoza, T. 2003. Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos Ciencia y cultura*.
- Fernandez-Badillo, L., N.L. Manríquez-Morán, J.M. Castillo-Cerón & I. Goyenechea. 2016. Análisis herpetofaunístico de la zona árida del estado de Hidalgo. *Revista mexicana de biodiversidad* 87:156-170.
- Flores De Gracia, E., V. De Gracia & D. Rivas. 2017. Geographic Distribution: *Incilius signifer*. *Herpetological Review* 48:383.
- Fraga-Ramírez, Y., I. Suazo-Ortuño, L.D. Avila-Cabadilla, M. Alvarez-Añorve & J. Alvarado-Díaz. 2017. Multiscale analysis of factors influencing herpetofaunal assemblages in early successional stages of a tropical dry forest in western Mexico. *Biological Conservation* 209:196-210.
- Frost, D.R. 2023. *Amphibian Species of the World: An Online Reference*. Version 6.2. American Museum of Natural History, New York, New York, USA. [https://amphibiansoftheworld.amnh.org/content/search?subtree=&subtree\\_id=&country%5B%5D=492&search\\_type=count](https://amphibiansoftheworld.amnh.org/content/search?subtree=&subtree_id=&country%5B%5D=492&search_type=count), [Consultado en agosto 2023].
- Garibaldi, C., D.I. Arcia-González & R.A. Cambra. 2018. Diversidad biológica en bosques fragmentados de la península de azuero y su vulnerabilidad ante el cambio climático, Universidad de Panamá, Panamá.
- González, L.A., A.P. Arcas, C. Molina & J. Velásquez. 2004. Los reptiles de la península de araya, Estado Sucre, Venezuela. *Interciencia* 29:428-434.



- Gorzula, S. & J.C. Señaris. 1998. Contribution to the herpetofauna of the Venezuelan Guayana, Caracas, Venezuela.
- Griffis-Kyle, K.L., K. Mougey, M. Vanlandeghem, S. Swain & J.C. Drake. 2018. Comparison of climate vulnerability among desert herpetofauna. *Biological Conservation* 225:164-175.
- Griscom, H.P. & M.S. Ashton. 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management* 261:1564-1579.
- Griscom, H.P., B.W. Griscom & M.S. Ashton. 2009. Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. *Restoration Ecology* 17:117-126.
- Hasnat, G.T. & M.K. Hossain. 2020. Global overview of tropical dry forests. *Handbook of research on the conservation and restoration of tropical dry forests*:1-23.
- Heyer, R., M.A. Donnelly, M. Foster & R. McDiarmid. 2014. Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians, Smithsonian Institution, USA.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.
- Holdridge, L.R. 1971. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>, [Consultado en enero 2023].
- Janzen, D.H. 1988. Tropical dry forests In E.O. Wilson (Ed.), *Biodiversity* (pp. 130-137).
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de arcnología*:151-161.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88:2427-2439.
- Koehler, G., A. Batista, M. Vesely, M. Ponce, A. Carrizo & S. Lotzkat. 2012. Evidence for the recognition of two species of *Anolis* formerly referred to as *A. tropidogaster* (Squamata: Dactyloidae). *Zootaxa* 3348:1.
- Köhler, G. 2008. *Reptiles of Central America* Herpeton, Verlag, Offenbach, Germany.
- Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America* Herpeton, Verlag, Offenbach, Germany.
- Köppen, W. 1900. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift* 6:593-611.
- Kovacs, T. 2019. Herpetological assemblages in tropical dry forests of the Azuero Peninsula, Panama: An evaluation of reforestation. Masters Theses. James Madison University. Harrisonburg, Virginia, USA.
- Lara-Resendiz, A.R. 2020. ¿Qué implicaciones ecofisiológicas tiene la actividad nocturna en reptiles "diurnos"? Una revisión. *Acta Biológica Colombiana* 25:314-326.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica. A field guide* Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, California, USA.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: A Field Guide* Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA, Cornell University.
- Lips, K.R., J.K. Reaser & B.E. Young. 1999. *El Monitoreo de Anfibios en América Latina*, USA.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*, Princeton University Press, New Jersey, USA.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity.
- Martínez-Cortes, V. 1999. Caracterización de la herpetofauna del Parque Nacional Cerro Hoya. Proyecto desarrollo sostenible del Parque Nacional Cerro Hoya y su zona de vecindad. Panama City, Panama.
- McClanahan, L.L., R. Ruibal & V.H. Shoemaker. 1994. Frogs and Toads in Deserts. *Scientific American* 270:82-88.
- Medrano Meraz, M.d.J., F.J. Hernández, S. Corral Rivas & J.A. Nájera Luna. 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud

- en la región de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales* 8:57-68.
- MiAmbiente. 2009. Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá (978-9962-609-50-6). Panamá.
- MiAmbiente. 2016. Gaceta Oficial Digital. (Resolución N° DM-0657-2016 “Por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de las especies de fauna y flora amenazadas de Panamá, y se dictan otras disposiciones.” Gaceta Oficial Digital No. 28187 A, del 29 de diciembre de 2016). Panamá, Panamá.
- MiAmbiente. 2020. Diagnóstico sobre la Cobertura de Bosques y otras Tierras Boscosas de Panamá, 2019.
- Morales, I., G. Ives & E. Kinskey. 2016. Informe de sostenibilidad. Reserva Ecologica Panamaes. Pedasí, Los Santos, Panamá.
- Moreno, C.E., F. Barragán, E. Pineda & N.P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad* 82:1249-1261.
- Odum, E.P. & G.W. Barrett. 1971. *Fundamentals of ecology*, Saunders Philadelphia, Filadelfia: Saunders.
- Ojasti, J. & F. Dallmeier. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical, Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Estados Unidos.
- Palmeirim, A.F., M. Vinícius-Vieira & C.A. Peres. 2017. Herpetofaunal responses to anthropogenic forest habitat modification across the neotropics: insights from partitioning  $\beta$ -diversity. *Biodiversity and Conservation* 26:2877-2892.
- Perlaza-Berrió, L.A. & S.A. Peláez-Plazas. 2018. Diversidad de herpetofauna en tres fragmentos de bosque seco tropical (bst) entre los municipios Colosó-Chalán, Sucre, Colombia. Tesis de Licenciatura. Universidad Distrital Francisco José De Caldas Bogotá, Colombia.
- Pineda, E. & C. Moreno. 2015. Evaluación de la diversidad de especies en ensamblajes de vertebrados: un primer acercamiento midiendo y comparando la riqueza de especies. *Manual de técnicas del estudio de la fauna*:115-133.
- Puerta, C., R. Gullison & R. Condit. 2014. Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá, Smithsonian Center for Tropical Forest Science, Panamá.
- QGIS. (2023). QGIS 3.28.3. Quantum Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. In <https://download.qgis.org/downloads/>
- Ramot, J., M. Jordi, J. Molina, B. Ivan, R. Tallada, K. Lou, J. Casadevall, B. Nicolazzi, M. López, D. Martínez, X. Morros, J. Berkel, A. Blanco, J. Peracaula, I. Garrido, S. Vos, M. Roca & E. Coca. 2022. Wikiloc <https://es.wikiloc.com/>, [Consultado en Diciembre, 2022].
- Ray, J.M. 2017. *Snakes of Panama: A field Guide to all Species*, South Carolina, USA.
- Rodríguez, A., V. Martínez-Cortés & C. Garibaldi. 2004. Inventario de Anfibios en los Bosques Fragmentados de la Reserva Forestal El Montuoso. In C. Garibaldi (Ed.), *Diversidad Biológica y Servicios Ambientales de los Fragmentos de Bosques en la Reserva Forestal El Montuoso*, Panamá. (pp. 103-117).
- Sánchez-Azofeifa, G.A., M. Quesada, J.P. Rodríguez, J.M. Nassar, K.E. Stoner, A. Castillo, T. Garvin, E.L. Zent, J.C. Calvo-Alvarado, M.E.R. Kalacska, L. Fajardo, J.A. Gamon & P. Cuevas-Reyes. 2005. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica* 37:477-485.
- Savage, J.M. 2002. *The amphibians and reptiles of Costa Rica : a herpetofauna between two continents, between two seas*, University of Chicago Press.
- Schelhas, J. & R. Greenberg. 1996. *Forest patches in tropical landscapes*, Washington, California, USA.
- Schneider-Maunoury, L., V. Lefebvre, R.M. Ewers, G.F. Medina-Rangel, C.A. Peres, E. Somarriba, N. Urbina-Cardona & M. Pfeifer. 2016. Abundance signals of amphibians and reptiles indicate strong edge effects in Neotropical fragmented forest landscapes. *Biological Conservation* 200:207-215.
- Sloan, S. 2008. Reforestation amidst deforestation: Simultaneity and succession. *Global Environmental Change* 18:425-441.
- Smuts, J.C. 1926. *Holism and evolution*, USA.
- Sosa-Bartuano, A. 2018. *Incilius signifer*. Distribution notes. *Mesoamerican Herpetology* 5:171-172.



- Sparling, D.W., G.M. Fellers & L.L. McConnell. 2001. Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 20:1591-1595.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz, E. Mendoza, L. López-Toledo, N. Lara-Urbe, C. Márquez-Camargo, J.G. Paz-Gutiérrez & J.D. Rangel-Orozco. 2015. High resilience of herpetofaunal communities in a human-modified tropical dry forest landscape in western Mexico. *Tropical Conservation Science* 8:396-423.
- Székely, P., D. Székely, D. Armijos-Ojeda, A. Jara-Guerrero & D. Cogălniceanu. 2016. Anfibios de un bosque seco tropical Reserva Ecológica Arenillas, Ecuador. *Ecosistemas. Revista científica de ecología y medio ambiente* 25:24-34.
- Tepetlan, P., D. Ramírez, C. Blanco & J. Cuevas. 2016. La relación diversidad estabilidad en la investigación ecológica. *Revista de educación y divulgación de la ciencia, tecnología y la innovación* 64:13-17.
- Tocher, M.D., C. Gascon & B. Zimmerman. 1996. Fragmentation effects on a central amazonian frogs community: A ten-year study. Thesis Doctor. University of Canterbury. Christchurch, New Zealand.
- Tokarz, E. & R. Condit. 2021. Distribution of Panama's narrow-range trees: are there hot-spots? *Forest Ecosystems* 8:1-9.
- Tuomisto, H. 2011. Commentary: do we have a consistent terminology for species diversity? Yes, if we choose to use it. *Oecologia* 167:903-911.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek. 2022. The Reptile Database. <http://reptile-database.reptarium.cz/search?search=panama&submit=Search>, [Consultado en Enero, 2023]
- Urbina-Cardona, J.N. & V.H.R. Rosales. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma 4:191-207.
- Vargas-Salinas, F. & A. Aponte-Gutiérrez. 2016. Diversidad y recambio de especies de anfibios y reptiles entre coberturas vegetales en una localidad del valle del Magdalena medio, departamento de Antioquia, Colombia. *Biota colombiana* 17:117-137.
- Veiria, D.L.M. & A. Scariot. 2006. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. *Restoration Ecology* 14:11-20.
- Villareal, H.M., M. Álvarez, S. Córdoba-Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza-Cifuentes, M. Ospina & A.M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.
- Wilson, L.D., J.H. Townsend & J.D. Johnson. 2010. Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles, Utah, USA.
- Young, B.E. 1999. El estatus de la conservación de la herpetofauna de Panamá: resumen del primer taller internacional sobre la herpetofauna de Panamá : 22 al 27 de marzo de 1996, Panamá, Panamá, The Nature Conservancy.
- Zug, G.R., L.J. Vitt & J.P. Caldwell. 2001. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*, 2.

