ESTUDIO DE LAS RANAS Y SAPOS DE LAS TIERRAS COLECTIVAS DEL RÍO BALSAS, DARIÉN, PANAMÁ

TECNOCIENCIA

BIODIVERSITY SURVEY OF FROGS AND TOADS OF THE TIERRAS COLECTIVAS DEL RIO BALSAS, DARIEN, PANAMA

Gray, Heather M.; Ibáñez, Roberto; Barrios, Héctor; Potvin, Catherine; Casamá, Delfino; Olea, Andrés; Salazar, Irvin

Heather M. Gray
grahm@hotmail.com
Investigadora Privada Montreal,, Canadá

Roberto Ibáñez
ibanez@si.edu
Smithsonian Tropical Research Institute,, Panamá

Héctor Barrios
hectorbarriosv@up.ac.pa
Universidad de Panamá, Panamá

Catherine Potvin
cathehrine.potvin@mcgill.ca
McGill University, Department of Biology, , Canadá

Delfino Casamá
tecnociencia@up.ac.pa
Tierras Colectivas Emberá del Río Balsas, Panamá

Andrés Olea
tecnociencia@up.ac.pa
Tierras Colectivas Emberá del Río Balsas,, Panamá

Irvin Salazar
tecnociencia@up.ac.pa
Tierras Colectivas Emberá del Río Balsas, Panamá

Tecnociencia
Universidad de Panamá, Panamá
ISSN: 1609-8102
ISSN-e: 2415-0940
Periodicidad: Semestral
vol. 26, núm. 1, 2024
Luis.rodriguez@up.ac.pa

Recepción: 20 Abril 2023
Aprobación: 09 Septiembre 2023

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/224/2244880002/

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen: El objetivo de este estudio fue inventariar los anuros de los bosques antiguos durante los años 2019 y 2022 en las Tierras Colectivas Emberá del Río Balsas, en Darién, Panamá. En la cuenca del Rio Balsas se realizaron muestreos diurnos y en las primeras horas de la noche. Los muestreos estuvieron compuestos de: a) observaciones por encuentro visual en los alrededores de tres comunidades y tres sitios adicionales (< 5 km); b) siete transectos de 1 km subdivididos en estaciones de 100 m. La diversidad de anuros registrada fue de 19 especies pertenecientes a 9 familias y 14 géneros. Las especies más abundantes fueron *Craugastor fitzingeri, Rhinella alata* . *Dendrobates auratus*. Estas tres especies representaban el 53% de los 215 individuos registrados. La comunidad de anuros diurnos está bien representada en este estudio, ya que la mayoría de los muestreos se realizaron durante el día. Se requieren más muestreos en esta zona para describir completamente la diversidad de anfibios. Nuestro estudio proporciona una línea base para conocer las especies de ranas y sapos que se encuentran en un bosque intacto.

Palabras clave: Anfibios, tierras bajas, bosques intactos, diversidad de especies.

Abstract: The objective of this study was to survey the anurans of the old-growth forests in the traditional Emberá territory, Tierras Colectivas del Rio Balsas, in Darién, Panama. Diurnal and early evening sampling was conducted in the Rio Balsas watershed in 2019 and 2022. Sampling consisted of: a) opportunistic visual encounter observations in the surroundings of three communities and three additional sites (< 5 km); b) seven 1 km transects subdivided into 100 m sections. Anuran diversity recorded was 19 species belonging to 9 families and 14 genera. The most abundant species found were *Craugastor fitzingeri, Rhinella alata* and *Dendrobates auratus*. These three species accounted for 53% of the 215 individuals recorded. The diurnal anuran community is well represented in this study as the majority of sampling was done during the day. Further sampling in this area is warranted to fully describe the amphibian diversity. Our study provides a baseline for understanding the frog and toad species in an intact forest.

Keywords: Amphibians, lowland, intact forest, species diversity.

INTRODUCCIÓN

El mayor bosque primario intacto de Centroamérica se encuentra en la provincia de Darién, al este de Panamá, y en las Comarca Guna Yala y Embera donde confluyen los bosques de Centroamérica y Sudamérica (Global Forest Watch, 2014). Esta zona se considera un punto clave de alta biodiversidad y alberga muchas especies endémicas (Myers et al., 2000). En Darién destacan la gran altura y

tamaño de los árboles, así como la alta diversidad de especies en los bosques del territorio tradicional emberá Tierras Colectivas del Río Balsas (Mateo-Vega et al., 2019). Esta observación estimuló discusiones con comunidades y autoridades tradicionales y llevó al codesarrollo del proyecto Bacurú Drõa (Bosques Antiguos en Emberá). Bacurú Drõa busca establecer un Observatorio de Bosques Antiguos impulsado por la comunidad, en una asociación entre el pueblo Emberá del río Balsas y un equipo científico para mejorar el conocimiento de los bosques antiguos de Darién, proteger la biodiversidad y mejorar la economía local (Kunz et al., 2022). Los Emberá estan interesados en colaborar con los científicos para iniciar el inventario de la biodiversidad de su territorio tradicional. La primera expedición Bacurú Drõa a la cuenca alta del río Balsas tuvo lugar en enero de 2019. Otros trabajos de campo y expediciones continuaron en 2019 y luego en 2022. Los poseedores de conocimientos Emberá, los técnicos y las autoridades tradicionales dirigieron al equipo hacia lo que ellos consideraban los mejores bosques antiguos. Como la región ubicada entre la comunidad de Manené y la frontera colombiana es conocida como un área de tráfico ilegal (Colectivo Darién, 2021), el acceso a la zona requirió la aprobación y el acompañamiento de la policía fronteriza de Panamá, SENAFRONT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la cuenca sur del río Balsas en el territorio tradicional Emberá Tierras Colectivas del Río Balsas, que se encuentra dentro del Parque Nacional Darién, en el este de Panamá (Figura 1). Las comunidades de Manené, Bella Vista, Buenos Aires, un campamento cerca de la frontera con Colombia (Egoro Purru (EP)), una parcela forestal permanente (PP) y un campamento establecido en un río afluente (PC) sirvieron como bases para la colecta de los datos. Todas las observaciones se realizaron a menos de 5 horas a pie de estos sitios. Todos los sitios estaban ubicados en elevaciones de bajo de (< 250 msnm). Detalles de los parámetros meteorológicos, así como la cobertura vegetal están bien descritos en Kunz et al. (2022).

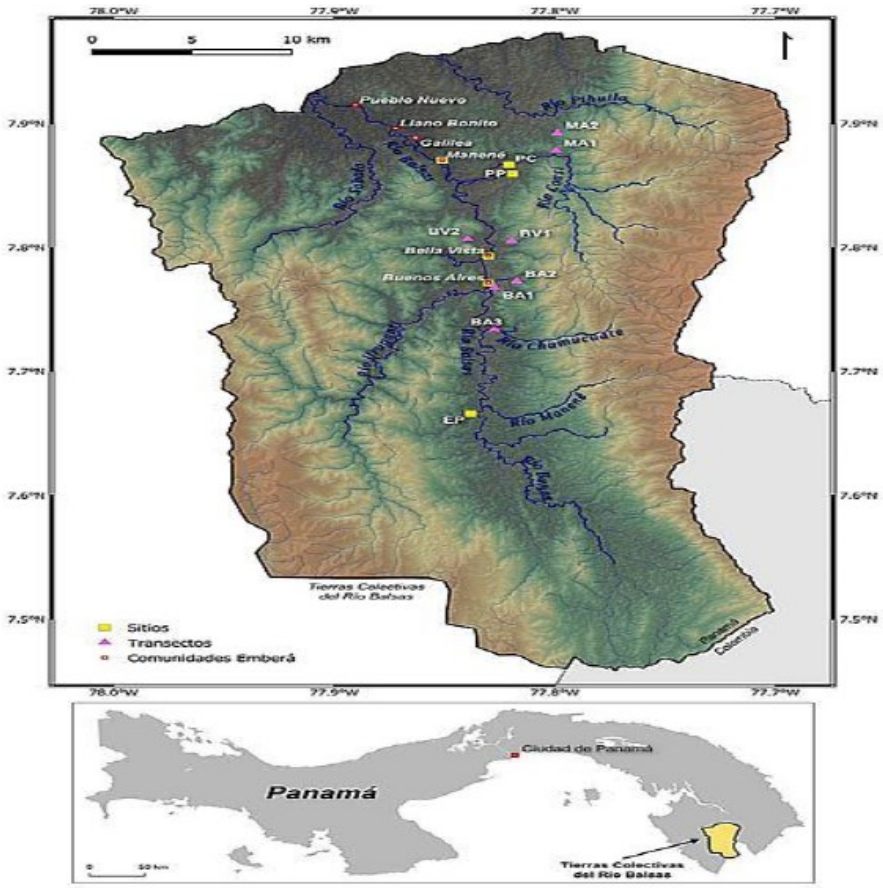

FIGURA 1.
Mapa del área de estudio en las Tierras Colectivas del Río Balsas en Darién, Panamá.

Muestreo:

Las colectas de campo se realizaron en enero, agosto y diciembre de 2019 así como en enero y julio de 2022. El muestreo se llevó a cabo principalmente durante el día. En diciembre de 2019 y 2022 se realizaron muestreos en las primeras horas de la noche.

Los muestreos diurnos estuvieron compuestos de: a) observaciones de encuentro visual oportunistas (Doan, 2003) en los alrededores de las comunidades y sitios seleccionados (<5 km); b) siete transectos de 1 km. El muestreo de encuentro visual diurno fue

oportunista, ya que el sitio y el tiempo en la zona a buscar dependían de las actividades del proyecto Bacurú Drõa. Los estudios de encuentros visuales nocturnos se realizaron tras la puesta de sol, pero se completaron antes de las 21:00 horas, en los alrededores de las comunidades y lugares seleccionados (<1 km). El tiempo dedicado a la búsqueda de ranas se anotó en todos los muestreos posteriores a enero de 2019. Se fotografiaron todas las ranas y sapos encontrados y se grabó en vídeo a cualquier animal que vocalizara (Olympus Tough TG-4 o TG-5). Se tomaron medidas (longitud hocico- cloaca y de la tibia derecha) con una regla para tener una indicación de la escala. Todos los animales fueron examinados visualmente para detectar enfermedades y deformidades. Para cada animal fotografiado, se anotó información sobre el lugar de captura, la asociación de hábitat (bosque, charca temporal o ribera) y si el hábitat había sufrido el impacto de la perturbación humana (intacto o perturbado).

Información adicional provino de siete transectos establecidos (1 km de largo con estaciones marcados cada 100 m) que se establecieron en enero de 2019 en bosque primario. Las comunidades de Manené y Bella Vista contaban con dos transectos cada una y Buenos Aires contaba con tres transectos. Los transectos se recorrieron caminando en horas de la mañana, una o dos veces al mes durante los meses de enero, febrero, abril, mayo, julio y agosto. Técnicos locales capacitados recorrían el transecto, a un ritmo de ~1 km/hora, en busca de aves y luego, sentido contrario, en busca de ranas y sapos. Se anotó el número de anuros observados en cada sección de 100 m del transecto, así como el tiempo total que se tardó en recorrer el transecto. En julio de 2019 los técnicos dieron inicio al registro fotográfico de ranas y sapos. En este trabajo solo se han incluido los datos del transecto con identificación fotográfica confirmada en el análisis. Los especímenes fotografiados se capturaban, se median, se identificaban y luego se liberaban en el mismo sitio.

La nomenclatura taxonómica se basa en la filogenia de Amphibia Web (2023) y el estado de conservación de cada especie se basa en las categorías de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022). Se realizó una curva de rarefacción en iNext para visualizar la acumulación de especies con respecto al tamaño de la muestra (Chao et al., 2014; Chao et al., 2016).

Algunos especímenes fueron capturados para su preservación. A estos especímenes se les practicó la eutanasia con Orajel (20% de benzocaína) (Underwood et al., 2013). Para todos los especímenes, se conservó una muestra de tejido del hígado en una solución de DMSO para futuros análisis genéticos. Seguidamente, los animales se

fijaron en una solución de formalina al 10% y se conservaron en etanol al 70%. Los ejemplares se depositarán en la Colección de Herpetología del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) y en el Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá. El protocolo de muestreo siguió las directrices para el cuidado y uso de animales (Smithsonian Tropical Research Institute IACUC SI-22020) y se llevó a cabo con el permiso de investigación del Ministerio de Ambiente de la República de Panamá (SE/A-57-19).

RESULTADOS

Durante nuestro estudio, documentamos un total de 19 especies de ranas y sapos (Figuras 2 a 4). Las especies pertenencen a 9 familias (Cuadro 1). Dos especies, Craugastor fitzingeri y Rhinella alata, se encontraron en todos los sitios muestreados (Cuadro 1). Estas dos especies son también las ranas capturadas con mayor frecuencia (Fig. 5). La tercera rana más frecuentemente capturada fue Dendrobates auratus y estas tres especies representaron el 53,0% de los individuos capturados (Figura 5). Siete de las 19 especies sólo se encontraron en un sitio y, de éstas, 5 especies están representadas solamente por un individuo. La especie que se encontró en el mayor número de tipos de hábitat fue Rhinella horribilis, que se encontró en el bosque, en las orillas de los ríos y en charcas temporales, tanto en sitios intactos como en sitios con impacto antropogénico (Tabla 1).

Mediante el muestreo oportunista se encontraron 203 anuros. La mayor parte del tiempo dedicado a la búsqueda de ranas se llevó a cabo durante el día. Para los cuatro viajes posteriores a enero de 2019, el 75% de la búsqueda se realizó en horas del día (52 horas diurnas y 13 nocturnas). Este esfuerzo dio lugar a que se registraran 122 ranas, el 49% de las cuales fueron capturadas por la noche. Un viaje corto durante la estación húmeda de julio de 2022 representó el 20% del número total de ranas registradas, con solo 2,2 horas de muestreo nocturno en la estación lluviosa que resultó en el 9% de todas las ranas fotografiadas.

FIGURA 2.
Ranas y sapos de la región sur del río Balsas: A, Rhaebo haematiticus; B, Rhinella alata; C, Rhinella horribilis; D, Teratohyla spinosa juvenil; E, Craugastor fitzingeri; F, Craugastor raniformis; G, Colostethus aff. pratti; H, Dendrobates auratus.

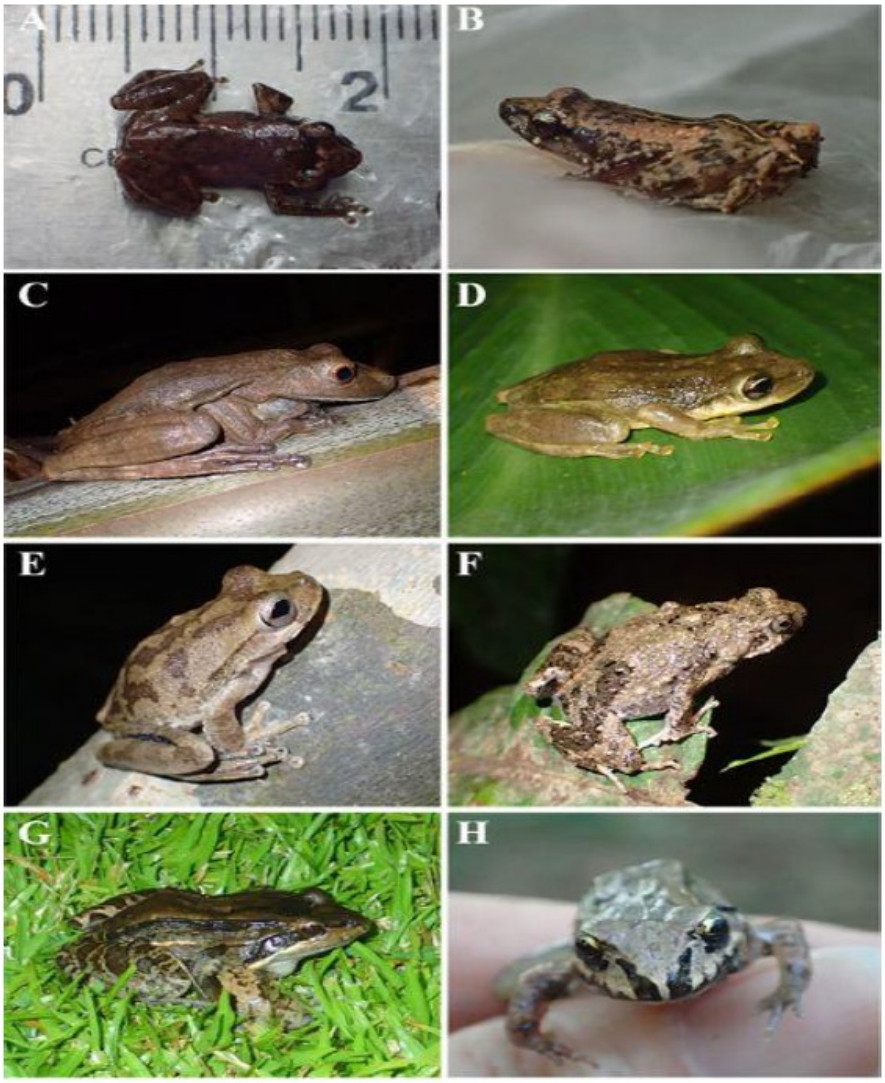

FIGURA 3.
Ranas y sapos de la región sur del río Balsas (continuación): A, Diasporus aff. pequeno; B, Diasporus aff. quidditus; C, Boana boans; D, Scinax ruber; E, Smilisca sila; F, Engystomops pustulosus; G, Leptodactylus insularum; H, Leptodactylus poecilochilus.

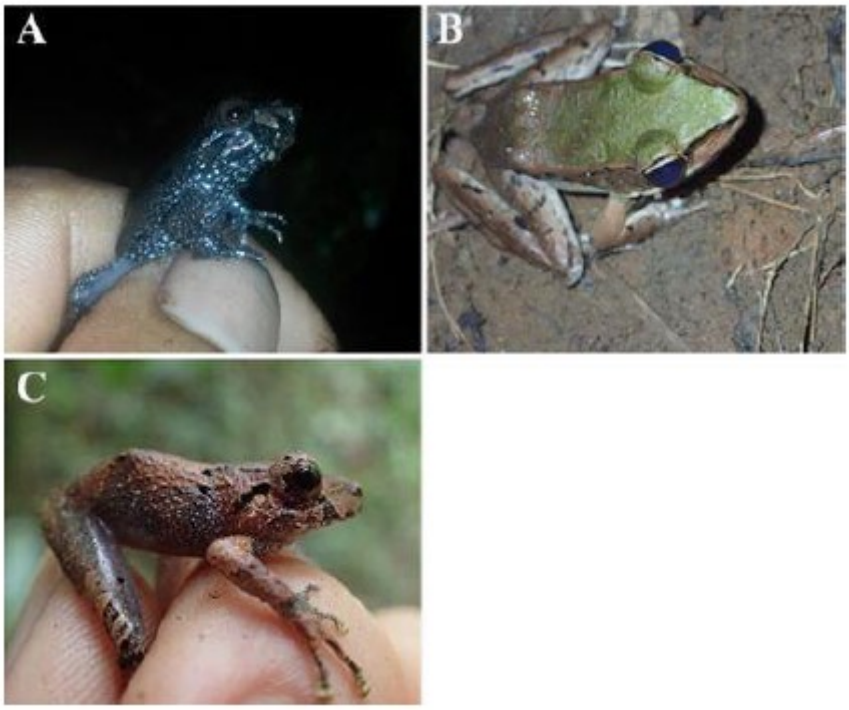

FIGURA 4.
Ranas y sapos de la región sur del río Balsas (continuación): A, Leptodactylus savagei juvenil, foto de D. Olea; B, Rana (Lithobates) vaillanti; C, Pristimantis taeniatus.

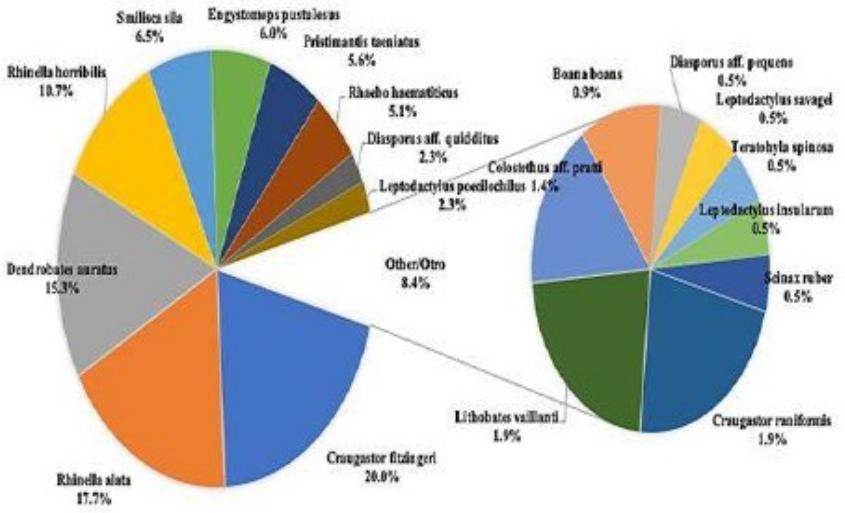

FIGURA 5.
Porcentaje de individuos fotografiados de cada especie

TABLA 1.

Lista de las ranas y sapos de la región sur del río Balsa, con información sobre el estatus de la UICN. Preocupación menor [LC]; casi amenazada [NT]; vulnerable [VU]; en peligro [EN]; en peligro crítico de extinción [CR]; datos insuficientes [DD]), los sitios (Egoro Purru [EP], Buenos Aires [BA], Bella Vista [BV], Manené [M], Parcela Permanente [PP], Parcela Campo [PC]), la asociación de hábitat (bosque [B], charco temporal [C], ribereño [R]), y el estado del hábitat (Intacto [I], perturbado [P])

Taxa	UICN estatus	Sitios	Hábitat	Estado
Bufonidae				
Rhaebo haematiticus (Cope, 1862)	LC	EP, BA, M, PC	B	I, P
Rhinella alata (Thominot, 1884)	DD	todos	B	I, P
Rhinella horribilis (Wiegmann, 1833)	LC	EP, BA, M, PC	B, C, R	I, P
Centrolenidae				
Teratohyla spinosa (Taylor, 1949)	LC	M	R	I
Craugastoridae				
Craugastor fitzingeri (Schmidt, 1857)	LC	todos	B, R	I
Craugastor raniformis (Boulenger, 1896)	LC	EP, BA, M	B, R	I
Dendrobatidae				
Colostethus aff. pratti (Boulenger, 1899)	LC	BV	B	I
Dendrobates auratus (Girard, 1855)	LC	BV, BA, M, PP	B	I, P
Eleutherodactylidae				
Diasporus aff. pequeno (Batista et al, 2016)	CR	BA	B	I
Diasporus aff. quidditus (Lynch, 2001)	LC	BA, PP	B	I
Hylidae				
Boana boans (Linnaeus, 1758)	LC	M	R	I
Scinax ruber (Laurenti, 1768)	LC	M	C	I, P
Smilisca sila Duellman & Trueb, 1966	LC	M, PC	R	I
Leptodactylidae				
Engystomops pustulosus (Cope, 1864)	LC	BA, M, PP	B, C	I, P
Leptodactylus insularum Barbour, 1906	LC	M	C	P
Leptodactylus poecilochilus (Cope, 1862)	LC	EP, M	B, C	I, P
Leptodactylus savagei Heyer, 2005	LC	BV	B	I
Ranidae				
Rana (Lithobates) vaillanti (Brocchi, 1877)	LC	BA, M	R	I, P
Strabomantidae				
Pristimantis taeniatus (Boulenger, 1912)	LC	BV, BA, PP	B	I

La búsqueda en los transectos dio como resultado un número variable (0-15) de ranas y sapos observados cada vez que estos transectos se recorrieron. El tiempo promedio para recorrer los 1000 m fue de 68,15 minutos (desviación estándar 13,53). En algunas zonas se observaron más ranas que en otras. Los transectos

cerca de Manené a menudo no tenían ranas (8 de 18 veces), mientras que aquellos cerca de Bella Vista se vieron un mínimo de 2 ranas cada una de las 12 veces que estos transectos fueron recorridos.

El mayor número de anuros detectados en un transecto fue de 15, observadas en una caminata por un transecto de Bella Vista en abril de 2019 (el promedio de ranas observadas fue de 7 en este sitio). En Buenos Aires hubo 3 transectos que solo se recorrieron 3 veces cada uno. El rango de ranas observadas en los transectos de Buenos Aires fue de 0-3; sin embargo, solo en una ocasión no se vieron ranas. Solo las 12 ranas y sapos de 5 transectos recorridos en julio y agosto de 2019 se utilizaron en el análisis; ya que, se utilizó una cámara fotográfica para registrar a los animales encontrados durante estos recorridos, lo cual permitió confirmar su identificación.

La curva de acumulación de especies no ha alcanzado aún la fase asintótica (Figura 6).

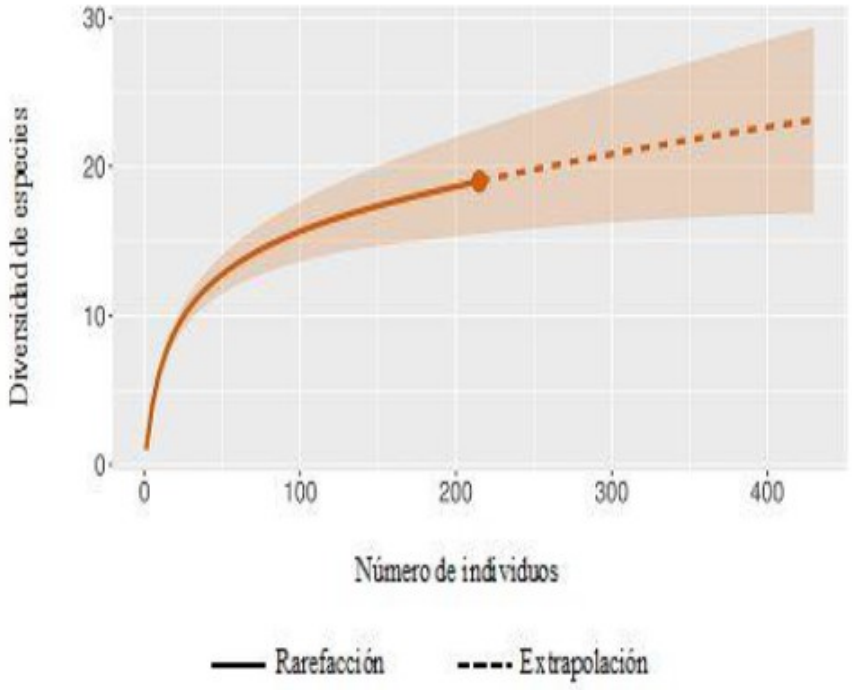

FIGURA 6.
Curva de rarefacción y extrapolación de la acumulación de especies con respecto al tamaño de muestra con intervalos de confianza del 95%

DISCUSIÓN

América Central tiene una rica diversidad de especies de anfibios y la mayoría de las especies nuevas que se describen en el mundo proceden de América Central y del Sur (Womack et al., 2021). Panamá cuenta con 230 especies de anfibios (AmphibiaWeb, 2023) y la provincia de Darién tiene muchas especies endémicas de anfibios, sobre todo en las tierras altas (Batista et al., 2016; 2020). Los anfibios desempeñan una función importante en la salud de los ecosistemas, incluido un papel en la salud humana (Hocking & Babbitt, 2014; Springborn et al., 2022). Los anfibios no solo se alimentan de insectos, sino que también proporcionan alimento a otros organismos. La disminución del número de anfibios panameños parece haber provocado una cascada trófica que ha llevado a un descenso de la diversidad de serpientes y de su condición corporal (Zipkin et al., 2020). Aunque la destrucción y modificación del hábitat son las principales causas del declive de los anfibios (Womack et al., 2021), los anfibios se han visto afectados por hongos patógenos que han causado colapsos catastróficos en sus poblaciones (Scheele et al., 2019). El estudio de los anfibios en los bosques

intactos en los que se centró Bacurú Drõa ofrece una oportunidad única de una comunidad de anfibios que no se ha visto afectado por la modificación del hábitat. Aunque no se tomaron pruebas para detectar hongos quitridios, se evaluó visualmente si los animales estaban enfermos y éstos parecían sanos.

El proyecto Bacurú Drõa se centra en bosques intactos, y este bosque se encuentra colindando con la frontera Panamá-Colombia. Esto trajo como consecuencia preocupación de seguridad limitándonos a que la mayoría de los muestreos de anfibios se realizaran durante el día en estos bosques maduros. Por lo tanto, las especies diurnas de los bosques de tierras bajas están bien representadas en este estudio. Muchas de las especies de ranas encontradas, incluida la más común, Craugastor fitzingeri, son especies de desarrollo directo que no dependen del agua para la fase acuática de renacuajo (Hedges et al., 2008). Cabe destacar que una de las ranas de desarrollo directo observadas era un individuo de Diasporus aff. pequeño. La especie D. pequeño es considerada en peligro crítico de extinción, ya que se cree que es endémica de un área de distribución reducida en la Serranía del Darién (IUCN, 2022). Las ranas del grupo Diasporus forman parte de un complejo de especies crípticas y existe la posibilidad de que haya más especies no descritas (Batista et al., 2016; Hertz et al., 2012). Las ranas Diasporus en este estudio merecen más investigación para entender su relación con las otras especies Diasporus en el Darién.

El sapo Rhinella horribilis fue muy común dentro de las comunidades; sin embargo, estos animales no fueron fotografiados sistemáticamente, ya que nuestro enfoque no

estaba en las poblaciones de anfibios asociados a asentamientos humanos. La palabra para sapo en Embera (“bocorrô”) se utiliza para referirse principalmente a R. horribilis, mientras que la palabra para rana (“bauñiã”) se refiere a las otras ranas y sapos. Aunque las especies de anfibios no reciben nombres individuales que coincidan con la nomenclatura científica, la gente reconoce que los diferentes morfotipos habitan diferentes tipos de hábitat y que los anfibios juegan una función importante en el ecosistema (observación personal, también visto en las comunidades Embera-Katíos colombianas (Racero-Casarrubia et al., 2008)).

De los dos métodos utilizados en este estudio, el muestreo oportunista fue el que aportó más datos. La elección de la ubicación del transecto se hizo para acomodar estudios simultáneos sobre diversidad de aves e insectos. Este compromiso significó que el hábitat muestreado no necesariamente coincidía donde se esperaría encontrar más anfibios. A pesar de ello, se observaron ranas y sapos a lo largo de los transectos. Las diferencias entre los lugares y las personas que recorrían los transectos pueden explicar las diferencias en el número de animales observados en cada transecto. El método de los transectos resultó más útil cuando se fotografiaron los animales, ya que permitió confirmar la identificación de las especies. Aparte de Dendrobates auratus, que es reconocible incluso a distancia, la mayoría de las ranas vistas durante el día en los transectos eran pequeñas y marrones, por lo que fue necesario tomarles fotografías.

Como la curva de acumulación de especies no parece haber alcanzado una asíntota, sugiere que todavía quedan especies por encontrar en la región sur del río Balsas (Fig. 6). La frecuencia de encuentros con especies nuevas ha disminuido notablemente durante el día en los hábitats forestales maduros (observación personal). Sin embargo, se escuchó el canto de ranas adicionales, particularmente avanzada la noche, sugiriendo que existe un número mayor de especies en esta región, pero sin especímenes o fotos, estas especies no pudieron ser incluidas en este inventario. Otras áreas de tierras bajas en la provincia de Darién, en donde se han estudiado los anuros, se han encontrado comunidades con 19 a 28 especies (Elizondo-Lara et al., 2020; Medina et al., 2019; Samudio et al., 2015; Sosa-Bartuano et al., 2017). Estos estudios han incluido muestreos que se extienden hasta altas horas de la noche y en la estación lluviosa, lo que sugiere que los bosques del sur de la región del río Balsas pueden tener una mayor diversidad de la que extrapoló con la curva de acumulación de especies, ya que los anfibios nocturnos y de la estación lluviosa están poco representados en nuestro estudio. La rana más abundante en nuestro estudio, Craugastor fitzingeri, es una rana común del bosque en Panamá (Elizondo-Lara et al., 2020; Ibáñez et al., 1995) y en el Darién (Sosa-Bartuano et al., 2017). La siguiente especie más común en este estudio, Rhinella alata, fue la especie más abundante en los bosques de tierras bajas del cerro

Pirre según Samudio et al. (2015) y la segunda especie más abundante de acuerdo con Elizondo-Lara et al. (2020). En la lista de especies de nuestro estudio faltan las ranas del género Hyalinobatrachium. En las tierras bajas del cerro Pirre, H. chirripoi fue la segunda rana más abundante que se encontró (Samudio et al., 2015). Muestreos nocturnos, particularmente durante la estación lluviosa, serán necesarios para establecer si este género generalmente común está también presente en la región del río Balsas.

CONCLUSIONES

Este estudio proporciona datos de línea base preliminares sobre la diversidad de anuros en el área del río Balsas. Para captar toda su diversidad es necesario seguir realizando estudios, particularmente de hábitats distintos, así como más muestreos nocturnos y en la estación lluviosa. El alto número de especies encontradas, dadas las limitaciones del trabajo de campo, sugiere una rica diversidad de anfibios en esta zona protegida y pone de relieve la necesidad de seguir apoyando a las comunidades que protegen de forma sostenible los bosques antiguos.

Agradecimientos

Agradecemos a Lady Mancilla y Lupita Omi su apoyo logístico. Agradecemos a todos aquellos que se interesaron en localizar y fotografiar anfibios en el campo, incluyendo miembros de la comunidad, personal de SENAFRONT y otros participantes en las expediciones, particularmente Chris Madsen, Matthias Kunz y Brais Marchena. Anderson Salazar, Ember Cupaña, Alquimedes Lona y Benildo Lino proporcionaron asistencia adicional en el campo. La habilidad cartográfica de Matthias Kunz es muy apreciada. Agradecemos al SENAFRONT por prestarnos servicios de transporte y seguridad. Heather Gray agradece especialmente el apoyo continuado de SA MacKenzie. Héctor Barrios y Roberto Ibáñez fueron patrocinados por el Sistema Nacional de Investigación, SENACYT. El trabajo también fue apoyado por el programa de Canada Research Chair a través de Catherine Potvin.

REFERENCIAS

AmphibiaWeb. (2023). https://amphibiaweb.org University of California, Berkeley, CA, USA.

Batista, A., G. Köhler, K. Mebert, A. Hertz & M. Veselý. (2016). An integrative approach to reveal speciation and species richness in the genus Diasporus (Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae) in eastern Panama. Zool. J. Linn. Soc., 178(2), 267-311.

Batista, A., K. Mebert, M. Miranda, O. Garces, R. Fuentes & M. Ponce. (2020). Endemism on a threatened sky island: new and rare species of herpetofauna from Cerro Chucantí, Eastern Panama. *Amphib. Reptile Conserv.*, 14(2), 27-46.

Chao, A., N.J. Gotelli, T.C. Hsieh, E.L. Sander, K.H. Ma, R.K. Colwell & A.M. Ellison. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol. Monog.*, 84(1), 45- 67.

Chao, A., K.H. Ma & T.C. Hsieh. (2016). iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for interpolation and extrapolation of species diversity. Program and User's guide publicado en http:/ chao.atat.nthu.edu.tw/worpress/software_download/inext-online/.

Colectivo Darién. (2021). Trafficking as settler colonialism in eastern Panama: Linking the Americas via illicit commerce, clientelism, and land cover change. *World Dev*. 145, 105490.

Doan, T.M. (2003). Which methods are the most effective for surveying rain forest herpetofauna? *J. Herpetol.*, 37(1), 72-81.

Elizondo-Lara, L., Añino, J., Quirós, A., Romaña, S., & Morales, M. (2020). Composition and structure of amphibian communities in two forests in Darién, Panamá. Preprint. https://www.researchgate.net/publication/ 342956446.

Global Forest Watch. (2014). World Resources Institute. https://www.globalforestwatch.org.

Hedges, B.S., W.E. Duellman & M.P. Heinicke. (2008). New World direct-developing frogs (Anura:Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa*, 1737, 1-182.

Hertz, A., Hauenschild, F., Lotzkat, S., & Köhler, G. (2012). A new golden frog species of the genus *Diasporus* (Amphibia, Eleutherodactylidae) from the Cordillera Central, western Panama. ZooKeys 196, 23-46.

Hocking, D.J. & K.J. Babbitt. (2014). Amphibian contributions to ecosystem services. Herpetol. Conserv. Biol., 9: 1-17.

Ibáñez, R., C.A. Jaramillo, M. Arrunátegui, Q. Fuenmayor & F.A. Solís. (1995). Inventario biológico del Canal de Panamá. Estudio herpetológico. *Scientia* (Panamá), Número especial 2,107-108.

IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. https://www.iucnredlist.org..

Kunz, M., H. Barrios, M. Dan, I. Dogirama, F. Gennaretti, M. Guillemette, A. Koller, C. Madsen, G. Lana, A. Ortega, M. Ortega, J. Paripari, D. Piperno, K.F. Reich, T. Simon, S. Solis, P. Solis, J. Valdes, G. von Oheimb, & C. Potvin. (2022). Bacurú Drõa: indigenous forest custody as an effective climate change mitigation option. A case study from Darién, Panama. Front. Clim.. 4, 1047832.

Mateo - Vega, J., Arroyo - Mora, J. P. & Potvin, C. (2019). Tree aboveground biomass and species richness of the mature tropical forests of Darien, Panama, and their role in global climate change mitigation and biodiversity conservation. *Conserv. Sci. Pract.,* 1(8): e42.

Medina, D., R. Ibáñez, K.R. Lips & A.J. Crawford. (2019). Amphibian diversity in Serranía de Majé, an isolated mountain range in eastern Panamá. *ZooKeys,* 859, 117-130.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, 853-858.

Racero-Casarrubia, J.A., C.C. Vidal, Ó.D. Ruiz & B.C. Jesús. (2008). Percepción y patrones de uso de la fauna silvestre por las comunidades indígenas Embera- Katíos en la cuenta del río San Jorge, zona amortiguadora del PNN-Paramillo. *Rev. Estud. Soc.,* 31, 118-131.

Samudio, R. Jr., A. Sosa-Bartuano, R. Samudio, J. Carrión de Samudio & J. Pino. (2015). Riqueza y abundancia de las especies de anfibios en los bosques de Cerro Pirre en el Darién de Panamá. *Tecnociencia*, 17(2), 5-19.

Scheele, B.C., F. Pasmans, L.F. Skerratt, L. Berger, A.N. Martel, W. Beukema, ... & S. Canessa. (2019). Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science,* 363(6434), 1459-1463.

Sosa-Bartuano, A., R. Samudio Jr., R. Samudio & J. Carrión de Samudio. (2017). Reporte preliminar sobre la distribución altitudinal de anfibios en Cerro Pirre, Parque Nacional Darién, Panamá. Tecnociencia, 19(2): 87-101.

Springborn, M.R., J.A. Weill, K.R. Lips, R. Ibáñez & A. Ghosh. (2022). Amphibian collapses increased malaria incidence in Central America. *Environ. Res. Lett.*, 17, 104012.

Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S. Rodrigues, D.L. Fischman & R.W. Waller. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Science, 306 (5702), 1783-1786.

Underwood, W., R. Anthony, S. Cartner, D. Corey, T. Grandin, C. Greenacre, S. Gwaltney-Brant, M.A. McCrackin, R. Meyer & D. Miller. (2013). AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2013 edition. American Veterinary Medical Association, Schaumburg, IL.

Whitfield, S.M., K.R. Lips & M.A. Donnelly. (2016). Amphibian decline and conservation in Central America. *Copeia,* 104(2): 351-379.

Womack, M.C., E. Steigerwald, D. Blackburn, D.C. Cannatella, A. Catenazzi, J. Che, M.S. Koo, J.A. McGuire, S.R. Ron, C. Spencer & V.T. Vredenburg, R.D. Tarvin. (2021). State of the Amphibia 2020: A review of five years of amphibian research and existing resources. Ichthyol. Herpetol., 110(4): 638-661.

Zipkin, E.F., G.V. DiRenzo, J.M. Ray, S. Rossman & K.R. Lips. (2020). Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. *Science,* 367(6479), 814- 816.