

Revista Científica

VIDA
NATURAL

Universidad Autónoma de Chiriquí
Vol. 2 No. 2, enero - junio, 2025
ISSN L2992-6424



UNACHI
Hombre y cultura para el porvenir

Universidad Autónoma de Chiriquí

Ciudad Universitaria, David, Chiriquí
República de Panamá
REVISTAS.UNACHI.AC.PA

AUTORIDADES

Rectora

Mgtr. Etelvina de Bonagas

Vicerrector Académico

Mgtr. Jorge Bonilla

Vicerrector de Investigación y Posgrado

Dr. Pedro González

Vicerrectora Administrativa

Dra. Rosa Moreno

Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Dr. Olda Cano

Vicerrector de Extensión

Dr. Jorge López

Secretaría General

Dra. Enis Grajales

REVISTA CIENTÍFICA VIDA NATURAL

Jefe Editorial

Dra. Diana Carolina Gómez González

Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá

Comité Editorial

Dr. Eyvar E. Rodríguez Quiel

Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá

Dra. Edilia de la Rosa Manzano

Universidad de Tamaulipas, México

Dra. Soizic Gibeaux

Université de Bretagne Sud, Francia

Dr. Alonso Santos Murgas

Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Panamá

Universidad de Panamá

Ficha Técnica:

Páginas: 75

Diseño y diagramación: **Lcdo. Tomás Herrera**
Programador de HTML y EPUB: **Mgtr. Danny Murillo**

Corrección y estilo: **Dr. Bladimir Víquez**

Volumen 2 Número 2

Publicación Digital

revista.vidanatural@unachi.ac.pa

Foto de portada

MSc. Javier De León

2025

Contenido

Uso de hábitat y ecología reproductiva de la rana de cristal <i>Sachatamia albomaculata</i> (Anura: Centrolenidae)	1 - 22
Phenotypic effects on male risk-taking behavior in <i>Leptuca beebei</i> from field experiments at Playa El Agallito, Chitre, Panama	23 - 36
Notas sobre la anidación del búho Listado (<i>Asio clamator</i>) en el Cerro San Cristóbal, Chiriquí, Panamá	37 - 43
New distribution of the Panama Humming Frog (<i>Elachistocleis panamensis</i>), in the Azuero region, Panama	44 - 51
First report of <i>Pleurodema brachyops</i> (Anura: Leptodactylidae) for Pacific islands (Seville Island, Chiriquí, Panama)	52 - 55
Propiedades medicinales de las Bromeliaceae: una revisión de su potencial antioxidante, antibacterial y antiinflamatorio	56 - 75



Uso de hábitat y ecología reproductiva de la rana de cristal *Sachatamia albomaculata* (Anura: Centrolenidae) Habitat use and reproductive ecology of the glass frog *Sachatamia albomaculata* (Anura: Centrolenidae)

Adnieszka Martínez-Álveo¹

<https://orcid.org/0009-0008-2227-0454>

Maricel Tejeira-Rodríguez²

<https://orcid.org/0000-0003-0207-1972>

Luis Rodríguez-Jiménez¹

<https://orcid.org/0009-0001-2671-1287>

Ángel Sosa-Bartuano³

<https://orcid.org/0000-0002-7179-4915>

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Escuela de Biología Penonomé, Panamá

²Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Ciudad de Panamá, Panamá

³Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá

Autor correspondiente: asosa2983@gmail.com

Enviado el 10 de julio de 2024.

Aceptado el 4 de noviembre de 2024.

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i2.787>

Resumen

La poca información sobre ecología e historia natural de la rana de cristal *Sachatamia albomaculata* y la presencia de una población accesible en la Reserva Hídrica Cerro Turega, un área protegida con una rica biodiversidad en la provincia de Coclé, Panamá, motivó la realización de este estudio. Se realizaron diez giras de campo entre mayo y octubre de 2021, delimitando un área de muestreo lineal sobre el río Sofrito, dividida en tres transectos de 50 m. Se registraron 79 individuos, divididos en 71 machos y ocho hembras. La mayor abundancia se observó en mayo y junio, disminuyendo aproximadamente a la mitad en julio y agosto. En octubre, no se registró actividad. Los machos mostraron un comportamiento territorial y de pelea, vocalizando desde rocas, ramas y hojas sobre el agua. La frecuencia del canto aumentó con la competencia. Los combates incluyeron saltos y forcejeos sobre las hojas. El cortejo incluyó cantos del macho para atraer a la hembra, seguidos de un amplexo axilar y la posterior oviposición. Se registraron cuatro amplexos, uno en una rama y tres sobre hojas. Todas las masas de huevos (N = 21) se encontraron en hojas, con ocho



puestas en plantas del género *Casearia* (Familia Salicaceae). La preferencia en el uso de las hojas de *Casearia* no fue estadísticamente significativa ($\chi^2 = 8.43$, $gl = 5$, $p = 0.13$). El uso de las hojas de *Casearia* para la oviposición es un nuevo registro. Además, *S. albomaculata* es la segunda especie conocida que utiliza plantas de la familia Piperaceae para la oviposición. La altura y distancia horizontal de las puestas al agua variaron entre 25-162 cm y 10-156 cm, respectivamente.

Palabras clave

Abundancia mensual, amplexo, combate, cortejo, oviposición, Piperaceae, Salicaceae.

Abstract

The limited information on the ecology and natural history of the glass frog *Sachatamia albomaculata* and the presence of an accessible population in the Reserva Hídrica Cerro Turega, a protected area with rich biodiversity in the province of Coclé, Panama, motivated the implementation of this study. Ten fieldwork tours were carried out between May and October 2021, delimiting a linear sampling area over a stream, divided into three 50 m transects. Seventy-nine individuals were recorded, divided into 71 males and eight females. The highest abundance was observed in May and June, decreasing by approximately half in July and August. In October, no activity was recorded. Males displayed territorial and fighting behavior, vocalizing from rocks, branches and leaves over the water. The frequency of singing increased with competition. The fights included jumping and wrestling on the leaves. Courtship included songs by the male to attract the female, followed by an axillary amplexus and subsequent oviposition. Four amplexus were observed, one on a branch and three on leaves. All egg masses ($N = 21$) were found on leaves, with eight deposited on plants of the genus *Casearia* (family Salicaceae). However, a chi-squared goodness-of-fit test ($\chi^2 = 8.43$, $df = 5$, $p = 0.13$) revealed no significant preference for oviposition on *Casearia*. The use of *Casearia* leaves for oviposition constitutes a new record. Furthermore, *S. albomaculata* is the second known species to utilize plants of the family Piperaceae for oviposition. The height and horizontal distance of egg masses from the water ranged from 25–162 cm and 10–156 cm, respectively.

Keywords

Monthly abundance, fighting, courtship, amplexus, oviposition, Salicaceae, Piperaceae.

Introducción

Los anfibios, en particular los anuros, presentan una diversidad de modos reproductivos notablemente mayor que otros vertebrados (Duellman y Trueb, 1994). Dentro de este grupo, las ranas de cristal del Neotrópico (Centrolenidae) destacan por su piel y tejidos semitransparentes, cuya apariencia varía según la especie (Kubicki, 2007). Se encuentran distribuidas desde México hasta Argentina y el sureste de Brasil (Frost, 2024); estas ranas

también llaman la atención por su compleja ecología, comportamiento e historia evolutiva (Guayasamin et al., 2008, 2009, 2020; Delia et al., 2017; Taboada et al., 2022). Actualmente, se reconocen 163 especies de centrolénidos, agrupadas en doce géneros (Frost, 2024).

Una de estas especies, la rana de cristal *Sachatamia albomaculata*, es un anuro de tamaño mediano a grande, con una longitud hocico-cloaca promedio de 29 mm en machos y 32 mm en hembras (Kubicki, 2007; Köhler, 2011). Su distribución se extiende desde Centroamérica (Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá) hasta el noroeste de Colombia y Ecuador (Savage, 2002; HerpetoNica, 2015; Frost, 2024). Habita en bosques húmedos, preferentemente poco alterados, a lo largo de quebradas, desde el nivel del mar hasta los 1500 m de altitud, aunque también se ha registrado en hábitats degradados (Savage, 2002; Kubicki, 2007; Leenders, 2016; Cossel y Kubicki, 2017). Los machos vocalizan desde el haz de las hojas, generalmente entre 2 y 7 m sobre las quebradas (Kubicki, 2007). Las hembras depositan huevos de color café oscuro adheridos al haz de las hojas o sobre rocas (Puschendorf et al., 2004; Kubicki, 2007), y aunque la hembra provee un cuidado parental inicial, este no se prolonga (Guayasamín et al., 2020). A pesar de que su canto de anuncio y renacuajo han sido descritos en décadas recientes (Kubicki, 2007; Hoffmann, 2010), gran parte de la historia natural y ecología de *S. albomaculata* aún permanecen desconocidas.

La poca información disponible de esta especie, en combinación con la accesibilidad de la población, motivó el presente estudio. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la abundancia mensual, describir el comportamiento reproductivo, identificar las familias de plantas preferidas para la oviposición y determinar la altura y distancia horizontal promedio en la que se depositan las masas de huevos respecto al río.

Materiales y Métodos

El trabajo de campo se desarrolló en la Reserva Hídrica Cerro Turega (RHCT) con dos giras de dos días cada mes entre mayo y octubre de 2021. Un muestreo anual hubiera sido ideal, pero limitaciones de tiempo y presupuesto restringieron el estudio a este periodo. El área

protegida se encuentra en el corregimiento de Pajonal, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, Panamá (8°36'55" N y 80°10'58" O) (figura 1).

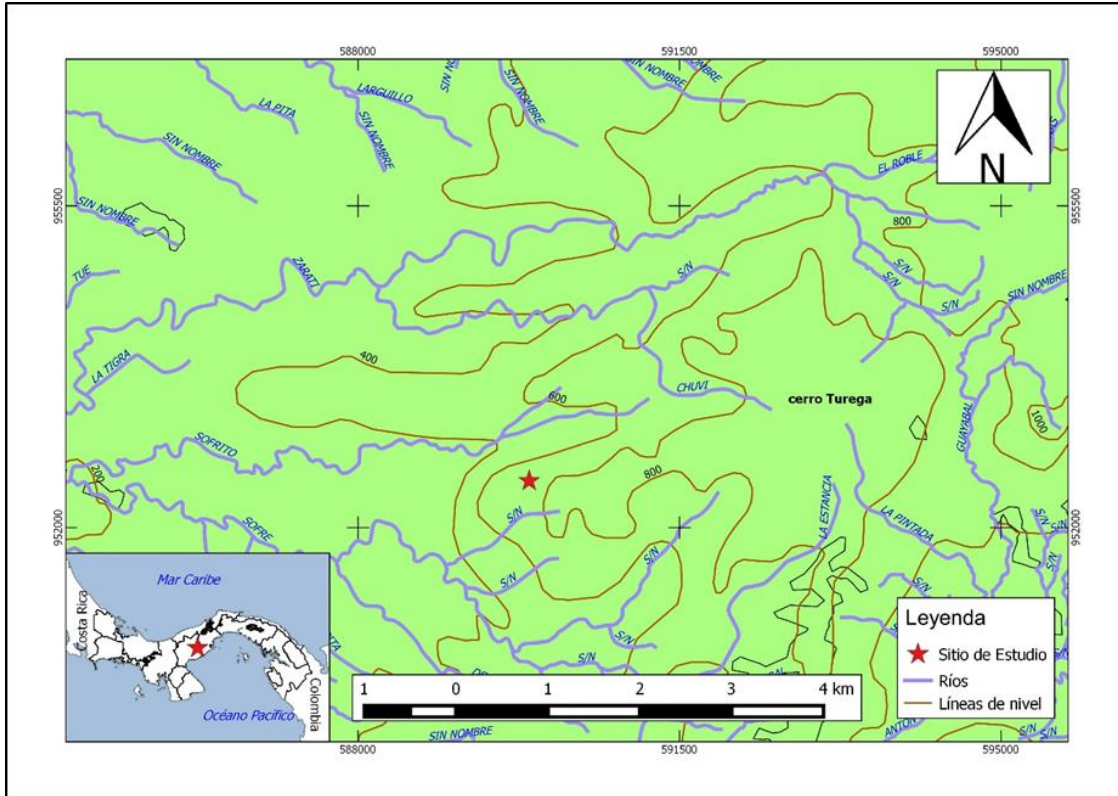


Figura 1.
Mapa del área de estudio en la Reserva Hídrica Cerro Turega.

Se delimitó un área de muestreo lineal de 150 m sobre el río Sofrito, dividida en tres transectos de 50 m cada uno. Se realizaron recorridos diurnos (8:00 - 10:00 h) y nocturnos (19:00 - 23:00 h). Las coordenadas del sitio se tomaron con un GPS GARMIN ETREX 20x.

La identificación de la especie se realizó siguiendo las descripciones de Kubicki (2007) y Guayasamín et al. (2020). La longitud hocico-cloaca (LHC) de los adultos se midió en milímetros (mm) utilizando un calibrador vernier digital (precisión de 0.1 mm). La humedad relativa y la temperatura ambiental se registraron mediante un higrómetro y un termómetro digital, respectivamente. Con la asistencia de un botánico en campo, se identificaron las plantas donde se encontraron las masas de huevos. Los cantos no se grabaron debido a la falta de equipo de grabación adecuado.

El sexo de los individuos se determinó mediante la observación del comportamiento y características físicas. En el caso de los machos, se consideró el canto, la presencia de saco vocal y el cuerpo esbelto. En las hembras, se tuvo en cuenta un cuerpo robusto y/o aplanado sobre la hoja, así como la presencia de huevos en el abdomen (Kubicki, 2007).

El promedio y la desviación estándar de la longitud hocico-cloaca (LHC), la altura y la distancia al río se estimaron utilizando el programa Past 4.16. Para determinar la preferencia por el género *Casearia* para la oviposición, se aplicó una prueba de chi-cuadrado con el mismo programa.

Resultados

Se observaron 79 individuos de *S. albomaculata*, divididos en ocho hembras que fueron medidas (LHC \bar{x} = 31.35 mm) y 71 machos, de los cuales 12 fueron medidos (LHC \bar{x} = 25.97 mm, tabla 1). Las mediciones de temperatura ambiental durante los muestreos revelaron un promedio de 24 °C durante la noche y 26 °C durante el día, con una humedad promedio de 76 % y 57 %, respectivamente.

Tabla 1.
Longitud hocico cloaca de hembras y machos de *Sachatamia albomaculata*. DE = desviación estándar.

LHC (mm)	
Hembras	Machos
31.5	28.6
32	26.7
32.4	24.3
30.6	27
31.8	25.3
28.5	26.4
32	25.8
33	27.2
	24
	26.1
	25
	25.4
\bar{x} =31.35	\bar{x} =25.97
DE=1.43	DE=1.33

Abundancia mensual. La mayor abundancia de individuos se observó en mayo y junio, disminuyendo aproximadamente a la mitad en julio y agosto (figura 2). En octubre, no se registró actividad, solo se escucharon cantos de *Cochranella granulosa* y *Espadarana prosoblepon*. La abundancia de machos en transectos de 50 m alcanzó su máximo en junio, con un total de 71 individuos registrados en los tres transectos (figura 3). El Transecto 1 presentó la mayor abundancia, con 34 machos, seguido por el Transecto 3 con 23 y el Transecto 2 con 14. La media de machos por transecto fueron 6, 2 y 4 para los transectos 1, 2 y 3, respectivamente.

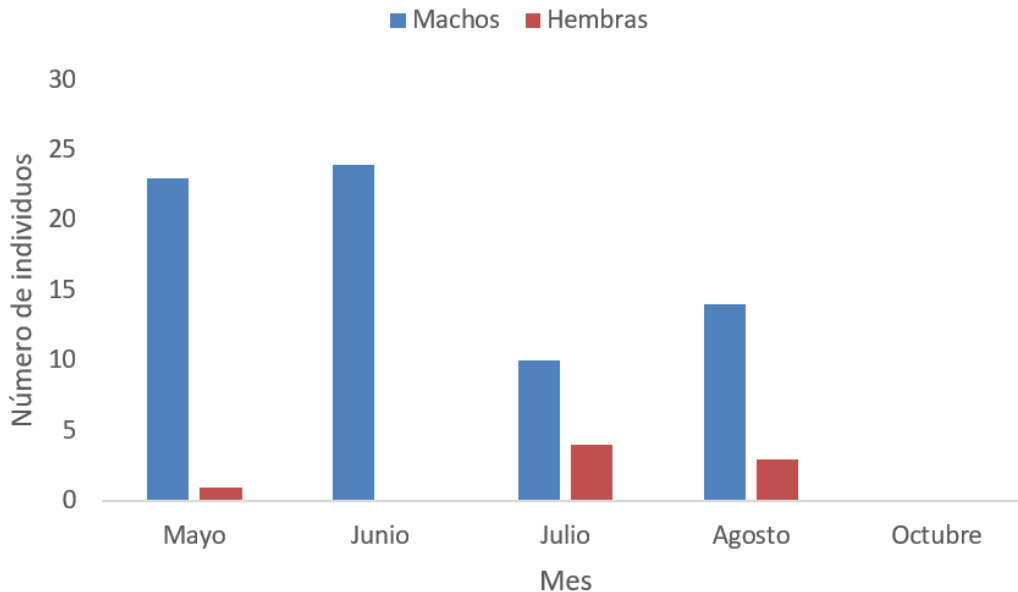


Figura 2.
Abundancia mensual de machos y hembras.

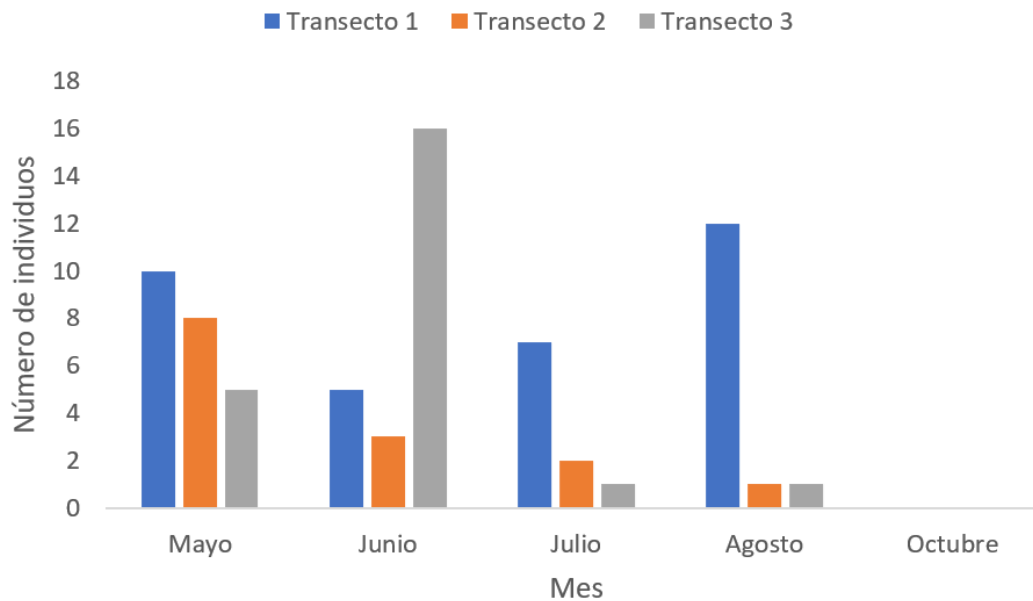


Figura 3.
Abundancia mensual por transectos de 50 metros.

Combate entre machos. Se registraron dos combates. El primero, observado por AMA (primer autor) el 26 de agosto, inició a las 19:41 h y tuvo lugar sobre un arbusto a 150 cm de altura. La interacción se inició con ambos machos vocalizando activamente. Tras cinco minutos, uno de los individuos se lanzó sobre el otro, colocándose sobre su espalda y ejerciendo presión con sus patas delanteras mientras el macho de abajo continuaba vocalizando (figura 4A). El macho de arriba tenía la cabeza dirigida hacia la cloaca del oponente. Posteriormente, los individuos adoptaron una posición de abrazo de lucha que se mantuvo durante aproximadamente 30 minutos. El combate finalizó cuando el macho de arriba saltó hacia la vegetación circundante.

El 27 de agosto, a las 19:00 h, LJR (segundo autor) registró un segundo combate entre dos machos a 175 cm de altura, sobre la rama de un arbusto. La interacción, que duró aproximadamente 15 minutos, inició con ambos individuos en un abrazo de lucha, vocalizando activamente mientras se encontraban en el haz, al borde de una hoja. Durante el combate, ambos machos mantenían todo su cuerpo dentro de la hoja, excepto la pata

trasera derecha (figura 4B). El individuo de arriba realizaba movimientos constantes con sus patas delanteras y traseras en un intento de desplazar al oponente. Eventualmente, este macho cayó a una hoja inferior, a un metro de distancia del otro. Ambos continuaron vocalizando, y el individuo que permaneció en la posición superior se movía con saltos cortos (menos de 1 cm), ante el canto del macho de la posición inferior, en dirección al estímulo. La observación concluyó en este punto debido al incremento de la lluvia y la crecida del río Sofrito, lo que impidió determinar si hubo un nuevo enfrentamiento.

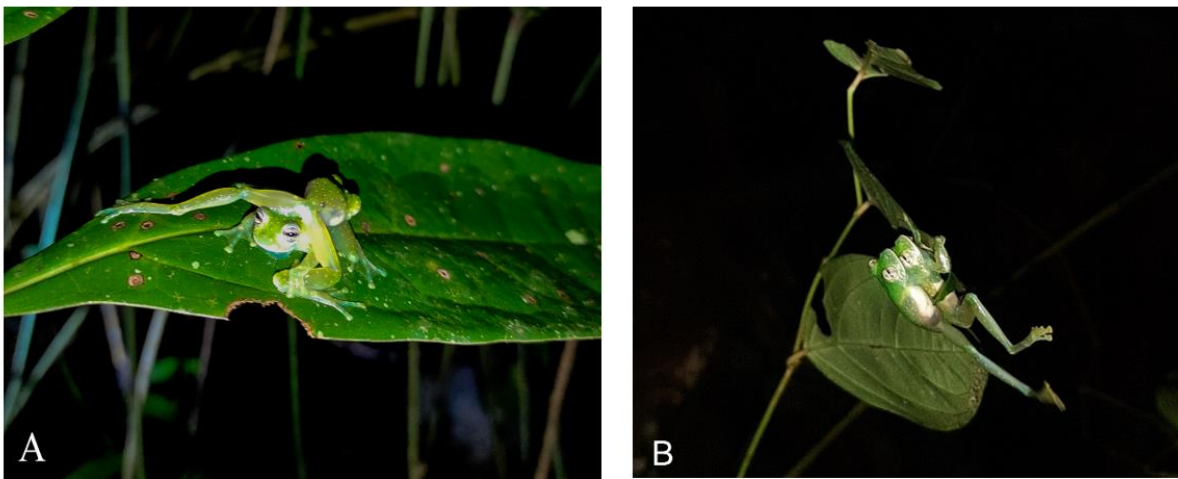


Figura 4.
Registro de combate entre machos: (A) primera pelea y (B) segunda pelea.

Cortejo. El proceso de cortejo inició con los machos posados sobre hojas (figura 5A), rocas (figura 5B) y ramas (figura 5C) cercanas al río, cantando para atraer a las hembras. En ocasiones, varios machos competían en canto por la atención de una hembra. Cuando una hembra se sentía atraída por el canto de un macho, se acercaba a él, y continuaba el cortejo (registrado en cuatro ocasiones) por aproximadamente una hora o más.

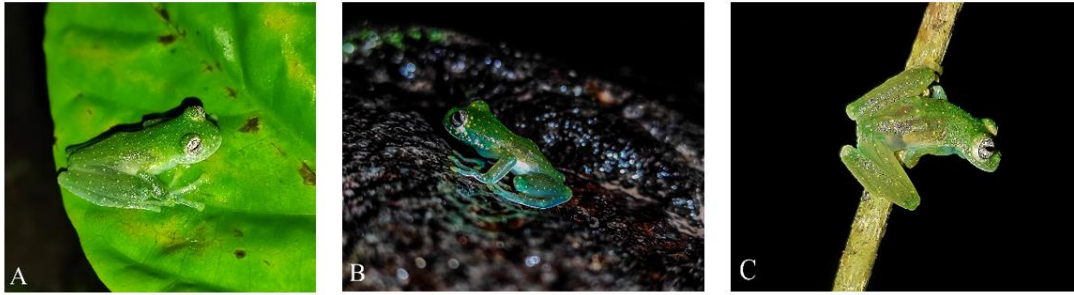


Figura 5.
Tipos de sustrato que utilizan los machos para vocalizar. (A) Hoja; (B) Roca y (C) Rama.

Amplexo. El 15 de julio, AMA y LJR observaron un amplexo que se extendió aproximadamente 5 horas, desde el inicio del cortejo hasta la oviposición. El cortejo consistió en un macho cantando desde el haz de una hoja por treinta minutos para atraer a la hembra. Cuando la hembra se aproximó, el macho saltó sobre ella, adoptando un amplexo axilar (Carvajal-Castro et al., 2020). La observación del amplexo se interrumpió por tres horas y media para realizar muestreos en otros transectos. Al regresar al sitio, se observó al macho estimulando a la hembra con masajes en el costado utilizando sus patas traseras, mientras la hembra permanecía inmóvil y aplanada. El amplexo y la oviposición ocurrieron en el mismo lugar donde el macho había vocalizado inicialmente.

En total, se registraron cuatro amplexos a alturas que variaron entre 25 y 105 cm sobre el río (figura 6 A-B). El primer amplexo fue observado el 25 de mayo a las 21:19 h a 30 cm de altura, el segundo el 16 de junio a las 23:00 h a 85 cm, el tercero el 15 de julio a las 20:08 h a 103 cm y el cuarto el 5 de agosto a las 20:30 h a 25 cm.



Figura 6.
Registro fotográfico de amplexos sobre hoja (A) y rama (B).

Preferencia de sitio de oviposición. Tras la oviposición, el macho fertilizó los huevos y abandonó la puesta. La hembra, por su parte, cubrió los huevos con gelatina expulsada por su cloaca durante diez minutos. La mayoría de las masas de huevos ($n=19$) se ubicaron en el haz de hojas de la vegetación ribereña (figura 7A), excepto una encontrada en el envés de una hoja (figura 7B) y otra sobre una hoja seca de Myrtaceae (figura 7C). Se registró el uso de hojas de seis familias de plantas como sustrato para las veintiuna masas de huevos observadas (figura 8). La prueba de chi-cuadrado ($\chi^2 = 8.43$, $gl = 5$, $p = 0.13$) no reveló una preferencia significativa por plantas del género *Casearia* como sustrato para la oviposición.



Figura 7.
Masas de huevos sobre (A) el haz de una hoja, (B) sobre hoja seca de Myrtaceae y (C) en el envés de una hoja de *Casearia* sp.

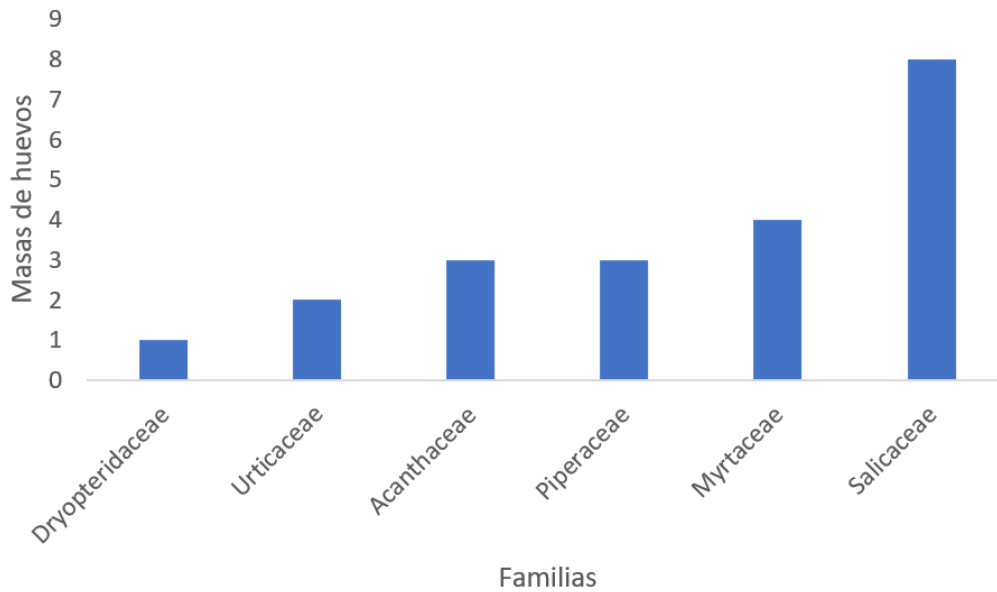


Figura 8.
Familias de plantas utilizadas para colocar las masas de huevos.

La altura promedio sobre el agua fue de 85.90 cm, con una desviación estándar de 39.92 cm. Las alturas registradas variaron entre 25 y 162 cm. En cuanto a la distancia a la orilla, el promedio fue de 58.81 cm, con una desviación estándar de 41.04 cm, y una variación de 10 a 156 cm (tabla 2).

Tabla 2.
Altura sobre el agua y distancia a la orilla del río de las masas de huevos de *Sachatamia albomaculata*. DE = Desviación estándar.

Fecha	Altura sobre el agua (cm)	Distancia a la orilla (cm)
25/5/2021	30	46
16/6/2021	63	23
16/6/2021	103	86
17/6/2021	47	15
26/6/2021	25	18
15/7/2021	49	32
15/7/2021	105	67
16/7/2021	137	107
5/8/2021	82	130
5/8/2021	103	94
5/8/2021	47	36
27/8/2021	85	15
28/8/2021	62	10
1/10/2021	126	34
1/10/2021	160	67
1/10/2021	84	94
1/10/2021	81	93
1/10/2021	57	26
1/10/2021	162	18
4/10/2021	56	156
4/10/2021	140	68
	\bar{x} =85.90	\bar{x} =58.81
	DE=39.92	DE=41.04

Discusión

Abundancia mensual. Se observó que *S. albomaculata* es una especie relativamente abundante en la RHCT, coincidiendo con lo reportado por Sosa-Bartuano (2017) en la misma reserva. Previamente, en el Parque Nacional Chagres, Ibáñez et al. (1994) y Sosa y Guerrel (2013) identificaron a *S. albomaculata* como una de las ranas de cristal más abundantes. Esta alta abundancia también se ha documentado en otros sitios de Panamá, como el Parque Nacional Altos de Campana (Ibáñez et al., 1996), la Reserva Natural Privada Las

Oropéndolas (Batista et al., 2020) y el sendero natural árboles cuadrados del Valle de Antón (Aguirre et al., 2024). Flores et al. (2013) y Lotzkat et al. (2021) reportan la especie en el norte de la provincia de Veraguas, pero no proveen datos de abundancia. Elizondo (2017) registró poca abundancia de esta especie en el Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera (PNGDOTH) y en el Parque Nacional Santa Fe. En el PNGDOTH también encontró individuos con aparente quitridiomycosis.

Samudio et al. (2015) y Sosa Bartuano et al. (2017) reportan a *S. albomaculata* para Cerro Pirre en el Parque Nacional Darién como una especie poco abundante, con un solo individuo registrado, pero no presentan fotografía ni espécimen de respaldo. Sin embargo, un registro fotográfico en la plataforma iNaturalist de Cerro Pirre presenta un individuo de *Teratohyla pulverata* como *S. albomaculata* (<https://www.inaturalist.org/observations/199492346>). Además, Batista (2014) reporta a *T. pulverata*, pero no a *S. albomaculata*, en el Parque Nacional Darién. Considerando esta información, es posible que la especie registrada por Samudio et al. (2015) y Sosa Bartuano et al. (2017) en Cerro Pirre haya sido *Teratohyla pulverata*.

En Costa Rica, Jiménez-Montero (2021) obtuvo una abundancia baja de esta especie en el Parque Nacional La Cangreja, contrastando con una abundancia alta observada por Kubicki (2008) en Guayacán y Abarca Alvarado (2012) en El Rodeo, Costa Rica. McDiarmid y Savage (2005) mencionan que es común en el área de Rincón, Península de Osa, pero solo se ha encontrado en Quebrada Rayo, al este de la Carretera al Pacífico.

Los datos presentados en este estudio son los primeros de abundancia mensual para esta especie en Panamá. La información disponible sobre esta especie en el país se limita a reportar el número total de individuos o presentar categorías subjetivas de abundancia, sin especificar el número de individuos por mes o por estación del año (Ibáñez et al., 1996; Sosa y Guerrel, 2013; Batista et al., 2020; Aguirre et al. 2024). Abarca Alvarado (2012) menciona que la especie es abundante en estación lluviosa en el Rodeo, Costa Rica.



Se registró una mayor abundancia de machos en relación con las hembras, lo que coincide con las observaciones de Kubicki (2007), atribuyendo esta diferencia a la conducta de los machos de cantar expuestos sobre la vegetación, haciéndolos más conspicuos.

Aunque no hay datos publicados sobre la abundancia mensual de *S. albomaculata* en la RHCT u otros sitios que permitan una comparación directa, se pueden mencionar estudios similares con otras de ranas de cristal. En Santander, Colombia, Cabanzo-Olarte et al. (2013) observaron alta actividad reproductiva y de machos vocalizando en *Espadarana andina* desde junio y hasta octubre. Basto-Riascos et al. (2017) también registraron un número alto de machos de *E. prosoblepon* en los Andes Centrales de Colombia durante octubre de 2014 y octubre de 2015, pero con pocas masas de huevos en ese período.

La disminución en los registros de individuos de *S. albomaculata* en octubre, a pesar de ser un periodo de alta precipitación, puede estar relacionada con factores asociados a las lluvias intensas. Aunque esta especie es favorecida por la presencia de lluvia, un exceso puede generar condiciones adversas, afectando su actividad y detectabilidad. Pino y Espinosa (2001) señalan que octubre es uno de los meses con mayores niveles de lluvia en la Cuenca del Canal de Panamá, región próxima a Cerro Turega. En este sentido, la intensidad de las lluvias podría ser un factor que explique la ausencia de registros durante este mes, junto con otros factores como la disponibilidad de alimento, la presencia de depredadores y la competencia con otras especies.

Estos resultados de abundancia en transectos de 50 m son consistentes con los reportados por Kubicki (2007) para la mayoría de los sitios en Costa Rica, donde la densidad varía de uno a 10 machos. Sin embargo, en algunos sitios específicos como la Universidad para la Paz, Kubicki (2007) observó densidades mucho mayores, de 20 o más machos en una distancia similar.

Combate entre machos. El primer combate observado (26 de agosto) tuvo una duración mayor (30 minutos) en comparación con el segundo combate (15 minutos) y el reportado

por Barría et al. (2023). La primera observación describe un macho lanzándose sobre otro y colocándose sobre su dorso, mientras que el segundo combate y el reportado por Barría et al. (2023) iniciaron con los machos en un abrazo de lucha. En la primera observación, ambos machos vocalizaban antes y durante el combate. En el segundo combate, ambos machos vocalizaban durante el combate, pero no se pudo saber si estaban vocalizando antes. En el reporte de Barría et al. (2023), se describe un combate en el que no se pudo determinar si hubo vocalizaciones. En los tres casos, los combates ocurrieron sobre hojas.

Las dos observaciones confirman la presencia de comportamiento agonístico en *Sachatamia albomaculata*, incluyendo el abrazo de lucha y movimientos para desplazar al oponente, tal como se describe en Barría et al. (2023). La variabilidad en la duración del combate, la posición inicial y la presencia/ausencia de vocalizaciones sugiere que el comportamiento de lucha en esta especie puede ser flexible.

Cortejo. En relación con el comportamiento vocal de los machos de *S. albomaculata*, los resultados obtenidos coinciden con los reportados por McDiarmid y Savage (2005) y Kubicki (2007). En ambos casos, se observó una preferencia por vocalizar desde la vegetación baja, especialmente el haz de las hojas, aunque también se registró la utilización de otros sustratos como troncos caídos, ramas y superficies rocosas.

Amplexo. El amplexo axilar es similar al que describe Guayasamín et al. (2020). En este trabajo, el amplexo duró cinco horas antes de la oviposición, mientras que no se especifica la duración en el estudio de Guayasamín et al. (2020). Vockenhuber et al. (2008) reportan una duración entre 5 horas y 45 minutos hasta 7 horas y 15 minutos en *Hyalinobatrachium valerioi*.

En este estudio se registró una temporada reproductiva extendida, abarcando desde mayo hasta agosto. Este hallazgo complementa la observación de Puschendorf et al. (2004), donde mencionan que la reproducción en esta especie puede extenderse hasta la estación seca, y el registro previo de dos amplexos, uno en marzo y otro en abril, reportados por

Guayasamín et al. (2020) y Ortega-Andrade et al. (2010), respectivamente. McDiarmid y Savage (2005) también encontraron parejas en amplexo en mayo y julio, y señalan que la época reproductiva de esta especie ocurre de mayo a julio. Se recomienda observaciones adicionales en los demás meses del año para determinar si la reproducción ocurre de manera continua o se limita a una temporada específica.

Preferencia de sitio de oviposición. En cuanto a la selección de sitios para la oviposición por *S. albomaculata*, el 38% de las masas de huevos fueron observadas sobre plantas del género *Casearia*, el cual está ampliamente distribuido en el Neotrópico (Gentry, 1996). Las especies de este género prosperan en diversos entornos, desde bosques secos, bosques húmedos tropicales y sabanas. Aunque predominantemente se encuentran en elevaciones bajas, algunas especies pueden crecer en altitudes de hasta 2000 m (Sleumer, 1980). Con un tamaño de muestra pequeño (N=21), no se encontró una preferencia significativa por *Casearia* para la oviposición, lo que pudo limitar el poder del análisis estadístico. Se recomienda aumentar el tamaño de la muestra en futuras investigaciones. *S. albomaculata* es la segunda especie conocida que utiliza plantas de la familia Piperaceae para depositar sus huevos, siendo *Piper* el género preferido por *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Ocaña Díaz et al., 2020). Para *S. albomaculata*, Piperaceae es la tercera familia en orden de preferencia, después de Salicaceae y Myrtaceae. Se reporta además el primer registro de uso de la familia de helechos Dryopteridaceae como sustrato de oviposición para *S. albomaculata*. Dautel (2011), Díaz-Ricaurte et al. (2019) y Vallejos y Ramírez-Soto (2020) mencionan el uso de helechos para las especies *Centrolene lynchi*, *Teratohyla midas* y *E. prosoblepon*, respectivamente, pero no especifican la familia de helechos utilizada. Este trabajo ofrece los primeros datos de preferencia de plantas para la oviposición en *S. albomaculata*.

Altura y distancia de las masas de huevos respecto al río. Se observó que la distancia al agua es un factor importante en la selección de sitios de oviposición para *S. albomaculata*. Vockenhuber et al. (2008) encontraron que la mayoría de los sitios de oviposición de

Hyalinobatrachium valerioi se encontraban dentro o cerca de los bancos de la quebrada, sobre el agua o bancos de grava que indican el flujo de agua después de fuertes lluvias. Esto sugiere que la proximidad al agua es importante, ya que los renacuajos deben caer al agua después de eclosionar. Cabanzo-Olarte et al. (2013) observaron que en *Espadarana andina* las hembras y las masas de huevos tienden a estar más cerca del agua que los machos, lo que propone una diferencia en la preferencia de distancia entre sexos. Aunque Valencia-Aguilar et al. (2012) no especifican la distancia exacta al agua en *Hyalinobatrachium aureoguttatum*, mencionan que los machos fueron encontrados en hojas sobre quebradas, indicando la importancia de la proximidad al agua. De Noronha y Rodrigues (2018) también destacan esto en *Hyalinobatrachium cappellei*, ya que todos los sitios reproductivos se encontraron en hojas sobre el agua. En este estudio no se evaluó el flujo o corriente de agua en los sitios de oviposición, pero es posible que este factor también influya en la selección del sitio.

En este contexto, estos datos son novedosos, ya que muestran que las masas de huevos ubicadas sobre plantas se depositaron en promedio a 58 cm de altura y 85 cm de la orilla del agua. Se requiere más investigación para determinar si esta distancia al agua es típica de la especie o si varía según las condiciones ambientales o la presencia de depredadores.

Conclusiones

- Este estudio es el primero en reportar datos de abundancia mensual para *S. albomaculata*, con mayor abundancia en mayo y junio. No se observó individuos en octubre, posiblemente por el aumento en la intensidad de las lluvias.
- Los machos de *S. albomaculata* exhiben un comportamiento territorial y de combate, vocalizando desde sustratos elevados sobre el agua y aumentando la frecuencia de sus cantos durante la competencia.
- El combate, similar al descrito por Barría et al. (2023), involucra saltos y forcejeos en las hojas, aunque se observaron diferencias como la postura y el canto durante de combate.



- El cortejo incluye cantos del macho, seguidos de amplexo axilar, masajeo latero-abdominal y oviposición en el haz de hojas de vegetación ribereña.
- Aunque el amplexo es similar al descrito para esta especie, se observaron algunas diferencias en la ubicación y duración.
- El 38% de las masas de huevos de *S. albomaculata* fueron observadas sobre plantas del género *Casearia* (Salicaceae); sin embargo, la preferencia por este sustrato no fue estadísticamente significativa. Se recomienda aumentar el tamaño de muestra en futuras investigaciones.
- Se reporta por primera vez el uso de plantas de la familia Piperaceae y helechos (Dryopteridaceae) como sitios de oviposición para esta especie.
- La altura y distancia de las puestas al agua varió entre 25-162 cm y 10-156 cm, respectivamente.
- La distancia de las puestas al agua es consistente con la importancia de la proximidad al agua para las ranas de cristal.

Agradecimientos

Este estudio se llevó a cabo con el permiso científico N°ARG-051-2021 del Ministerio de Ambiente. Agradecemos al personal de la Sede Regional de Coclé del Ministerio de Ambiente por el apoyo logístico. A Ronaldo Sanguillén, por su apoyo en la identificación de las plantas. También a Alcibíades Rodríguez y Marta Rodríguez por el alojamiento.

Referencias

- Abarca Alvarado, J. G. (2012). La herpetofauna de un bosque premontano: diversidad de anfibios y reptiles de El Rodeo. *Brenesia* 77, 251-270.
- Aguirre, B., Griffith, E. y Sosa-Bartuano, A. (2024). Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles asociada al sendero natural árboles cuadrados del Valle de Antón, Provincia de Coclé. *Revista Científica Vida Natural*, 2(1), 33-46.
- Barría, E. A., Ashcroft, J., De Gracia, A., Baules, A., Quiroz, M., Miranda, M., Batista, A. y Fuentes, R. D. (2023). Agonistic behaviour in the White-spotted Glassfrog, *Sachatamia*

albomaculata (Taylor, 1949), with a report of interspecific amplexus. *Herpetology Notes*, 16:71-74.

Basto-Riascos, M. C., López-Caro, J., y Vargas-Salinas, F. (2017). Reproductive ecology of the glass frog *Espadarana prosoblepon* (Anura: Centrolenidae) in an urban forest of the Central Andes of Colombia. *Journal of Natural History*, 51(41-42), 2535-2550.
<https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1371805>

Batista, A. (2014). Anfibios en peligro de extinción – Parque Nacional Darién. Fondo Darién, Senckenberg World of Biodiversity y Grupo para la Educación y Manejo Ambiental Sostenible. 32 p.

Batista, A., Miranda, D. y Valdés, S. (2020). Anfibios y reptiles, Reserva Natural Privada Las Oropéndolas y Estación Biológica Jujuná. *Los Naturalistas*, Panamá. 72 p.

Cabanzo-Olarte, L. C., Ramírez-Pinilla, M. P., y Serrano-Cardozo, V. H. (2013). Oviposition, site preference, and evaluation of male clutch attendance in *Espadarana andina* (Anura: Centrolenidae). *Journal of Herpetology*, 47(2), 314-320. <https://doi.org/10.1670/11-266>

Carvajal-Castro, J. D., López-Aguirre, Y., Ospina-L, A. M., Santos, J. C., Rojas, B., y Vargas-Salinas, F. (2020). Much more than a clasp: evolutionary patterns of amplexus diversity in anurans. *Biological Journal of the Linnean Society*, 129(3), 652-663.
<https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa009>

Cossel J. O., Jr. y B. Kubicki, (2017). *Field guide to the frogs and toads of Costa Rica*. BookBaby. New Jersey. United States.

Dautel, N., Maldonado, A. L. S., Abuza, R., Imba, H., Griffin, K., y Guayasamin, J. M. (2011). Advertisement and combat calls of the glass frog *Centrolene lynchi* (Anura: Centrolenidae), with notes on combat and reproductive behaviors. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 10(1), 31-43.
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v10i1p31-43>

De Noronha, J. D. C., y Rodrigues, D. D. J. (2018). Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium cappellei* (Anura: Centrolenidae) in the Southern Amazon. *Journal of Natural History*, 52(3-4), 207-224. <https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1414324>

Delia, J., Bravo-Valencia, L. y Warkentin, K. M. (2017). Patterns of parental care in Neotropical glassfrogs: fieldwork alters hypotheses of sex- role evolution. *Journal of Evolutionary Biology* 30(5): 898–914. <https://doi.org/10.1111/jeb.13059>

Díaz-Ricaurte, J. C., Guevara-Molina, E. C., y Serrano, F. (2019). Oviposition site preference and reproductive ecology of *Teratohyla midas* (Anura: Centrolenidae) in the Colombian Amazon. *Journal of Natural History*, 53(29-30), 1811-1822.
<https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1668490>

Duellman, W. E., y L. Trueb. (1994). *Biology of Amphibians*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London.

Elizondo, L. (2017). Descripción preliminar de la composición Herpetofaunística en localidades panameñas impactadas por quitridiomycosis. *Tecnociencia*, 19(2), 5-31.

Flores, E. E., Vásquez, L., González, M., Rodríguez, K., y De La Cruz, J. (2013). Herpetofauna de Muelas e Isleta Mediante Participación Comunitaria, Parque Nacional Santa Fe, Provincia de Veraguas, Panamá. *Mesoamericana*, 17(2), 49-59.

Frost, D. R. (2024). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.1 [accessed 20 Jun 2024] Electronic Database accessible at American Museum of Natural History, New York. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>.

Gentry, A. K. (1996). *A field guide to the families and genera of woodyplants of Northwest*

South America (Colombia, Ecuador, and Peru). Chicago, University of Chicago Press.

Guayasamin, J. M., Castroviejo-Fisher S., Trueb, L., Ayarzagüena, J., Rada, M. y Vilà, C. (2008). Phylogenetic relationships of glassfrogs (Centrolenidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48, 574–595. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.04.012>

Guayasamin, J. M., Castroviejo-Fisher, S., Trueb, L., Ayarzagüena, J., Rada, M. y Vilà, C. (2009). Phylogenetic systematics of glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. *Zootaxa* 2100, 1–97. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2100.1.1>

Guayasamin, J. M., Cisneros-Heredia, D. F., McDiarmid, R. W., Peña, O. y Hutter, C. R. (2020). Glassfrogs of Ecuador: diversity, evolution and conservation. *Diversity* 12(6): e222. <https://doi.org/10.3390/d12060222>

HerpetoNica. (2015). Guía ilustrada de los anfibios y reptiles de Nicaragua. Managua, Nicaragua: Grupo Herpetológico de Nicaragua, MARENA.

Hoffmann, H. (2010). The glass frogs tadpoles of Costa Rica (Anura: Centrolenidae): A study of morphology. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*. 567, 1-78. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.2011.00645.x>

Ibáñez, R., Arosemena, F. A., Solís, F. A. y Jaramillo, C. A. (1994). Anfibios y reptiles de la Serranía Piedras-Pacora, Parque Nacional Chagres. *Scientia* 9, 17–31.

Ibáñez, R.D., Jaramillo, C., Solís, F.A., y F.E. Jaramillo. (1996). Inventario de anfibios y reptiles: Fase inicial para la conservación de estas especies en el Parque Nacional Altos de Campana. Informe Final, Fundación Natura. <https://doi.org/10.5479/10088/31959>.

Jiménez-Montero, R. (2021). Composición y estructura de anuros en el Parque Nacional La Cangreja, cantón de Puriscal (San José, Costa Rica). *Biocenosis*, 32(2), 59-64. DOI: <https://doi.org/10.22458/rb.v32i2.3912>

Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton: Offenbach, Germany p. 380.

Kubicki, B. (2007). *Ranas de vidrio de Costa Rica / Glass frogs of Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 312 p.

Kubicki, B. (2008). Amphibian diversity in Guayacán, Limón province, Costa Rica. *Brenesia*, 69, 35-42.

Leenders, T. (2016). *Amphibians of Costa Rica: a field guide*. Cornell University Press.

Lotzkat, S., Wehrenberg, G., Haas, M., y Köhler, G. (2021). Amphibians (Amphibia, Anura and Caudata) and reptiles (Reptilia, Squamata) from the headwaters of Río Guázaro on the Caribbean versant of Veraguas province, western Panama. *Check List*, 17(6), 1541-1556.

McDiarmid, R. W., y Savage, J. M. (2005). The herpetofauna of the Rincón area, Península de Osa, a Central American lowland evergreen forest site. Pp. 366–427. In: *Ecology and Evolution in the Tropics: A Herpetological Perspective*. Donnelly, M.A., B.I. Crother, C. Guyer, M.H. Wake, y White, M. E. (Eds.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.

Ocaña Díaz, E. R., Suárez-Domínguez, E. A., López Mendoza, N., Vivanco Montané, O. R. y Bello-Sánchez, E. A. (2020). Nuevos registros de puestas de huevos de la ranita de cristal norteña *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3(2), 133-138.

Ortega-Andrade, H. M., Bermingham, J., Aulestia, C., y Paucar, C. (2010). Herpetofauna of the Bilsa Biological Station, province of Esmeraldas, Ecuador. *Check List*, 6(1), 119-154.

Pino, A., y Espinosa, J. (2001). Datos meteorológicos en la Cuenca del Canal de Panamá durante el siglo XIX y su aplicabilidad a la variabilidad climática y al cambio climático.



Tecnociencia, 3(2), 21-38.

Puschendorf, R., Kubicki, B., Ryan, M. J. y Vaughan, C. (2004). *Cochranella albomaculata* (NCN). Reproduction. *Herpetological Review* 35(1), 52-53.

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

Savage, J. M. (2002). *The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas*. University of Chicago press.

Sleumer, H.O. (1980). *Flacourtiaceae*. *Flora Neotropica Monograph* 22. New York, The New York Botanical Garden.

Sosa, Á., y Guerrel, J. (2013). Riqueza, diversidad y abundancia de anfibios en el bosque nuboso de Cerro Azul, sector Alto Chagres, Parque Nacional Chagres, Panamá. *Tecnociencia*, 15(1), 57-75.

Sosa-Bartuano, Á. (2017). Herpetofauna de la reserva hídrica Cerro Turega, Cordillera Central de Panamá. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 6(2), 99-113.

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

Taboada, C., Delia, J., Chen, M., Ma, C., Peng, X., Zhu, X., Jiang, L., Vu, T., Zhou, Q., Yao, J., O'Connell, L. y Johnsen, S. (2022). Glassfrogs conceal blood in their liver to maintain transparency. *Science*, 378(6626), 1315–1320. <https://doi.org/10.1126/science.abl6620>

Valencia-Aguilar, A., Castro-Herrera, F., y Ramírez-Pinilla, M. P. (2012). Microhabitats for oviposition and male clutch attendance in *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura: Centrolenidae). *Copeia*, 2012(4), 722-731. <https://doi.org/10.1643/CE-11-173>

Vallejos, J. G., y Ramirez-Soto, K. (2020). Causes of embryonic mortality in *Espadarana prosoblepon* (Anura: Centrolenidae) from Costa Rica. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 19(1), 83-92. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v19i1p83-92>

Vockenhuber, E. A., Hödl, W., y Karpfen, U. (2008). Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (Anura: Centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). *Stapfia*, 88, 335-348.



Phenotypic effects on male risk-taking behavior in *Leptuca beebei* from field experiments at Playa El Agallito, Chitre, Panama

Efecto fenotípico en la toma de riesgos por *Leptuca beebei* en experimentos
de campo en Playa El Agallito, Chitré, Panamá

Roberto Carlos Lombardo González

<https://orcid.org/0000-0002-0279-8621>

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas (CRUV), Calle 10ma, Santiago de Veraguas, Panamá. Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad (CCIMBIO). Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT Ciudad del Saber, Clayton, edificio 205, Panamá

Autor correspondiente: roberto.lombardo@up.ac.pa

Enviado el 27 de agosto de 2024.

Aceptado el 4 de noviembre de 2024.

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i2.806>

Abstract

Risk-taking behavior in *Leptuca beebei* was studied through field experiments conducted at Playa El Agallito, Chitré, Panama. This study aimed to determine whether larger males or those with pillar structures take greater risks when courting females and whether female size affects male risk-taking behavior. Females exhibiting mate-searching behavior were tethered 30 cm in front of randomly selected courting males, both with and without pillars. Male behavior was observed using binoculars, recording the maximum distance traveled from their burrow and whether they intercepted the female. Results indicate that male size and pillar presence did not significantly affect the distance traveled or the likelihood of intercepting the tethered female. Males traveled an average of 18.81 cm from their burrows, but this distance was not influenced by female size. Instead, males' risk-taking behavior may have been influenced by factors such as predation risk and potential burrow loss, rather than female size. The findings suggest that the dangers of leaving their burrows outweigh the benefits of courting distant or larger females.

Keywords

Burrow, carapace width, fiddler crab, predation, risk

Resumen

Se estudió el comportamiento asociado a la toma de riesgos en *Leptuca beebei* mediante experimentos de campo en Playa El Agallito, Chitré, Panamá. El objetivo fue determinar si los machos más grandes o aquellos con estructuras de pilar asumen mayores riesgos al cortejar hembras, y si el tamaño de las hembras influye en este comportamiento. Hembras en búsqueda de pareja fueron capturadas y ancladas a 30 cm de machos en cortejo, seleccionados al azar con y sin pilares. El comportamiento de los machos fue observado con binoculares, registrando la distancia máxima recorrida desde su madriguera y si interceptaron o no a la hembra. Los resultados indican que ni la talla del macho ni la presencia de pilares afectaron la distancia recorrida ni la probabilidad de interceptar a la hembra. Los machos recorrieron un promedio de 18.81 cm desde sus madrigueras, sin que el tamaño de la hembra tuviera influencia. La distancia recorrida por los machos parece estar más influenciada por el riesgo de depredación y la posible pérdida de la madriguera por robo, que por el tamaño de la hembra. Estos resultados sugieren que los peligros de abandonar la madriguera superan los beneficios de cortejar hembras distantes, independientemente de su tamaño.

Palabras clave

Ancho de caparazón, cangrejo violinista, depredación, madriguera, riesgo

Introduction

Leptuca beebei (Crane, 1941) is considered a small fiddler crab species (~10 mm carapace width), inhabiting from El Salvador to northern Peru. Its carapace typically displays a blend of muted green, blue, and brown hues, and the major claw is often white, with a dark purple patch at the base of the pollex (Crane, 1975). During each semilunar cycle, approximately every 15 days before spring tides, females alternate between mating on the surface (outside their burrow) and inside male burrows (Christy, 1987, 1988a; Christy & Schober, 1994). Surface matings might be costly for females, as the increased time spent on the surface attending to courtship and evaluating male burrows increases the risk of predation (Crane, 1975; Koga et al., 1998, 2001). In contrast, the reproductive costs for males primarily involve predation risk due to their high detectability resulting from typical courtship movements and/or the color of their major claw (How et al., 2009; Murai & Backwell, 2005; Pope, 2005). This asymmetry in detectability has been demonstrated in *L. beebei* and one of its predators, *Quiscalus mexicanus*, a common bird species in Panama. The large claw and lighter colors of male fiddler crabs make them more visible than cryptic females. This



visibility allows birds to track males much more effectively than females (Koga et al., 2001). When a male fiddler crab detects a wandering female (mate-searching), it typically moves from its burrow towards the female, waving the major claw in a courtship display, and then attempts to guide her back to his burrow (Christy et al., 2002). In *L. beebei*, males move varying maximum distances (~20-40 cm) toward females. By leaving their burrow to court females, males face two key risks: losing their burrow to theft and increased predation risk (Christy et al., 2002; Koga et al., 1998, 2001; Ribeiro et al., 2019). This scenario raises questions about how males respond to risks associated with reproduction. A practical approach is to examine the distance males travel from their burrows to court females. As males venture farther from their burrows, the time to return increases, along with the associated risks (Heatwole et al., 2018; Ribeiro et al., 2019). Males generally stay near their burrows during surface activities to minimize such risks, making distance traveled an important indicator of risk-taking behavior (Heatwole et al., 2018).

Males build pillars (~15 mm high; figure 1A–D) during courtship, at the entrance of their burrows (Christy, 1987, 1988a; Crane, 1975). These structures serve as reference points, aiding males in locating their burrows after moving away to court a female (Christy et al., 2002; Ribeiro et al., 2006). This could enable males that build pillars to venture farther from their burrows to approach females compared to those without pillars (Christy et al., 2002; Heatwole et al., 2018; Ribeiro et al., 2019). This scenario poses questions such as: Are larger males takers of higher risks? Do pillar-building fiddler crabs risk venturing farther from their burrows compared to those without pillars? Male risk-taking behavior may also be influenced by female size, as larger females produce more eggs, potentially motivating males to take greater risks to gain reproductive advantages (Ens et al., 1993; Gruber et al., 2019; Heatwole et al., 2018). There is evidence males increase their courtship efforts when the potential reproductive benefits are higher (Reaney & Backwell, 2007). Since courtship and sexual selection are costly for males, they are expected to optimize the balance between costs and benefits based on the perceived value of females or expectations for future reproductive events (Heatwole et al., 2018; Reaney & Backwell, 2007). Thus, the aim

of this study was to test male risk-taking behavior as indicated by their positioning relative to their burrow and potential female mates under natural conditions.

Materials and Methods

Study site

The study was conducted in an unvegetated intertidal mudflat in “El Agallito” beach (17 P 565802.87 m E 884594.94 m N), Chitré, Pacific coast of Panama. The study area is a stretch of intertidal mudflat formed by silt deposits from the Parita and La Villa rivers. It features a tropical savanna climate (Aw) according to the Köppen’s climate classification (Beck et al., 2018). Temperatures range from 24°C to 30°C, with minimal seasonal variation. The rainy season is from May to November, characterized by heavy precipitation, especially in October (1,500 to 2,500 mm), while the dry season is from December to April (Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, 2024).

During low tide, the surface is exposed for at least 2 km, attracting birds that almost exclusively feed on fiddler crabs. Some of the common potential predators include: Grackles (*Quiscalus mexicanus*; figure 1E), Whimbrel (*Numenius phaeopus*), Willet (*Catotrophorus semipalmatus*), Ruddy turnstone (*Arenaria interpres*), Black-bellied plover (*Pluvialis squatarola*), White ibis (*Eudocimus albus*; figure 1F), Wilson’s plover (*Charadrius wilsonia*), and Semi-palmated plover (*C. semipalmatus*) (Backwell et al., 1998).

Tethered female protocol

Data was collected in three field trips to El Agallito in May 26th, June 22nd and July 6th 2024, during diurnal low tides. Females displaying mate-searching behavior (wandering and having entered the burrow of at least one courting male) were captured by hand, and their carapace width (CW) was measured with a Vernier caliper (0.01 mm). Females were secured to a metal nail (~8 cm length) by glueing (Loctite, ethyl cyanoacrylate) a cotton thread to her carapace (figure 1G) and tying it to the nail as a 5-cm tether. We then randomly located courting males (actively waving), alternating between those with and without a pillar.

Nails were pushed into the substrate, positioning tethered females 30 cm in front of the



focal male's burrow entrance. To minimize interference, we carefully identified neighboring burrows and sealed them with cotton within a 30 cm radius. To observe *L. beebei* male behavior, we used binoculars (Bushnell 10×42 mm) at a minimum distance of three meters. The observer presence prevented birds from preying on tethered females during the study. Trials began after the focal male emerged, giving each one five minutes to respond to female presence. During this period, we recorded the maximum distance males traveled from their burrow to the female using a tape measure. This distance was marked with a stick, measuring from the front edge of the burrow. We noted whether the male successfully intercepted the female or not, the elapsed time and general behavior as well. After each trial, we captured the male to measure the width of his carapace, as well as the length of the major claw (ChL). This process was repeated for each male-female combination, ensuring consistent experimental conditions across all trials. Males and females were used only once, and after the trials, all individuals were released. Males were released into temporary burrows, while the threads attached to the females' carapaces were removed, allowing them to resume mate-searching; sealed burrows were also reopened.

Data analysis

For the statistical analysis, the distance traveled by males (response) was compared using a general linear model in RStudio (vers. 2023.6.0.421) with pillar as a categorical factor and the sizes of both males and females and time to maximum distance from the burrow as covariates (predictors). The dependent variable of distance was transformed by squaring to ensure the resulting residuals from the model were normally distributed (Anderson-Darling test). Chi-square tests were employed to compare proportions, and two-sample t-tests were used to compare the sizes of males that did or did not reach the female during the trial. The Mann-Whitney W test was used to compare the carapace widths between intercepted and non-intercepted females.

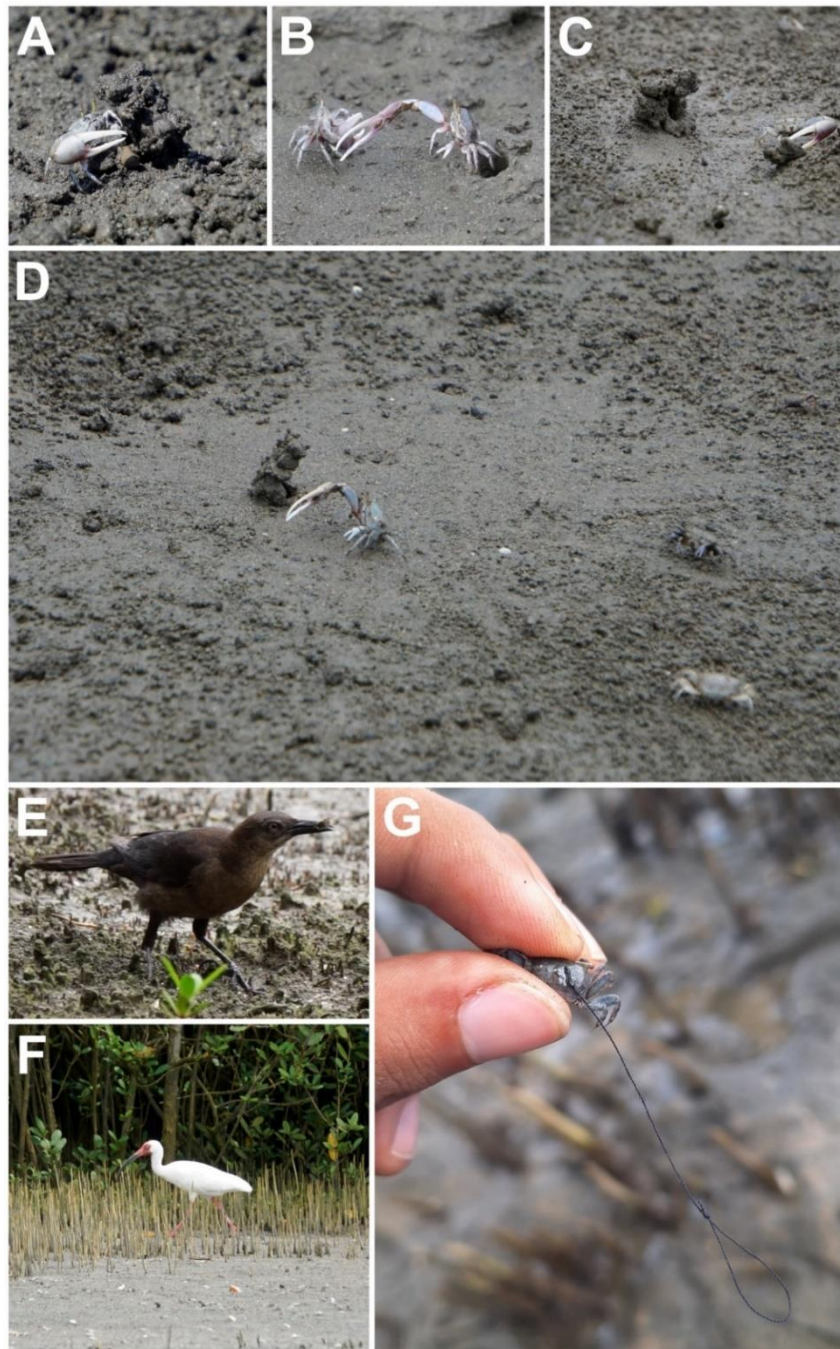


Figure 1.
Leptuca beebei and common avian predators from El Agallito, Chitré, Panama. A. Male at burrow entrance with pillar. B. Male without pillar defending burrow from intruder. C. Hood-like pillar. D. Male with columellar pillar during courtship and two approaching females (lower right). E. Thread fixture on female carapace for tethering. F-G. Female grackle (*Quiscalus mexicanus*) preying on a male *L. beebei* and White ibis (*Eudocimus albus*)

Results

Although focal individuals were randomly selected, male (10.38 ± 1.32 mm) and female (10.97 ± 0.97 mm) *L. beebei* were similar in carapace width ($t = -1.62$, d.f. = 22, $P = 0.12$). All males involved in the trials displayed courting behavior towards the tethered females, characterized by major claw waving upon spotting the female. Courted females reacted to waving by tightening the tether orienting their body towards the male burrow. On average, males traveled 18.81 ± 8.73 cm SD ($n = 37$) from their burrows while courting a tethered female within the five-minute observation period; this is roughly, 18.12 times the average male CW. Although the assumptions were fulfilled (figure 2A–C), the general linear model found poor fit ($R^2 = 0.158$, $F_{(2-34)} = 3.19$, $P = 0.054$) with significant contributions of male CW and ChL to maximum distance (figure 2D,E). For each millimeter increase in male CW, the distance increased 4.2 carapace widths, while for ChL the relationship was negative (table 1). Female CW had no effect on maximum distance (figure 2F), while male pillar presence-absence and time did not contribute to the model fit.

Table 1. Regression parameters for distance variable as response in *Leptuca beebei* from the Parita Gulf, Panama, Pacific. Carapace width (CW), Chela length (ChL), standard error (SE) and degrees for freedom (DF).

Source	Coef	SE Coef	t	DF	F	P
Constant	-42	115	-0.36			0.718
Regression				2	3.19	0.054
Male CW	43.50	17.20	2.53	1	6.38	0.016
Male ChL	-11.65	5.61	-2.08	1	4.32	0.045
Error				34		
Total				36		

Of the 37 females, 26 were not intercepted, while 11 were reached by the males; the difference between these proportions was significant ($\chi^2 = 6.08$, d.f. = 1, $P = 0.014$). There was no significant difference in the approach time between males that intercepted (183.41 ± 131.91 sec.) the females and those that did not (92.40 ± 113.91 sec.) cover the full 30 cm distance ($W = 438$, $P = 0.065$).

Non-intercepted (10.88 ± 1.05 mm) and intercepted females (11.10 ± 0.99 mm) were not different in CW ($W = 492.00$, $p = 0.960$). No significant difference was observed in the size of males that did (10.71 ± 1.24 mm) or did not (10.25 ± 1.36 mm) approach the female to the 30 cm mark ($t = -0.97$, d.f. = 35, $P = 0.337$). Within the group of males that intercepted the female, the proportion of those that built pillars was consistent with those that did not (pillar: 3, no pillar: 8; $\chi^2 = 2.27$, d.f. = 1, $P = 0.132$).

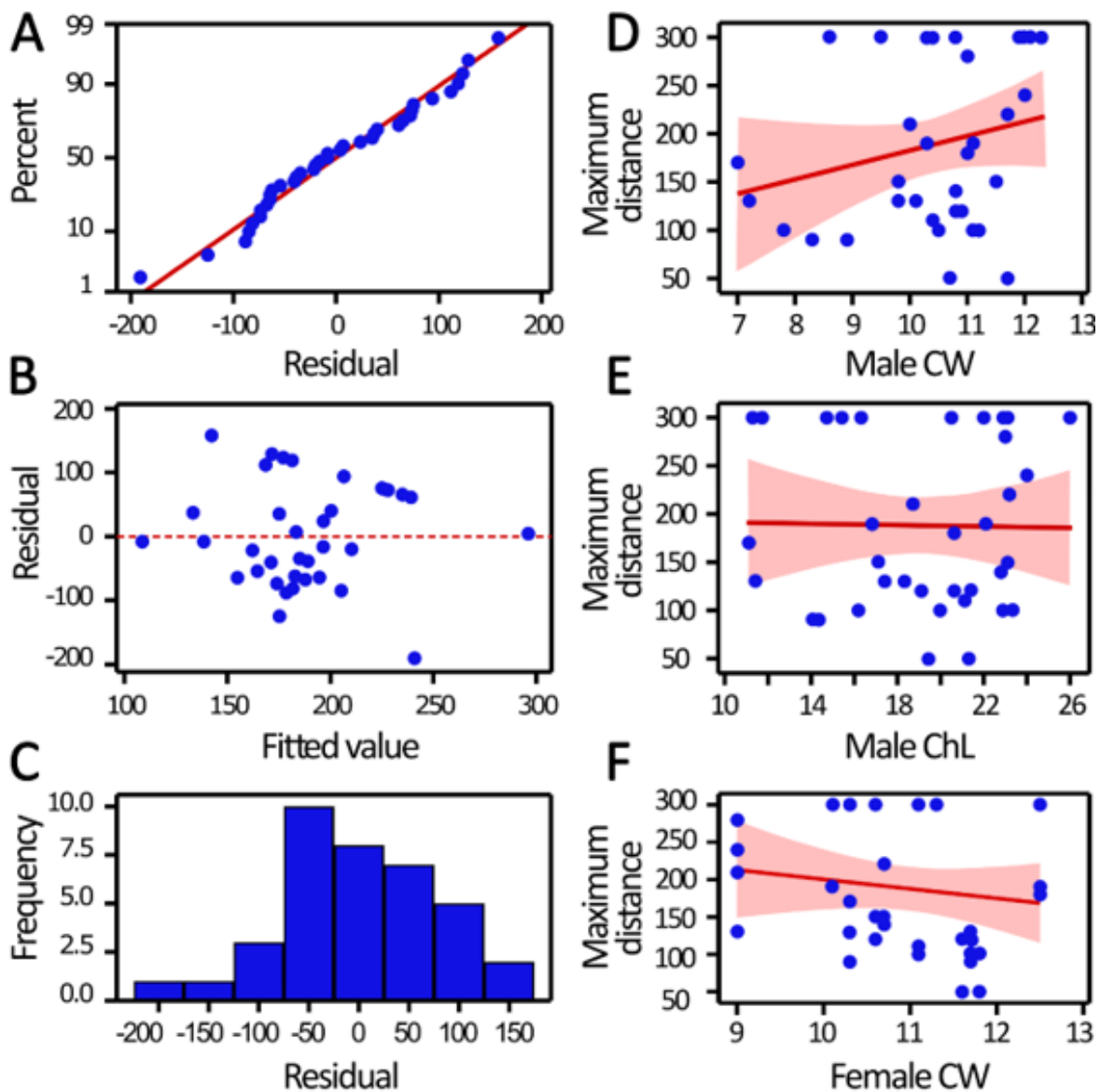


Figure 2. Confirmation of model assumptions (A–C) and response-predictor relationships (D–F) of interest for *Leptuca beebei* in El Agallito, Chitré, Panama.

The distance pillar-builders moved away from the burrows was not significantly different from that of non-builders ($161.00 \text{ mm} \pm 88.3 \text{ mm}$ vs. $186.30 \pm 88.6 \text{ mm}$; $t = -0.96$, d.f. = 43, $P = 0.344$). The CW between males with ($6.46 \pm 0.87 \text{ mm}$) and without pillars ($5.91 \pm 0.94 \text{ mm}$) was not significantly different ($t = 1.83$, d.f. = 35, $P = 0.075$). Nonetheless, male CW and ChL were correlated ($R^2 = 0.64$, $F_{(1-35)} = 60.91$, $P < 0.001$), and the ChL of males that built pillars was longer ($20.22 \pm 3.67 \text{ mm}$ vs. $17.76 \pm 3.86 \text{ mm}$; $t = 2.18$, d.f. = 43, $P = 0.035$).

Discussion

In contrast to studies where larger females attract greater risk-taking behaviors from males, our results show no significant relationship between female size and the risk males were willing to take. This finding was consistent regardless of the presence of a pillar, suggesting that male *L. beebei* may prioritize other factors over female size when assessing risk. If the fitness advantages of risk-taking differ across contexts (e.g., distance from the burrow), it is expected that evolutionary forces would shape behavior to enhance fitness by adaptively modulating risk-taking behavior (Coleman & Wilson, 1998; Gruber et al., 2019; Koga et al., 1998). This phenomenon has been reported in *L. beebei* where predator presence affected the number of waving males and pillar construction as well as the number of wandering females that approached courting males (Koga et al., 1998). In this regard, Heatwole et al. (2018) reported that *L. terpsichores* males took greater risks to court larger females by going further from their burrow. However, in the present study this relationship was absent, suggesting male *L. beebei* might be constrained by high risk of predation or burrow loss associated with moving far from the entrance, which limits their willingness to take risks based solely on female size. Distance from the burrow therefore played a critical role, potentially overshadowing female size. All males advanced and waved at the tethered females, indicating that their hesitation to leave their burrow should not be interpreted as choosiness or fitness loss. This means all tethered females were considered potential mates and would likely have approached the courting males if they had not been tethered. Furthermore, one could argue that larger males, being more likely to mate, would take

higher risks (Callander et al., 2012; Christy, 1988b). Yet, in our experiments there was no difference between male size and the distance travelled to court a female.

Independence between male size, age and risk-taking has been also reported in other fiddler crab species such as *Leptuca pugilator*, *L. terpsichores* and *Austruca mjoebergi* (Callander et al., 2012; Heatwole et al., 2018; Pratt et al., 2005; Reaney & Backwell, 2007). In our trials, the proportion of males that did not reach the female was higher than those that did and attempted to guide her back to the burrow. This suggests that reproductive costs for males might be particularly high as distance from the burrow increases. Crabs caught far from their burrow almost certainly end up being eaten by birds (Backwell et al., 1998; Lombardo González, 2023). As a result, males may be hesitant to venture too far from their burrows. In this study, *Leptuca beebei* males typically stayed within an average distance of 18.81 cm from their burrows. Similarly, courting *Leptuca terpsichores* remained within 15 cm of their burrow entrance when females were nearby (Christy et al., 2002) and within 17 cm when presented with tethered females under natural conditions (Heatwole et al., 2018). Crabs assess and modulate risk based on their position relative to their burrow (Hemmi & Zeil, 2003; Zeil & Hemmi, 2006). Similarities in the response of *L. beebei*, *L. terpsichores*, and *G. vomeris* suggest that risk assessment might be similar across species. This may explain why individual size and pillars had no effect, since all females were positioned at the same distance; twice the average distance from the burrow entrance. The observed behavior of male *L. beebei* implies they are constantly aware of their position and can navigate directly back to the burrow (Murakami et al., 2017; Zeil & Hemmi, 2006).

In our experiment, the reaction of focal *L. beebei* males to nearby males was always strong, drastically reducing the distance to their burrow along with major claw and merus displays; two territorial signals (Crane, 1966, 1975). This scenario suggests the cost of burrow loss places strain on reproductive behavior. In this context, burrow theft and interference by other males during courtship may increase with population density (Zucker, 1984). In fact, risk-taking has been found to be dependent on density and predation risk in the milky fiddler crab, *Austruca lactea* (Takeshita & Murai, 2019; Takeshita & Nishiumi, 2022).



Although density and predation are factors beyond the scope of our study, they seem to have important effects strengthening or relaxing selection forces across various species of fiddler crabs, explaining why males are generally reluctant to leave their burrows to court distant females.

Forty-seven species of fiddler crab are known to construct ornamental structures outside their burrow entrance that fulfill different functions (Pardo et al., 2020). The construction of hoods or pillars by males is an important sexually selected trait that can influence female mate choice in various species such as *L. beebei* (Backwell et al., 1995; Christy, 1988b), *L. terpsichores* (Christy et al., 2002), *A. lactea* (Zhu et al., 2012) and *Leptuca leptodactyla* (Rodrigues et al., 2016). Furthermore, Ribeiro et al. (2006) showed that crabs that had built hoods next to their burrows relocated their entrance faster and effectively compared to those without. Thus, it could be hypothesized that pillars would enable males to take higher risks by moving farther away from their burrow to court females (Heatwole et al., 2018; Ribeiro et al., 2006). However, while pillar building is influenced by male body condition (Backwell et al., 1995), and the chela of pillar builders in our study was longer than that of non-builders, we found no evidence that pillar builders took greater risks by moving farther away. This lack of increased risk-taking behavior is consistent with the pattern observed in *L. terpsichores* (Heatwole et al., 2018; Kim & Christy, 2015) and yet an indication of the consistent effect of risk assessment through distance from the burrow, regardless of individual size. Crabs navigate their environment using both visual and non-visual mechanisms (Layne et al., 2003; Zeil & Hemmi, 2006). Non-visual path integration errors, which can occur when crabs become disoriented during combat or courtship, may lead to failures in burrow relocation (Layne et al., 2003; Zeil & Hemmi, 2006). Pillars can aid in relocation when disorientation results in position offsets greater than 20 cm (Ribeiro et al., 2006). However, in our study, males traveled an average of 18.81 cm when presented with tethered females, suggesting that if any non-visual orientation errors occurred, they were likely minimal within this range. As a result, the advantage pillars might offer for burrow entrance relocation is unlikely to embolden males to take higher risks within the 20 to 30



cm range (Heatwole et al., 2018; Ribeiro et al., 2006). Although our methods did not test female choice, it could play a larger role in male behavior than previously assumed (Kim & Christy, 2015). If females ultimately select mates based on traits other than risk-taking (e.g., the presence of a pillar, territory or other courtship displays), it might explain why male size and female size did not correlate with risk-taking behavior.

Conclusions

- Risk-taking in *L. beebei*, within the reproductive context, is not influenced by male size or pillar presence. Instead, reproductive costs associated with burrow theft and predation risk significantly influence male risk-taking, as evidenced by their reluctance to leave their burrows to court distant females.
- In our trials male *L. beebei* showed they can take risks while venturing to meet tethered females. However, it was not possible to determine if such risk was taken to court larger females differentially.
- *Leptuca beebei* males may perceive the dangers of leaving their burrows as outweighing the benefits of courting larger distant females. This indicates that their risk assessment is influenced more by factors like predation risk and potential burrow loss rather than female size, especially since wandering females appear to be similar in size. Thus, males' risk-taking behavior seems to be driven more by ecological and reproductive costs than by the size of females available for courting.

Acknowledgements

We are grateful to Ana Herrera, Tatiana Aguilar, Elvis Tejada, Maridalia Mojica and José Chang for field assistance and image from figure 1G. We also thank the anonymous reviewers for their suggestions for improving earlier versions of the manuscript.

References

- Backwell, P. R. Y., Jennions, M. D., Christy, J. H., & Schober, U. (1995). Pillar building in the fiddler crab *Uca beebei*: evidence for a condition-dependent ornament. *Behavioral Ecology*



- and *Sociobiology*, 36(3), 185–192. <https://doi.org/10.1007/BF00177795/METRICS>
- Backwell, P. R. Y., O'Hara, P. D., & Christy, J. H. (1998). Prey availability and selective foraging in shorebirds. *Animal Behaviour*, 55(6), 1659–1667. <https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0713>
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5, 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Callander, S., Jennions, M. D., & Backwell, P. R. Y. (2012). The effect of claw size and wave rate on female choice in a fiddler crab. *Journal of Ethology*, 30(1), 151–155. <https://doi.org/10.1007/S10164-011-0309-6/METRICS>
- Christy, J. H. (1987). Female choice and the breeding behavior of the fiddler crab *Uca beebei*. *Journal of Crustacean Biology*, 7(4), 624–635. <https://doi.org/10.1163/193724087X00397>
- Christy, J. H. (1988a). Pillar function in the Fiddler Crab *Uca beebei* (I): Effects on male spacing and aggression. *Ethology*, 78(1), 53–71. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1988.tb00219.x>
- Christy, J. H. (1988b). Pillar Function in the Fiddler Crab *Uca beebei* (II): Competitive Courtship Signaling. *Ethology*, 78(2), 113–128. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0310.1988.TB00223.X>
- Christy, J. H., Backwell, P. R. Y., Goshima, S., & Kreuter, T. (2002). Sexual selection for structure building by courting male fiddler crabs: an experimental study of behavioral mechanisms. *Behavioral Ecology*, 13(3), 366–374. <https://doi.org/10.1093/beheco/13.3.366>
- Christy, J. H., & Schober, U. M. (1994). A test for resource-defense mating in the fiddler crab *Uca beebei*. *Animal Behaviour*, 48(1), 795–802. <https://doi.org/10.1006/anbe.1994.1303>
- Coleman, K., & Wilson, D. S. (1998). Shyness and boldness in pumpkinseed sunfish: individual differences are context-specific. *Animal Behaviour*, 56(4), 927–936. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0852>
- Crane, J. (1941). Eastern Pacific expeditions of the New York Zoological Society. XXVI. Crabs of the genus *Uca* from the west coast of Central America. *Zoologica Scientific Contributions of the New York Zoological Society*, 26, 145–208.
- Crane, J. (1966). Combat, display and ritualization in Fiddler Crabs (Ocypodidae, genus *Uca*). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 251(772), 459–472. <https://doi.org/10.1098/rstb.1966.0035>
- Crane, J. (1975). Fiddler crabs of the world: Ocypodidae: Genus *Uca*. In *Fiddler Crabs of the World: Ocypodidae: Genus Uca* (1st ed.). Princeton University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/9781400867936>
- Ens, B. J., Klaassen, M., & Zwarts, L. (1993). Flocking and feeding in the fiddler crab (*Uca tangeri*): Prey availability as risk-taking behaviour. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31(4), 477–494. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(93\)90060-6](https://doi.org/10.1016/0077-7579(93)90060-6)
- Gruber, J., Kahn, A., & Backwell, P. R. Y. (2019). Risks and rewards: balancing costs and benefits of predator avoidance in a fiddler crab. *Animal Behaviour*, 158, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2019.09.014>



Heatwole, S. J., Christy, J. H., & Backwell, P. R. Y. (2018). Taking a risk: how far will male fiddler crabs go? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 72, 82. <https://doi.org/10.1007/s00265-018-2500-z>

Hemmi, J. M., & Zeil, J. (2003). Burrow surveillance in fiddler crabs I. Description of behaviour. *Journal of Experimental Biology*, 206(22), 3935–3950. <https://doi.org/10.1242/JEB.00632>

How, M. J., Zeil, J., & Hemmi, J. M. (2009). Variability of a dynamic visual signal: The fiddler crab claw-waving display. *Journal of Comparative Physiology A*, 195(1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/S00359-008-0382-7/METRICS>

Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. (2024, July 31). *Clasificación Climática*. IMHPA. <https://www.imhpa.gob.pa/es/clasificacion-climatica>

Kim, T. W., & Christy, J. H. (2015). A mechanism for visual orientation may facilitate courtship in a fiddler crab. *Animal Behaviour*, 101, 61–66. <https://doi.org/10.1016/J.ANBEHAV.2014.12.007>

Koga, T., Backwell, P. R. Y., Christy, J. H., Murai, M., & Kasuya, E. (2001). Male-biased predation of a fiddler crab. *Animal Behaviour*, 62(2), 201–207. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003347201917403>

Koga, T., Backwell, P. R. Y., Jennions, M. D., & Christy, J. H. (1998). Elevated predation risk changes mating behaviour and courtship in a fiddler crab. *Proceedings of the Royal Society B*, 265(1404), 1385–1390. <https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0446>

Layne, J. E., Barnes, W. J. P., & Duncan, L. M. J. (2003). Mechanisms of homing in the fiddler crab *Uca rapax* 2. Information sources and frame of reference for a path integration system. *The Journal of Experimental Biology*, 206, 4425–4442. <https://doi.org/10.1242/JEB.00661>

Lombardo González, R. C. (2023). Predation of the fiddler crab, *Minuca osa* (Brachyura: Ocypodidae), by *Eudocimus albus* (Pelecaniformes: Threskiornithidae) from Ponuga, Veraguas, Panama. *Journal of Marine and Coastal Sciences*, 15(2), 2–17. <https://doi.org/10.15359/REVMAR.15-2.1>

Murai, M., & Backwell, P. R. Y. (2005). More signaling for earlier mating: Conspicuous male claw waving in the fiddler crab, *Uca perplexa*. *Animal Behaviour*, 70(5), 1093–1097. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.02.019>

Murakami, H., Tomaru, T., & Gunji, Y. P. (2017). Interaction between path integration and visual orientation during the homing run of fiddler crabs. *Royal Society Open Science*, 4(9). <https://doi.org/10.1098/RSOS.170954>

Pardo, J. C. F., Stefanelli-Silva, G., Christy, J. H., & Costa, T. M. (2020). Fiddler crabs and their above-ground sedimentary structures: a review. *Journal of Ethology*, 38(2), 137–154. <https://doi.org/10.1007/s10164-020-00647-1>

Pope, D. S. (2005). Waving in a crowd: fiddler crabs signal in networks. In P. McGregor (Ed.), *Animal Communication Networks* (pp. 252–276). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610363.016>

Pratt, A. E., McLain, D. K., & Berry, A. S. (2005). Variation in the boldness of courting sand fiddler crabs (*Uca pugilator*). *Ethology*, 111(1), 63–76. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0310.2004.01047.X>

Reaney, L. T., & Backwell, P. R. Y. (2007). Risk-taking behavior predicts aggression and



mating success in a fiddler crab. *Behavioral Ecology*, 18(3), 521–525.

<https://doi.org/10.1093/beheco/arm014>

Ribeiro, P. D., Christy, J. H., Rissanen, R. J., & Kim, T. W. (2006). Males are attracted by their own courtship signals. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61(1), 81–89.

<https://doi.org/10.1007/s00265-006-0238-5>

Ribeiro, P. D., Navarro, D. D., Jaureguy, L. M., Daleo, P., & Iribarne, O. O. (2019). Evaluating the potential impact of bird predation on the SW Atlantic fiddler crab *Leptuca uruguayensis*.

Helgoland Marine Research, 73(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S10152-019-0527-9/FIGURES/6>

Rodrigues, R. de O., Costa, T. M., & Barreto, R. E. (2016). Burrow ornamentation in the fiddler crab (*Uca leptodactyla*): female mate choice and male–male competition. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 49(5), 317–325.

<https://doi.org/10.1080/10236244.2016.1223784>

Takeshita, F., & Murai, M. (2019). Courtship interference by neighboring males potentially prevents pairing in fiddler crab *Austruca lactea*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 73(12), 1–9.

<https://doi.org/10.1007/S00265-019-2774-9/METRICS>

Takeshita, F., & Nishiumi, N. (2022). Social behaviors elevate predation risk in fiddler crabs: quantitative evidence from field observations. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 76(12).

<https://doi.org/10.1007/s00265-022-03268-5>

Zeil, J., & Hemmi, J. M. (2006). The visual ecology of fiddler crabs. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 192(1), 1–25.

<https://doi.org/10.1007/s00359-005-0048-7>

Zhu, Z., Won Kim, T., & Choe, J. C. (2012). Is female preference for large sexual ornaments due to a bias to escape predation risk? *BMC Evolutionary Biology*, 12(1).

<https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-33>

Zucker, N. (1984). Delayed courtship in the fiddler crab *Uca musica terpsichores*. *Animal Behaviour*, 32(3), 735–742. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(84\)80149-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(84)80149-9)



Notas sobre la anidación del búho Listado (*Asio clamator*) en el Cerro San Cristóbal, Chiriquí, Panamá

Notes on the nesting of the barred owl (*Asio clamator*) on Cerro San Cristóbal, Chiriquí, Panamá

Marcos Ponce ¹

<https://orcid.org/0000-0002-6850-178X>

Edgar González ^{1,2}

¹Bioconsultant, David, Provincia de Chiriquí, Panamá

²Escuela de biología de la Universidad Autónoma de Chiriquí, Ciudad Universitaria El Cabrero David, Chiriquí, 427, Panamá

Autor correspondiente: marcosponce27@gmail.com

Enviado el 30 de agosto de 2024.

Aceptado el 30 de noviembre de 2024.

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i2.807>

Resumen

El búho listado (*Asio clamator*), se encuentra ampliamente distribuido en el neotrópico y se puede encontrar en distintos hábitats. De esta manera, este trabajo ofrece información sobre la anidación, comportamiento defensivo del adulto y el desarrollo de los pichones a partir del registro de un nido en el Cerro San Cristóbal, Chiriquí, Panamá. La fabricación del nido fue rudimentaria: realizada sobre el suelo rodeado de gramíneas, de algunos arbustos, y su base cubierta por plumas y hojas. El adulto exhibía una actitud defensiva extendiendo sus alas; los pichones abandonaron el nido 22 días después de su registro.

Palabras clave

Anidación, comportamiento, hábitats, neotrópico

Abstract

The striped owl (*Asio clamator*) is widely distributed in the Neotropics and can be found in various habitats. This study provides information on nesting, adult defensive behavior, and chick development based on the observation of a nest in Cerro San Cristóbal, Chiriquí, Panama. The nest construction was rudimentary, built on the ground surrounded by grasses and some shrubs, with its base covered by feathers and leaves. The adult exhibited defensive behavior by spreading its wings; the chicks left the nest 22 days after being recorded.

Keywords

behavior, habitats, neotropics, nesting

Introducción

El búho listado (*Asio clamator*), está ampliamente distribuido a través del neotrópico, desde México hasta Argentina (Juncosa y Zárate, 2021). En Panamá esta especie se distribuye principalmente en las tierras bajas de la vertiente del Pacífico hasta 1050 m.s.n.m, desde Chiriquí hasta Darién (Ridgely y Gwynne, 1989). Esta especie tiene hábitos de caza crepuscular y nocturno, y se puede encontrar en distintos hábitats como bosques, pastizales y áreas inundables (Vargas et al., 2021; Tittarelli, 2009).

Los hábitats de anidación de las aves rapaces son variados, la mayoría de los halcones y búhos, no construyen sus propios nidos, en su lugar prefieren usar nidos de ramas, palos o cavidades construidas por otras especies de aves, mientras que otras, colocan sus huevos en el suelo en nidos protegidos por la vegetación o ubicados en agujeros (Vargas et al., 2021; Méndez, 2006). En el caso de *A. clamator* su nidificación es flexible ya que puede anidar en el suelo escondido entre la vegetación existente, en huecos naturales en el suelo e incluso en nidos abandonados de otras aves (Juncosa, 2021; Wetmore, 1968).

El periodo de nidificación de esta especie en Sudamérica se da en la transición de verano a otoño (Juncosa y Zárate, 2021), sin embargo, observaciones realizadas por Wetmore (1968) sugieren que en Panamá el periodo de cría se da a inicio de la temporada seca. La información sobre la ecología y la biología de esta especie es escasa (Tittarelli, 2009), por lo que esta nota tiene como objetivo aportar datos sobre la anidación y el desarrollo de los pichones de esta especie.

Materiales y Métodos

El 5 de enero de 2024 se ubicó un nido de búho listado en las laderas del Cerro San Cristóbal, David, Provincia de Chiriquí a 25 m.s.n.m. (300642.42 E, 929892.14 N) (figura 1). El nido estaba ubicado en un área privada que pertenece al proyecto urbanístico Brisas de San Cristóbal. Al ubicar el nido se tomó registro de la composición del hábitat donde se encontraron, estructura y características del nido; además, se estimó la edad de los pichones, para esto se tomó como referencia la metodología utilizada por (Martínez et al., 1996) donde describe las características morfológicas de los pichones según la edad que

tengan. También, se describió las características y el comportamiento del adulto que se encontraba en el nido.

Para registrar las observaciones se realizaron visitas periódicas dos veces por semana desde el día que se ubicó el nido hasta el momento que fue abandonado por los pichones y el adulto.



Figura 1. Ubicación exacta del lugar de anidación del búho listado de *Asio clamator*.

Resultados

El nido fue ubicado en un pastizal con árboles de chumico dispersos (*Curatella americana*) y nance (*Byrsonima crassifolia*); este se encontraba sobre el suelo cercano a la base de un árbol de chumico rodeado por gramíneas y algunos arbustos aproximadamente de 1 m de altura, la parte inferior del nido estaba compuesta por algunas plumas, paja y hojas de chumico (figura 2). En el nido se encontraron dos pichones y un individuo adulto. Cuando el observador se acercaba al nido el adulto tomaba una postura defensiva abriendo sus alas, moviéndose de lado a lado y abriendo el pico, mientras que los pichones se desplazaban de bajo las alas hacia la parte posterior del adulto.



Figura 2. Fabricación de nido y comportamiento de la especie. A) Nido fabricado sobre el suelo, B y C) Individuo adulto tomando una postura de defensa, D) Pichones protegiéndose detrás del individuo adulto.

Al momento, de encontrar el nido, los pichones presentaban la mayor parte de su cuerpo cubierto por plumas de un color salmón al igual que sus patas, en la zona facial presentaban plumón blanco, mientras que el disco facial estaba poco definido (figura 3).

El 27 de enero fue ubicado un solo pichón posado en la rama de un árbol a una altura de 4 m sobre el suelo; presentaba la cabeza, la zona ventral y las patas con una coloración amarillenta opaca; el disco facial lo tenía bien definido, con toda la zona externa a los ojos con toques negruzcos y la zona de las cejas y bigotes con plumas blancas más evidentes; además, las “orejas definidas” (figura 3). Desde el momento en que se localizó el nido hasta que fue abandonado por las crías transcurrieron 22 días. Cabe resaltar, que sólo uno de los pichones sobrevivió, hasta la última semana de registros.



Figura 3. Desarrollo de los Pichones. A) Pichón con dos o tres semanas de vida, con características de segunda etapa, B) Pichón de cinco semanas aproximadamente con características de tercera etapa posado en la rama de un árbol cercano al nido.

Discusión

El búho listado (*Asio clamator*) es un ave rapaz nocturna ampliamente distribuida, sin embargo, pese a su amplia distribución su conducta reproductiva es desconocida (Pautasso y De La Peña, 2001). En esta nota evidenciamos características sobre la anidación y periodo de cría de esta especie. El nido registrado concuerda con lo planteado por (Juncosa y Zárata, 2021; Thurber et al., 2020; Pautasso y De La Peña, 2001; Ridgely y Gwynne, 1993; Wetmore, 1968) que nos indica que esta especie normalmente no fabrica nidos tan elaborados: nidifica en plataformas en árboles, sobre el suelo, ocultos entre la vegetación e, incluso, en nidos abandonados de otras especies de aves.

El comportamiento exhibido por el individuo adulto a modo de defensa extendiendo sus alas y moviéndose de lado a lado ha sido descrito anteriormente por Riaño et al. (2017), y suele ser un comportamiento cuando se siente amenazado, Wetmore (1968) sugiere que esta especie inicia su periodo de cría entre los meses de diciembre y enero, lo que concuerda con las observaciones a inicios del mes de enero de 2024.

Se estima que los pichones tenían al menos dos semanas de nacidos, tomando en cuenta que esta especie tiene un periodo de incubación de entre 28 y 30 días (Juncosa y Zárata, 2021; Thurber et al., 2020). Por lo anterior, se calcula que la postura se realizó a inicios del mes de diciembre de 2023, al iniciar la temporada seca.



El búho listado cuenta con tres etapas de desarrollo desde que nace hasta que abandona el nido (Juncosa y Zárate, 2021; Martínez et al., 1996). Según las características observadas en los pichones al momento de encontrar el nido estos contaban con rasgos distintivos de la segunda etapa de vida según lo descrito por (Martínez et al., 1996). Por su parte, al momento en que se ubicó el pichón fuera del nido a los 22 días, se observaban con claridad las características de la tercera etapa (Martínez, et al., 1996). Desde el día que se localizó el nido hasta la fecha en que el pichón lo abandonó transcurrieron 22 días, teniendo en cuenta que los pichones tenían 2 o 3 semanas, podemos estimar que el tiempo de cría fue de 30-40 días aproximadamente lo que concuerda con lo propuesto por Petracci *et al.* (2018) y Riaño et al. (2017).

Cabe resaltar, que en Panamá los registros de anidación y periodo de cría para esta especie no están completamente descritos. Sin embargo, Wetmore (1968) hace referencia a un nido encontrado cerca de la Zona del Canal y algunos relatos anecdóticos de pichones observados en nidos.

En esta nota se describe de manera detalla y complementaria la forma de anidación del búho listado y del comportamiento reproductivo posterior a la postura y nacimiento de los pichones. También se detalla el comportamiento del individuo adulto frente a la presencia de los observadores, además, del comportamiento de los pichones. De igual forma se describen las características morfológicas observables de estos.

La mayoría de los estudios se concentran en países sudamericanos con condiciones climáticas totalmente distintas a las de nuestro país por lo que los periodos de anidación cambian debido a las variaciones climáticas de las zonas del sur del continente americano, sin embargo, las características morfológicas observables del desarrollo de los pichones y el tiempo de cría son bastantes similares a las observaciones realizadas.

Por consiguiente, en este estudio evidencia cómo el búho listado fabrica sus nidos y cómo lleva a cabo su periodo de cría. Sin embargo, se recomienda realizar más estudios sobre la especie en diferentes localidades a nivel nacional, así como en otros aspectos como la ecología y biología de esta especie. Esto permitirá aportar mayor información científica sobre esta especie en Panamá debido a que la mayor parte de los estudios actuales se

concentran en Sudamérica.

Referencias

Juncosa-Polzella, A. S., y Zárata, V. (2021). Primer registro de nidificación para el Lechuzón Orejudo (*Asio clamator*) en Salta, Argentina. *Nuestras Aves*, 66. <https://doi.org/10.56178/na.vi66.43>

Méndez, P., Curti, M., de Montuto, K., y Benedetti, A. (2006). Las aves rapaces: guía didáctica de educación ambiental. The Peregrine Fund/Fondo Peregrino–Panamá.

Martínez, M. M., Isacch, J. P., y Donatti, F. (1996). Aspectos de la distribución y biología reproductiva de *Asio clamator* en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ornitología Neotropical*, 7(2), 7. Recuperado de: https://digitalcommons.usf.edu/ornitologia_neotropical

Pautasso, A. A., y De La Peña, M. R. (2001). Observaciones sobre la biología reproductiva de *Asio clamator* en el centro de Argentina. *El Hornero*, 16(1), 43-46. <https://doi.org/10.56178/eh.v16i1.915>

Petracci, P., Spagnuolo, J., Tartaglia, S., Doyni Cabré, C., y Carrizo, M. (2018). Ampliación del área de distribución geográfica y reproductiva del Lechuzón Orejudo (*Asio Clamator*) en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Notulas Faunísticas*. 1 (237). Recuperado de:

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/93594/CONICET_Digital_Nro.f3f151d3-12d5-4c07-aa53-e2c5320fa53f_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Riaño J, Paqui, M. F., Córdoba-Córdoba S, Sánchez F. (2017). Nido y polluelos de *Pseudoscops clamator* (Aves: Strigidae) en el altiplano de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Acta biol. Colombia*. 22(1):105-109. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n1.54380>

Ridgely R. y Gwynne, J. (1993). Guía de las aves de Panamá incluyendo a Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Universidad de Princeton.

Tittarelli, R. F., y Villarreal, D. (2009). Registro de reproducción del Lechuzón Orejudo (*Asio clamator*) en el bosque de Calden (*Prosopis caldenia*) de la Pampa, Argentina. *Nuestras Aves*, (54), 32-33.

Thurber, W. A., R. Lohnes y T. S. Schulenberg. (2020). Strip Owl (*Asio clamator*), *Birds of the World*. Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE.UU. <https://doi.org/10.2173/bow.strowl1.01>

Vargas, R., Abella, J., Gregori, M. y Brito, J. (2021). Análisis de egagrópilas del búho listado, *Asio clamator*, (Aves: Strigiformes) en Atahualpa, provincia de Santa Elena, Ecuador. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología*. 22(2). <https://doi.org/10.28947/hrmo.2021.22.2.55>

Wetmore, A. (1968) *The birds of the Republic of Panamá*. Smithsonian Institution press.



New distribution of the Panama Humming Frog (*Elachistocleis panamensis*), in the Azuero region, Panama

Nueva distribución de la rana termitera (*Elachistocleis panamensis*), en la región de Azuero, Panamá

Macario González-Pinzón¹

<https://orcid.org/0000-0001-7747-6451>

Mario Urriola²

Angel Romero-Marcucci^{1, 2}

<https://orcid.org/0000-0002-7985-1734>

¹Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles

²Fundación Biodiversidad Tropical Panamá

Autor correspondiente: angel.romero1@unachi.ac.pa

Enviado el 9 de octubre de 2024

Aceptado el 7 de enero de 2024.

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i2.818>

Abstract

The research focused on the study of the frog belonging to the Microhylidae family, distributed in South and Central America. In November 2021, two observations were made in Pedasí, Los Santos province, within the Azuero Dry Arc, where an individual was collected that was later identified as *Elachistocleis panamensis*. This record expands the known distribution range of the species, locating it approximately 90 km by land southwest of its last known position. The importance of these findings is highlighted to better understand the biogeography of the species, since it is found in a tropical dry forest on the coast of the Pacific Ocean, a habitat not previously reported for this species in Central America.

Keywords

Dry Forest, fossorial, limit, locality, microhylid

Resumen

La investigación se centró en el estudio de la rana perteneciente a la familia Microhylidae, distribuida en América del Sur y Central. En noviembre de 2021 se realizaron dos observaciones en Pedasí, provincia de Los Santos, dentro del Arco Seco de Azuero, donde se colectó un individuo que posteriormente fue identificado como *Elachistocleis panamensis*. Este registro amplía el rango de distribución conocido de la especie,



ubicándola aproximadamente a 90 km por tierra al suroeste de su última posición conocida. Se destaca la importancia de estos hallazgos para comprender mejor la biogeografía de la especie, ya que se encuentra en un bosque seco tropical en la costa del Océano Pacífico, un hábitat no reportado previamente para esta especie en Centroamérica.

Palabras clave

Bosque seco, fosorio, frontera, límite, localidad, microhílido

Introduction

The Microhylidae family have morphological adaptations that allow them to dig and move on the ground, such as a robust bone structure in the forelimbs (Keeffe & Blackburn, 2020) with marked seasonality and observable after intense rains (Cuentas et al., 2002; Acosta-Galvis, 2012). They are known to be voracious predators of ants and termites and are preyed upon by osprey spiders (Vera-Candioti, 2006; Pinto & Costa-Campos, 2017; Salcedo-Rivera et al., 2018).

The genus *Elachistocleis* is distributed in Panama and Colombia southward, east of the Andes, to southern Paraguay, southeastern Bolivia, central Argentina, central and southeastern Brazil and Uruguay; Trinidad; west of the Andes in Azuay Province, Ecuador (Frost, 2024). *Elachistocleis panamensis* can be found in humid tropical forests, dry forests, and open areas such as pastures and croplands, up to an elevation of 600 meters above sea level. In Panama this species is distributed across provinces of Darién, Colón, Panamá, Coclé, and Panamá Oeste (Nelson, 1972; IUCN, 2018).

Materials and Methods

Two observations were made on November 19, 2021 in Pedasí, Los Santos Province, in the region known as the Dry Arc on a casual visit to two streams (7.6362524 N, 80.1550822 W and 7.6090771 N, 80.0923336 W), separated by 6 kilometers from each other (figure 1).

A single individual was collected in a plastic bag and then transported to the Serpentario Maravillas Tropicales from El Valle de Antón, Coclé province, where it was preserved.

For the identification of the species, the sample was sent to the Biologist Ángel Sosa-Bartuano, later deposited in the Zoological Collection of the Gorgas Memorial Institute and



located within the collection of Dr. Eustorgio Méndez where the collection number COZEM-ANF 0711/ MG 098 was assigned (figure 2c-d). The species is identified by a dorsal coloration of olive brown or light cinnamon with a large blackish spot on the back, dark sides of the body and a creamy, dirty belly. It lacks an eardrum and has a small, triangular head, demarcated by a transverse fold in the occipital region, just behind the eyes. It has cylindrical fingers, with unexpanded, non-webbed ends, and has smooth dorsal skin.

Preparation of input environmental data

The input data required by the Maxent program are a set of bioclimatic variables, which are necessary to determine the geographic distribution of the species. To do this, these variables were downloaded from the WorldClim website (www.worldclim.org) corresponding to the period 1970-2000, version 2.1; these variables are a set of climatic layers on a global scale, with a 30-second resolution in tif format (Hijmans et al., 2005). The bioclimatic covers are made up of 19 biologically significant variables that affect the distribution of the species, these are:

- A1 = Annual mean temperature
- A2 = Mean diurnal range (Monthly mean (maximum temperature - minimum temperature))
- A3 = Isothermality ($A2/A7$) ($\times 100$)
- A4 = Seasonality of temperature (standard deviation $\times 100$)
- A5 = Maximum temperature of the warmest month
- A6 = Minimum temperature of the coldest month
- A7 = Annual temperature range ($A5-A6$)
- A8 = Mean temperature of the wettest quarter
- A9 = Mean temperature of the driest quarter
- A10 = Mean temperature of the warmest quarter
- A11 = Mean temperature of the coldest quarter
- A12 = Annual precipitation
- A13 = Precipitation of the wettest month
- A14 = Precipitation of the driest month
- A15 = Seasonality of precipitation (coefficient of variation)
- A16 = Precipitation of the wettest quarter
- A17 = Precipitation of the driest quarter
- A18 = Precipitation of the warmest quarter
- A19 = Precipitation of the coldest quarter



For editing the environmental layers (Hijmans et al., 2005) and georeferenced frog observation records (GBIF, 2024), the QGIS program, version 3.28.8, was used; this allowed the selected environmental layers to be cut and transformed, as well as the coordinates to obtain the same extension. Before executing the model, some adjustments were made prior to the process, the rest was left as default.

Maxent was used because it is a free program that estimates the probability of distribution of a species by finding the most dispersed or close to uniformity possible, but subject to a set of restrictions, based on the presence of the species, allowing its geographic distribution to be predicted (Phillips et al., 2006). In this sense, the objective of this note was to present the areas where the *E. panamensis* frog is potentially distributed, serving for future field evaluations that allow us to propose strategies that contribute to the conservation of the species.

Results

The two individuals were identified as *Elachistocleis panamensis* (figure 1) which is 1 of the 3 species of this genus reported in Panama and our record places this species approximately 130 km southwest of its last known position.

A map was generated with the geographic coordinates (current and those compiled in this note) and the potential distribution areas of *E. panamensis*, with an AUC of 0.97. This high value indicates that it has a wide geographic distribution in relation to the area of the environmental data. The maximum achievable AUC is 1.



Figure 1. Panama Humming Frog (*E. panamensis*). A) Dorso-lateral view, B) Dorso-frontal view; living specimens photographed in situ; C) Dorsal view with museum number D) Dorsal view with museum code.

Discussion

These records provide background to the biogeography of the species as it allows to expand the already established habitats where this frog can develop without problems with an added value since it is found within a tropical dry forest known mainly for its low annual rainfall. In addition to this, taking into account the distribution suggested by Jowers et al. (2021) this frog has traveled approximately 90 km in a straight line (figure 2).

The area with a high probability of favorable conditions for the *E. panamensis* frog is located mainly in central Panama; including the provinces of Colon and Panama City. In turn, favorable conditions (>60%) are observed in the southern region of the Azuero Peninsula in the provinces of Los Santos and Veraguas (figure 2).

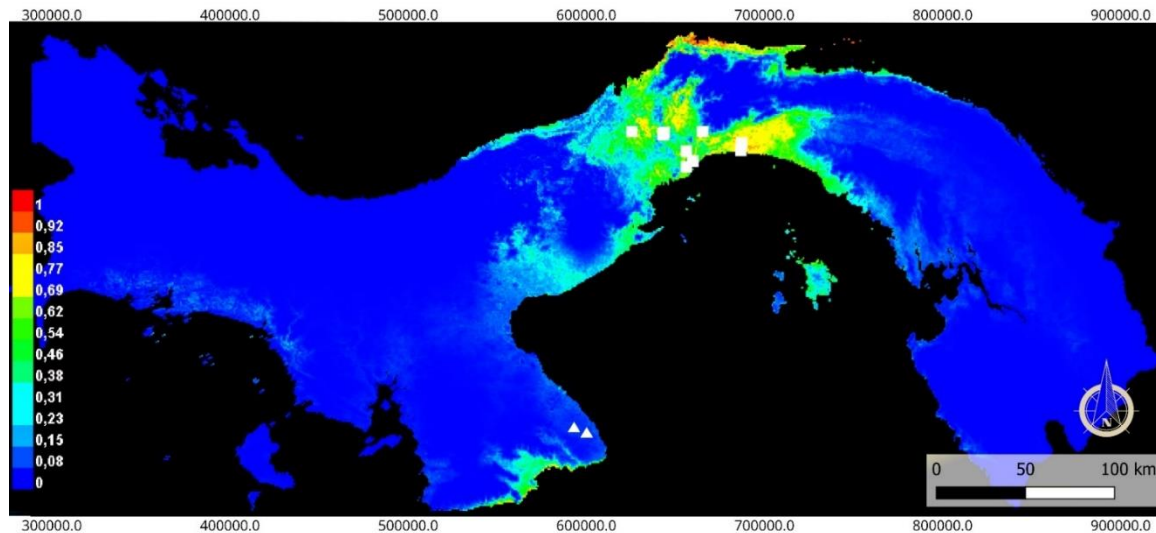


Figure 2. Potential distribution map. White squares show where the species is present (Hijmans et al., 2005), while white triangles show the new extension proposed in this note. Red indicates a high predicted probability of favorable conditions; yellow and green represent typical conditions; and light and dark blue indicate a low probability of environmental conditions for the development of the species.

An arc under the curve (AUC) of 0.98 was obtained; this high value indicates that it has a wide geographic distribution in relation to the area of the environmental data and that the model is appropriate to predict the presence of the species. The maximum achievable AUC is 1 (Cartaya et al., 2016). The training data and the test data are the same data set, the red curves (indicate the degree of adjustment of the sampling data) and the blue curves (model adjustment). This means that the model is appropriate to predict the presence of the species (figure 3A). In addition, the bioclimatic variable A6 (Minimum temperature of the coldest month) is the one that provides the most information, while the variable A13 (Precipitation of the wettest month) seems to have no relevant information (figure 3B).

On the IUCN Red List of Threatened Species, *E. panamensis* is classified as Least Concern (LC) due to its wide distribution, abundance and tolerance to habitat disturbance, in addition to not being on the list of threatened species of the Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAmbiente, 2016).

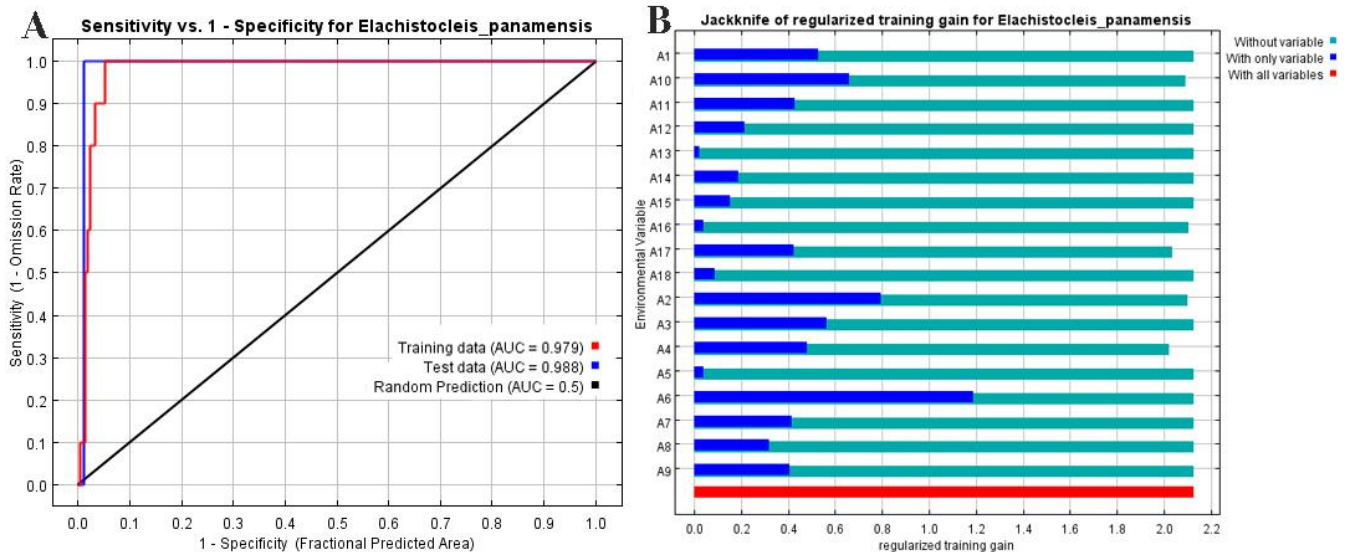


Figure 3. A) In this image is the receiver operating characteristic (ROC) and the area under the curve (AUC); **B)** Jackknife results and the information provided by each bioclimatic variable.

It is a terrestrial, insectivorous species with nocturnal habits and is usually found under logs or rocks in places with dense vegetation and in prayer within the forest (Köhler, 2011) in addition to being a specialist in eating termites and ants (Van Sluys et al., 2006; López et al., 2007), so the shelter and food needs are covered within this type of dry forest, typical of the Azuero region. This species was reported within a dry forest in South America in the Caribbean by (Blanco-Torres et al., 2021); but our note provides new information within a dry forest in Central America and the Pacific side.

Acknowledgments

We thank you to the Fundación Adiversidad Tropical en el Valle de Antón for the logistical support and to Dirección de Áreas Protegidas y A diversidad del Ministerio de Ambiente in Panama City, Panama for the issuance of the permits under which the specimens were collected (SE/A-59-2019).

References

- Acosta-Galvis, A. R. (2012). *Anfibios de los enclaves secos en la ecorregión de La Tatacoa y su área de influencia, alto Magdalena, Colombia. Biota Colombiana 13.*
- Blanco-Torres, A., Dure, M. & Bonilla, M. A. (2021). *Anurans trophic dynamic and guild structure in tropical dry forests of the Caribbean region of Colombia. Anais da Academia Brasileira de Ciências 93:e20201022.*



Cartaya, S., Anchundia, C. & Mantuano, R. (2016). Distribución geográfica potencial de la especie *Cuniculus paca* en el occidente de Ecuador.

Cuentas, D., Borja, R., Lynch, J. & Renjifo, J. M. (2002). Anuros del departamento del Atlántico y Norte de Bolívar. *Barranquilla: Cencys* 21:117.

Frost, D. R. 2024. *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/> [Consultado en agosto 2023]

GBIF. 2024. *Global Biodiversity Information Facility. Global Core Biodata Resource.* .
<https://www.gbif.org/>. [Consultado en Diciembre 2024]

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Retrieved 15 from

<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> [Consultado en Diciembre 2024]

IUCN, S. S. C. A. S. G. (2018). *Elachistocleis panamensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T57761A54352363. IUCN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T57761A54352363.en>

Jowers, M. J., Othman, S. N., Borzée, A., Rivas, G. A., Sánchez-Ramírez, S., Auguste, R. J., Downie, J. R., Read, M. & Murphy, J. C. (2021). Unraveling unique island colonization events in *Elachistocleis* frogs: phylogeography, cryptic divergence, and taxonomical implications. *Organisms Diversity & Evolution* 21:189-206.

Keeffe, R. & Blackburn, D. C. (2020). Comparative morphology of the humerus in forward-burrowing frogs. *Biological Journal of the Linnean Society* 131:291-303.

Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America* Herpeton, Verlag. Offenbach, Germany.

López, J. A., Ghirardi, R., Scarabotti, P. A. & Medrano, M. C. (2007). Feeding ecology of *Elachistocleis bicolor* in a riparian locality of the middle Paraná River. *The Herpetological Journal* 17:48-53.

MiAmbiente. 2016. 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.

Nelson, C. E. (1972). Distribution and biology of *Chiasmocleis panamensis* (Amphibia: Microhylidae). *Copeia* 1972:895-898.

Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190:231-259.

Pinto, R. O. & Costa-Campos, C. E. (2017). Predation on *Dendropsophus brevifrons* (Duellman & Crump, 1974)(Anura: Hylidae) by the giant fishing spider *Ancylometes rufus* (Walckenaer, 1837)(Araneae: Ctenidae). *Alytes* 33:55-57.

Salcedo-Rivera, G. A., Fuentes-Mario, J. A. & Tovar-Márquez, J. (2018). Depredación del sapo *Elachistocleis panamensis* por la araña *Ancylometes bogotensis*: primer registro. *Biota Colombiana* 19:128-132.

Van Sluys, M., Schittini, G., Marra, R., Azevedo, A., Vicente, J. & Vrcibradic, D. (2006). Body size, diet and endoparasites of the microhylid frog *Chiasmocleis capixaba* in an Atlantic Forest area of southern Bahia state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66:107-173.

Vera-Candioti, M. F. (2006). Morfología larval de *Chiasmocleis panamensis*, con comentarios sobre la variabilidad morfológica interna en renacuajos de Microhylidae (Anura). *Alytes* 24:91.



First report of *Pleurodema brachyops* (Anura: Leptodactylidae) for Pacific islands (Seville Island, Chiriquí, Panama)

Primer reporte de *Pleurodema brachyops* (Anura: Leptodactylidae) para las Islas del Pácifico (Isla Sevilla, Chiriquí, Panamá)

Angel Romero-Marcucci¹

<https://orcid.org/0000-0002-7985-1734>

Michelle Quiroz²

<https://orcid.org/0000-0002-6955-4605>

Macario González-Pinzón³

<https://orcid.org/0000-0001-7747-6451>

Patricia Castillo-Vega¹

<https://orcid.org/0000-0003-1930-4488>

C. Eliza Benítez-Montoya¹

<https://orcid.org/0009-0008-6845-9105>

¹Universidad Autónoma de Chiriquí. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Escuela de Biología

²Universidad Autónoma de Chiriquí. Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación.

³Natural Tanks

Autor correspondiente: angel.romero1@unachi.ac.pa

Enviado el 10 de octubre de 2024.

Aceptado el 7 de enero 2025.

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i2.819>

Abstract

In Panama, *Pleurodema brachyops* is distributed in the provinces of Darién, Panama, Panamá Oeste, Coclé, Herrera, Veraguas and Chiriquí. We provide records of the new distribution located on Isla Sevilla (Chiriquí), thus being the first distributive record for this species on a Pacific island.

Keywords

Amphibian, Azuero, distribution, four-eyed frog, Herpetofauna, locality, range.

Resumen

En Panamá *Pleurodema brachyops* se distribuye en las provincias de Darién, Panamá, Panamá Oeste, Coclé, Herrera, Veraguas y Chiriquí. Proporcionamos registros de la nueva distribución localizada en Isla Sevilla (Chiriquí), siendo así, el primer registro distributivo para esta especie en una isla del pacífico.



Palabras clave

Anfibio, Azuero, distribución, herpetofauna, localidad, rana de cuatro ojos, rango.

Introduction

The anurans of the family Leptodactylidae, are plump and relatively small frogs (Faivovich et al., 2012) with a distribution that spans South America to the lowlands of Panama (La Marca, 1992; Gorzula et al., 1998). The frogs of the genus *Pleurodema* sp. have terrestrial habits, are located in open environments such as savannas and thorny bushes and are very abundant in those areas where it is present. They breed during the rainy season in temporary ponds and make nests out of foam (Duellman, 1977). Similarly, adult males usually vocalize while floating on the surface of the water in pools formed after heavy rains (Hoogmoed & Gorzula, 1979).

Materials and Methods

During a field trip carried out on Seville Island, on Saturday, September 22, 2018 at 9:05 p.m., it was possible to photograph an individual of the genus *Pleurodema* sp. in the vicinity of the house of Mrs. Mixela Robles ("Doña Chela").

Results

The frog was reported at an elevation of 1 m a.s.l. with the coordinates 8.260267° N, 82.431726° W. For the identification of the specimen, we use photographic references from Köhler (2011) until the species is identified as *Pleurodema brachyops* (figure 1), which presents the following combination of characteristics: a large body size and little obvious sexual dimorphism, with females being slightly larger than males (Molina Rodríguez, 2004). Additionally, it has a pair of glands raised dorsoventrally, over the inguinal region, accompanied by an intense orange groin coloration (Hoogmoed & Gorzula, 1979; Gorzula et al., 1998).

Discussion

This note provides new biogeographic information placing this species in a new locality, located on Isla Sevilla (figure 2) 19 km south of its continental location for the province of Chiriquí, in the areas of Las Lomas, (8.42403 ° N, 82.37769 ° W), district of David and in the Chiriquí Nuevo River, (8.39268 ° N, 82.36189 ° W) thus being the westernmost continental record for the species (Batista et al., 2020).



Figure 1.
A). general view of *Pleurodema brachyops* in situ, B). view of species characteristics

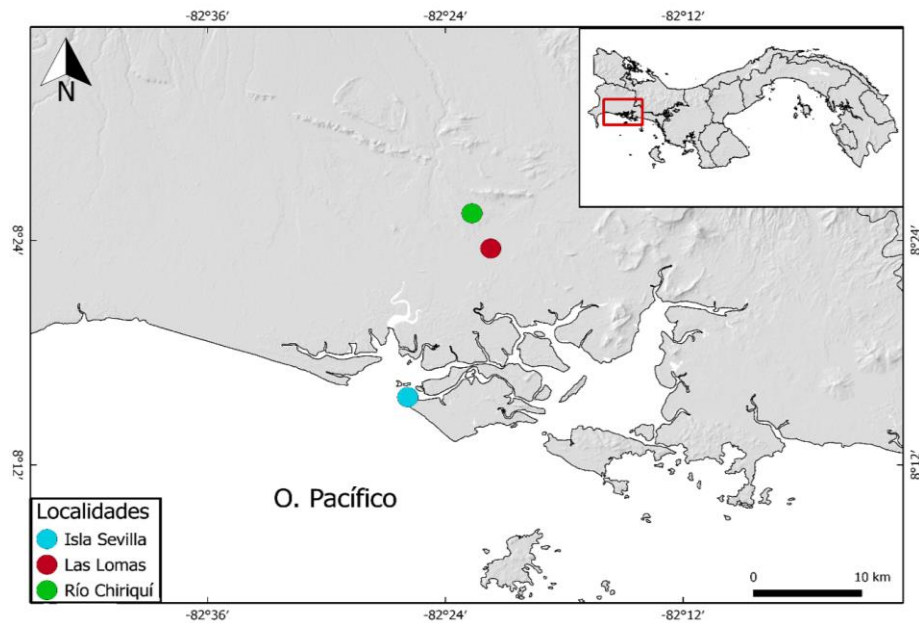


Figure 2.
Map showing the former and current localities of the Four-eyed Frog *Pleurodema brachyops*. Red and green indicate previous localities, blue indicates new record on Seville Island

On the IUCN Red List of Threatened Species, *P. brachyops* is classified as "Least Concern" owing to its wide distribution, abundance and tolerance to habitat disturbance (La Marca et al., 2010).

It can be assumed that this species migrated in the past from a center of origin (the mainland) to the island of Seville, either via land bridges or through a somewhat accidental process, such as traveling on islets of land or logs carried from river mouths a process known as rafting (Darwin,



1859; Blanco, 2009), with the mouth of the Chorcha River being the closest and most likely source of this phenomenon. All of this, combined with the presence of lotic water systems abundant in year-round food sources, suggests an ideal microhabitat for the development of this species, facilitating its colonization of the island.

References

- Batista, A., Hertz, A., Ponce, M. & Lotzkat, S. (2020). Notes on amphibians and reptiles from western Panama. *Herpetology Notes* 13.
- Blanco, J. F. (2009). Darwin y la paradoja de las islas bacías. *Acta Biológica Colombiana* 14:269-282.
- Darwin, C. (1859). *El Origen de las Especies por Medio de la Selección Natural o la Preservación de las Razas Favorecidas en la Lucha por la Vida*. Londres, Inglaterra.
- Duellman, W. E. (1977). Phylogeny of *Pleurodema* (Anura: Leptodactylidae): a biogeographic model. *Occas. Papers Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* 64:1-46.
- Faivovich, J., Ferraro, D. P., Basso, N. G., Haddad, C. F., Rodrigues, M. T., Wheeler, W. C. & Lavilla, E. O. (2012). A phylogenetic analysis of *Pleurodema* (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae) based on mitochondrial and nuclear gene sequences, with comments on the evolution of anuran foam nests. *Cladistics* 28:460-482.
- Gorzula, S., Otto Huber, B., Señaris, J. C. & Huber, O. (1998). Contribution to the herpetofauna of the Venezuelan Guayana. *Scientia Guaianae, Caracas, Venezuela*.
- Hoogmoed, M. S. & Gorzula, S. (1979). Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Manteco region with notes on their ecology and the description of a new species of treefrog (Hylidae, Anura). *Zoologische Mededelingen* 54:183-216.
- Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America Herpeton*, Verlag. Offenbach, Germany.
- La Marca, E. (1992). *Catálogo taxonómico, biogeográfico y bibliográfico de las ranas de Venezuela*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales.
- La Marca, E., Solís, F., Ibáñez, R., Jaramillo, C., Fuenmayor, Q., Reynolds, R., Rodrigues, M. T., Mijares, A. & MacCulloch, R. (2010). *Pleurodema brachyops*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Molina Rodríguez, C. (2004). Reproducción de *Pleurodema brachyops* (Anura: Lactodactylidae) en los llanos del Estado Apure, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle Ciencias Naturales* 158:117-125.



Propiedades medicinales de las Bromeliaceae: una revisión de su potencial antioxidante, antibacterial y antiinflamatorio

Medicinal properties of Bromeliaceae: a review of their antioxidant, antibacterial and anti-inflammatory potential

Viviana Carrasco¹

<https://orcid.org/0009-0000-9705-2904>

Deilyn Quiel²

<https://orcid.org/0009-0009-2323-6984>

¹Universidad Autónoma de Chiriquí. Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación. Vicerrectoría de Investigación y Posgrado, Chiriquí, Panamá.

²Universidad Autónoma de Chiriquí. Maestría en Ciencias Químicas con Énfasis en Inocuidad Alimentaria, Centro de Investigación en Bioquímica y Química Aplicada, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Chiriquí, Panamá.

Autor correspondiente: viviana.carrasco@unachi.ac.pa

Enviado el 5 de noviembre de 2024.

Aceptado el 27 de noviembre de 2024.

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i2.831>

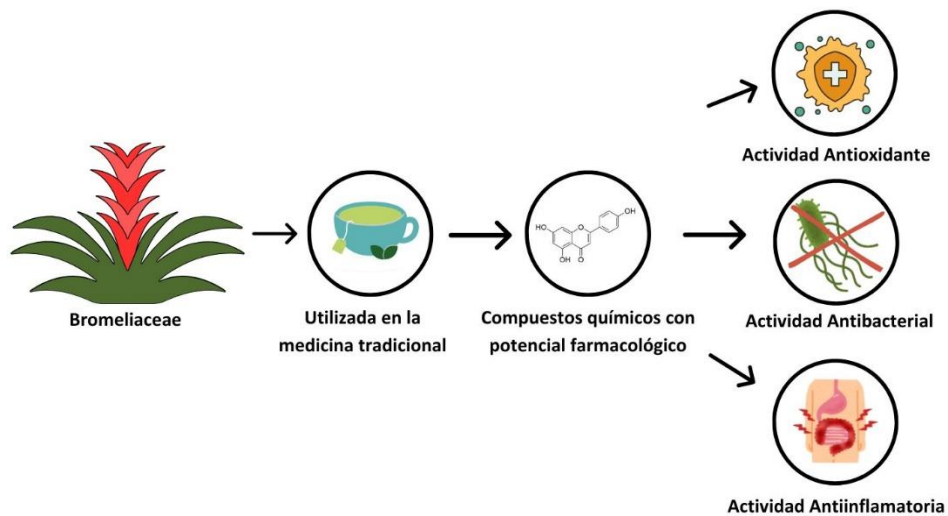
Resumen

Las Bromelias son utilizadas tradicionalmente con propósitos medicinales para combatir diferentes enfermedades gracias al contenido y diversidad de metabolitos secundarios que le brindan propiedades antioxidantes, antibacteriales y antiinflamatorias. Estas características han hecho que las Bromeliaceae hayan sido objeto de estudio en países como Brasil, México, Estados Unidos, entre otros. Por lo tanto, con este artículo de revisión se busca aportar una visión integral de las Bromeliaceae, destacando su importancia en la medicina debido a su relevante perfil de metabolitos secundarios. Con lo cual, se evidenció en la revisión de la literatura que el género *Bromelia* es el más estudiado dentro de esta familia. Además, la actividad antioxidante es la propiedad medicinal con mayor número de géneros estudiados, entre ellos: *Encholirium*, *Tillandsia*, *Ananas*, *Alcantarea*, *Neoregelia*, *Pitcairnia*, *Vriesea*, *Bromelia*, *Neoglaziovia* y *Greigia*. De manera que, Esta revisión resalta el potencial de las Bromeliaceae como fuentes de metabolitos secundarios con propiedades medicinales y subraya la necesidad de ampliar las investigaciones en esta familia de plantas, especialmente en especies poco estudiadas y distribuidas en regiones como Panamá y Centroamérica, donde los estudios son escasos.

Palabras clave

Actividad antioxidante, bromelias, compuestos fenólicos totales, flavonoides, propiedades medicinales.

Resumen gráfico



Abstract

Bromeliads are traditionally used for medicinal purposes to combat different diseases thanks to the content and diversity of secondary metabolites that provide antioxidant, antibacterial and anti-inflammatory properties. These characteristics have made Bromeliaceae the object of study in countries such as Brazil, Mexico, United States, among others. Therefore, this review article seeks to provide a comprehensive view of the Bromeliaceae, highlighting their importance in medicine due to their relevant secondary metabolite profile. Thus, it was evident from the literature review that the genus *Bromelia* is the most studied within this family. In addition, antioxidant activity is the medicinal property with the highest number of genera studied, among them: *Encholirium*, *Tillandsia*, *Ananas*, *Alcantarea*, *Neoregelia*, *Pitcairnia*, *Vriesea*, *Bromelia Neoglaziovia* and *Greigia*. Thus, this review highlights the potential of Bromeliaceae as sources of secondary metabolites with medicinal properties and underlines the need to expand research in this plant family, especially in species that are poorly studied and distributed in regions such as Panama and Central America, where studies are scarce.

Keywords

Antioxidant activity, bromelias, flavonoids, medical properties, total phenolic compounds.

Introducción

Las epífitas son plantas que germinan y enraízan en otras plantas sin ser parásitas. Bromeliaceae está situada en el segundo lugar con el mayor número de especies epífitas,



representado en un 60% de esta familia (Zotz, 2016). Está compuesta de 56 géneros y más de 3000 especies (Gomes et al., 2022), que se distribuyen en la región neotropical (Oliveira-Junior et al., 2017) a lo largo del Continente americano desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina y Chile y adicional se ha reportado una especie en el oeste de África (Chávez Sahagún et al., 2017).

Las Bromeliaceae cuentan con especies terrestres y epífitas; además, aproximadamente 1800 especies epífitas dependen de la atmósfera para su crecimiento y desarrollo por lo que son potenciales para estudios de cambio climático, ya que poseen estructuras llamadas tricomas para que estas plantas obtengan sus nutrientes y agua a través de lluvia, neblina o rocío (Cach-Pérez et al., 2014). De igual manera, presentan reservorios de agua que se forman en las bases de sus hojas (figura 1) en forma de roseta o también llamadas fitotelma, de igual modo poseen hojas alargadas y delgadas utilizadas para cosechar agua (figura 2) (Reyes-García et al., 2022).

Además de ser importante en estudios de cambio climático (Males et al., 2023), calidad de agua y aire (Carrillo et al., 2022), esta familia tiene un relevante papel ecológico, ya que es microhábitats de diferentes especies arborícolas de anfibios y reptiles de los géneros *Anura* y *Caudata* (Herrera, 2021) y arañas de la familia Salticidae (Hesselberg et al., 2023).

Por otro lado, desde el aspecto etnobotánico las diferentes partes de las bromelias son apreciadas por su uso en la decoración ornamental debido a sus formas y colores (Jiménez-López et al., 2016), como cercas vivas, alimento en la ganadería, fuente de agua en lugares secos, fuente de fibra y nutrientes para las personas que las consuman (Meza-Espinosa et al., 2017) y en celebraciones religiosas donde se reporta la creencia de la protección de estas plantas contra diversos males (López García et al., 2023). Además, los frutos se emplean en la elaboración de bebidas sin alcohol y se utilizan tradicionalmente con propósitos medicinales para aliviar dolores musculares (López García et al., 2023). De igual forma, a través de la etnobotánica —de forma tradicional— se ha evidenciado el uso de las hojas de bromelias para tratar afecciones en la próstata; las raíces y sus frutos se emplean para combatir la hepatitis, neumonía, influenza, además de ser utilizados como tónico

(Macedo et al., 2018).

Este artículo de revisión tiene como objetivo proporcionar una visión integral de las Bromeliaceae, resaltando su relevancia en el campo de la medicina debido al potencial de sus metabolitos secundarios.

A pesar de su amplia distribución y diversidad de especies en América Latina, en particular en Panamá y Centroamérica, los estudios que profundicen en las propiedades medicinales de esta familia son escasos. De manera que para comprender detalladamente su potencial terapéutico, es necesario investigar más a fondo estas plantas que tradicionalmente han sido utilizadas en diversas culturas de la región.

Mediante la recopilación y análisis de la literatura existente sobre el uso de las Bromeliaceae en la medicina tradicional y su exploración en la investigación farmacológica, este artículo ofrece una base sólida para futuras investigaciones, particularmente en especies que han sido poco estudiadas y que se distribuyen en áreas geográficas como Panamá. De este modo, se pretende incentivar el estudio de especies menos conocidas, cuya riqueza en compuestos podrían contribuir con soluciones sostenibles en el ámbito de la salud pública.



Figura 1.
Plantas de Bromelias de tipo tanque.



Figura 2.
Plantas de Bromelias de tipo atmosférica.

Propiedades medicinales de las bromelias

Desde tiempos antiguos y en la actualidad, diversos extractos de las plantas han sido utilizados como remedios naturales para el tratamiento de patologías, aprovechando las propiedades beneficiosas para la salud que se encuentran estrechamente asociadas a los polifenoles presentes, los cuales son en gran medida responsables de propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antibacterianas (Manso et al., 2022).

La investigación de plantas con potencial para su aplicación en la medicina tradicional y como fuente de principios activos se vuelve cada vez más relevante; por lo cual, el estudio constante de nuevas plantas con potencial aplicación en la medicina tradicional es de gran importancia.

En diferentes países de Latinoamérica, se han documentado alrededor de 20 especies de bromelias utilizadas tradicionalmente con fines medicinales (Hornung-Leoni, 2011). Entre las propiedades investigadas, la actividad antioxidante destaca como la más estudiada en diversos géneros de esta familia. De hecho, en algunos géneros como *Alcantarea*, *Neoregelia*, *Pitcairnia*, *Vriesea*, *Greigia* las investigaciones se han limitado exclusivamente a esta propiedad, sin explorar otros posibles beneficios, tal como se muestra en la tabla 1.



Entre los países que han liderado esfuerzos en el estudio de las propiedades medicinales de diversos géneros de Bromeliaceae destacan Brasil y México, con 24 y 6 artículos publicados, respectivamente, entre 2004 y 2022. En contraste, durante este mismo período no se han reportado estudios de este tipo en Panamá (figura 3A).

En cuanto a los géneros de Bromeliaceae que han sido más estudiados por su potencial uso medicinal, se destacan *Bromelia*, *Neoglaziovia* y *Tillandsia*, con 16, 8 y 5 artículos publicados, respectivamente (figura 3B). Estos hallazgos subrayan la necesidad de realizar investigaciones en géneros de esta familia que han sido poco o no estudiados en distintas regiones de América, con el fin de ampliar el conocimiento sobre su potencial medicinal y promover su valorización en contextos locales y globales.

Las propiedades medicinales de las bromelias se deben a un grupo particular de compuestos químicos conocidos como metabolitos secundarios, los cuales desempeñan un papel crucial en los ecosistemas, facilitando la adaptación de las plantas a su entorno. Estos metabolitos participan en la formación de simbiosis con otros organismos: atraen insectos que polinizan y dispersan semillas, y aportan propiedades organolépticas, terapéuticas y antinutricionales a los alimentos vegetales que los contienen (Pérez-Almeida et al., 2022). Dentro de la clasificación de los metabolitos secundarios, destacan los flavonoides, un grupo de compuestos fenólicos sintetizados por las plantas para cumplir diversas funciones, tales como la defensa contra virus, hongos, insectos, bacterias y radiación ultravioleta; además, poseen propiedades medicinales importantes como las antioxidantes, anticancerígenas y antiinflamatorias, entre otras (Gomes et al., 2022).

En relación con estas propiedades, se han identificado diversos flavonoides en diferentes especies de Bromeliaceae, abarcando distintas partes de la planta. Entre estas, las hojas destacan como la parte más investigada, siendo en ellas donde se ha identificado la mayor variedad de estos metabolitos, tal como se detalla en la tabla 2. Con respecto al contenido de Compuesto Fenólicos Totales (CFT), en la tabla 3 se puede observar cómo la concentración de estos compuestos puede variar en función de la especie, el tipo de extracto y la parte de la planta que se utiliza para su obtención. La presencia de estos



compuestos en las bromelias ha llevado a que se utilicen, de manera tradicional, para tratar problemas de salud como bronquitis, tos, diabetes, hepatitis, artritis, malaria, cáncer y afecciones renales (Furtado, 2024).

En algunos estudios se ha determinado el efecto de los extractos etanólicos de las hojas de la especie *Neoglaziovia variegata* al ser aplicados a ratas y ratones, mostrando un efecto gastroprotector al disminuir la acidez y mejorar el proceso de curación de úlceras gástricas crónicas (Machado et al., 2013). De igual forma, los extractos etanólicos de la especie *Encholirium spectabile* demostraron actividad gastroprotectora en la mucosa gástrica, atribuida a la presencia de compuestos fenólicos y a la actividad antioxidante que estos exhiben (Moraes de Carvalho et al., 2010).

Por otro lado, además de compuestos fenólicos como los flavonoides, en diversas especies de esta familia se han reportado otros compuestos, como es el caso de una cisteína proteinasa presente en la especie *Bromelia fastuosa*, la cual posee efectos antitumorales (Guimaraes-Ferreira et al., 2007).

El extracto metanólico y su fracción de hexano en la especie *Tillandsia streptocarpa* mostraron inhibición del edema de oreja inducido en los ratones estudiados, exhibiendo posible actividad antiedematogénica. Cabe destacar que en la fracción de hexano se aislaron compuestos como cicloartenol, 4',5-dihidroxi-3',7-dimetoxiflavonona, y una mezcla de estigmasterol, β -sitosterol y campesterol (Delaporte et al., 2004).

Otras actividades biológicas que se muestran en esta familia es la actividad antialérgicas de la especie *Nidularium procerum* (Vieira-de-Abreu et al., 2005), actividad antivirulencia en especies de *Tillandsia*, que en cuanto a su composición química se reportaron terpenoides y fenoles en las especies *Tillandsia recurvata*, *T. schiedeana* y *T. fasciculata* y en la especie *Tillandsia schiedeana* se reportaron triterpenos tipo cicloartano y compuestos glicosilados (Pérez-López et al., 2020).

Tabla 1.
Propiedades medicinales estudiadas en diversos géneros de las Bromeliaceae

Propiedad medicinal	Género	Referencia
Antibacterial	<i>Aechmea, Tillandsia, Bromelia, Encholirium y Neoglaziovia</i>	Monga et al. (2017); Delaporte et al. (2004); Pío-León et al. (2009); Santana et al. (2012); Oliveira-Júnior et al. (2015).
Antitumoral	<i>Bromelia y Nidularium</i>	Guimaraes-Ferreira et al. (2007); Gollo et al. (2020).
Gastroprotector	<i>Neoglaziovia y Encholirium</i>	Machado et al. (2013); Moraes de Carvalho et al. (2010).
Antioxidante	<i>Encholirium, Tillandsia, Ananas, Alcantarea, Neoregelia, Pitcairnia, Vriesea, Bromelia, Neoglaziovia y Greigia.</i>	Moraes de Carvalho et al. (2010); Delaporte et al. (2004); Rocha et al. (2010); Coelho et al. (2010); Gomes et al. (2022); Barrientos et al. (2020).
Antiedematogénica	<i>Tillandsia</i>	Delaporte et al. (2004)
Antialérgica	<i>Nidularium</i>	Vieira-de-Abreu et al. (2005)
Antivirulencia	<i>Tillandsia</i>	Pérez-López et al. (2020)
Fotoprotectivo	<i>Neoglaziovia y Encholirium</i>	Oliveira-Júnior et al. (2015); Oliveira-Júnior et al. (2013b).
Citotóxico	<i>Bromelia</i>	Fabri y da Costa (2012).
Antimicrobiana	<i>Tillandsia</i>	Vite-Posadas et al. (2011).
Antiinflamatoria	<i>Bromelia, ananas y Nidularium</i>	Da Silva Balin et al. (2018); Kargutkar y Brijesh (2018); Amendoeira et al. (2005).
Inmunomoduladora	<i>Nidularium</i>	Gollo et al. (2020).

Con respecto a la actividad antibacterial en plantas, esta ha sido una propiedad muy importante, ya que cerca del 75% de los agentes antibacterianos que se han incorporado a los tratamientos clínicos en las últimas cuatro décadas provienen de fuentes naturales (Alibi et al., 2021). El estudio de plantas como las Bromelias que han presentado potencial propiedad antibacterial es de gran relevancia para encontrar nuevas fuentes de compuestos químicos con estas características.

De esta manera, diferentes partes de la planta y especies de esta familia han mostrado esta



propiedad medicinal, como por ejemplo: diferentes fracciones de extractos obtenidos de los frutos de *Bromelia pinguin* L. y *Bromelia karatas* han mostrado buena actividad antibacterial frente a *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* grupo A-4, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* grupo D, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *E. coli* (Pío-León et al., 2009) y *Escherichia coli*, *E. faecalis*, *Salmonella enteritidis* y *Shigella flexneri* (Ayil-Gutiérrez et al., 2022), *Salmonella typhimurium* y *Listeria monocytogenes* (Ávalos-Flores et al., 2022).

De igual forma, los frutos y hojas de la especie *Bromelia antiacantha* Bertol y las inflorescencias y hojas de *Tillandsia imperialis* han mostrado actividad antibacterial contra *Pseudomonas aeruginosa* y *E. coli* (Fabri y da Costa, 2012) y contra *S. aureus* y *Streptococcus pyogenes* (Vite-Posadas et al., 2011).

Por otro lado, el tejido foliar ha sido importante para el estudio de la concentración mínima inhibitoria (MIC, por sus siglas en inglés) en donde a través de extractos etanólicos y de acetato de etilo de la especie *Neoglaziovia variegata* se evidenció el notable efecto antibacteriano contra diversas cepas, incluyendo *Bacillus cereus*, *Serratia marcescens*, *E. coli*, *S. flexneri* y *Salmonella* entérica. Además, al evaluar la concentración bactericida mínima (MBC, por sus siglas en inglés), los extractos en hexano y etanol demostraron una mayor eficacia antibacteriana, específicamente contra *B. cereus* y *S. flexneri* (Oliveira-Junior et al., 2015); mientras que las hojas de la especie *Bromelia laciniosa* presentó efectos contra *S. aureus* (Pontes et al., 2022). Los extractos de cloroformo y acetato de etilo de las hojas de la especie *Encholirium spectabile* presentaron actividad antibacterial contra *S. aureus*, *E. coli*, *S. entérica*, *S. flexneri*, *Serratia marcescens* y *Klebsiella pneumoniae* (Santana et al, 2012).

Diferentes autores asocian la actividad antibacterial de estas plantas con el contenido y presencia de compuestos fenólicos en los extractos (Pío-León et al, 2009; Pontes et al., 2022), incluyendo triterpenos, esteroides, flavonoides, gliceroles y derivados de ácido cinámicos (Peixoto et al., 2016). Sin embargo, otros autores como Vite-Posadas et al. (2011) atribuyen esta respuesta inhibitoria de bacterias a compuestos de baja polaridad. No



obstante, otros estudios determinaron, a través de Cromatografía de Gases, el ácido acético con alta probabilidad (90.9%) como uno de los posibles compuestos químicos que le confieren la propiedad antibacterial a la especie *Aechmea magdalenae* (Monga et al., 2017). Las plantas medicinales son una herramienta eficaz que, por sus compuestos químicos, se emplean a nivel mundial en la medicina tradicional para tratar las afecciones inflamatorias (De Cássia da Silveira e Sá et al., 2013). Dentro de las Bromeliaceae, especies como la *Bromelia balansae* a través de extractos etanólicos de los frutos han evidenciado actividad antiinflamatoria potencial que, aunque su mecanismo de acción no está bien definido, se asocia a los flavonoides como responsables de esta propiedad (Da Silva Balin et al., 2018). De igual manera, Kargutkar & Brijesh (2018), determinaron la actividad antiinflamatoria de extractos de *Ananas comosus* mediante la propiedad antidesnaturalizante de proteínas, la actividad proteínasa y la síntesis de Especie Reactiva de Oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), debido a la presencia de diferentes metabolitos secundarios con esta propiedad como: ácido 4-metoxicinámico, ácido 4-hidroxipelargónico, ácido 3,4,5-trimetoxicinámico, campesterol e isoalcalato de etilo.

Por otro lado, la bromelina obtenida de *Ananas comosus* se ha utilizado como agente antiinflamatorio desde hace años, es rica en cisteína endopeptidasas, al igual que los frutos de la especie *Bromelia hieronymi*. Estos han mostrado acción antiinflamatoria similares, las cuales son asociada a la actividad proteolítica (Errasti et al., 2013). Otras partes de la planta, como las hojas, fueron estudiadas en la especie *Nidularium procerum*, mostrando potencial fitofarmacológico al ejercer efectos antineutrófilos e interfiriendo en diferentes niveles con la capacidad de ratones para responder al daño causado por una endotoxina (Amendoeira et al., 2005).

El interés por el uso de diversas plantas en la medicina tradicional también puede ligarse a su alto contenido de antioxidantes como flavonoides, carotenoides, ácidos grasos, vitaminas, entre otros. Estos ejercen una función importante como la de neutralizar los radicales libres en las células biológicas que perjudican su funcionamiento y provocan la aparición de diferentes enfermedades. Estos antioxidantes pueden ser enzimáticos y no



enzimáticos y la estructura química del mismo determina su reactividad (Munteanu & Apetrei, 2021).

La importancia de recopilar y analizar la actividad antioxidante y los compuestos bioactivos en bromelias es con la finalidad de estudiar la viabilidad de estos antioxidantes contra diferentes enfermedades y de las moléculas presentes con alto potencial farmacológico. Cabe mencionar, que se ha relacionado la actividad antioxidante con los flavonoides y también con los compuestos fenólicos totales en los extractos de especies como *Encholirium spectabile* o *Neoglaziovia variegata* (Oliveira-Junior et al., 2013a; Oliveira-Junior et al., 2013b). Los rizomas de las bromelias *Vriesea procera* y *Neoregelia cruenta* mostraron mejores resultados antioxidantes que frutos y hoja (Rocha et al., 2010).

Trabajos realizados con las hojas de *Ananas bracteatus* reportaron una buena actividad antioxidante (Rocha et al., 2010). Por otro lado, la actividad analgésica y antiinflamatoria de la especie *Tillandsia streptocarpa* es explicada por su potente actividad eliminadora de radicales libres (Delaporte et al. 2004). Además, podemos mencionar otras especies con actividad antioxidante como *Bromelia balansae*, las hojas de *Tillandsia brachycaulos* y *Bromelia karatas* (Coelho et al., 2010; González-Salvatierra et al., 2010).

Cabe destacar que un estudio donde se realizaron análisis en diferentes meses del año, la influencia estacional influye en la actividad antioxidante de *Neoglaziovia variegata* (Gomes et al., 2022). La actividad antioxidante, principalmente, de extractos hidroetanólicos y acetato de etilo obtenidos de hojas, semillas, frutos, pulpa y tallos de plantas de la familia Bromeliaceae —en la mayoría de los estudios consultados—, se ha reportado utilizando el método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) para evaluar esta actividad. Los resultados obtenidos, detallados en la tabla 4, destacan la relevancia de estos tejidos vegetales como fuentes potenciales de antioxidantes naturales, subrayando su posible aplicación en la industria farmacéutica y alimentaria.

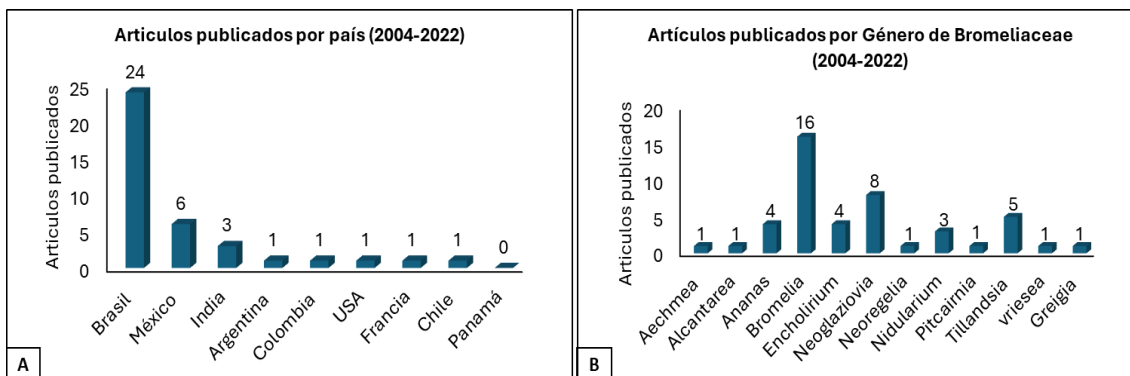


Figura 3.

Géneros de Bromeliaceae con diferentes propiedades medicinales y los países con mayor número de investigaciones reportadas en 38 artículos publicados en revistas revisada por pares (peer-reviewed journals). A) Artículos publicados por país (2004-2022); B) Artículos publicados por género de Bromeliaceae (2004-2022).

Tabla 2.

Flavonoides identificados en diferentes partes de las plantas y especies de la Bromeliaceae

ESPECIE	PARTE DE LA PLANTA	PAÍS	COMPUESTO	REFERENCIA
<i>Nidularium procerum</i>	Hojas	Brasil	5,6,7-trimetoxi-2-(4-metoxifenil) cromen-4-ona, Rutina, Daidzeína Dihidroxiisofavona, Quercetina, 3',4',5',7-Tetrahidroxifavon-3-ol, Genisteína	Gollo et al. (2020)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Brasil	Isoquercetina, kaempferol-3-O- Ramnosido	Oliveira-Junior et al. (2012)
<i>Ananas bracteatus</i>	Hojas	Brasil	5,7,4'-trihidroxi-3,3',5'-trimetoxiflavona	Rocha et al. (2010)
<i>Tillandsia streptocarpa</i>	Partes aéreas	Brasil	4',5-dihidroxi-3',7-dimetoxiflavanona	Delaporte et al. (2004)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Brasil	catequina, rutina, quercetina y kaempferol	Gomes et al. (2022)
<i>Bromelia laciniosa</i>	Hojas	Brasil	5,7-dihidroxi-3,3',4'-trimetoxiflavona	Oliveira-Junior et al. (2015)
<i>Tillandsia bergeri</i>	Hojas	Francia	Penduletina, Viscosina	Lo et al. (2022)

<i>Bromelia laciniosa</i>	Hojas	Brasil	Vicenín 2, Quercetina-O-di-hexósido, Vitexina, Quercetina 3,3',4'-trimetiléter	Pontes et al. (2022)
<i>Greigia sphacelata</i>	Fruto	Chile	Catequina, Ononina (formononetina 7-O-glucósido), Daidzeína-7-O-glucósido, Procianidina A1, Daidzeína-7-O-galactósido, Tetrámero de proantocianina, Genisteína-7-O-glucósido, Procianidina B1, Genisteína-7-O-di-glucósido, Genisteína-7-O-di-galactósido, Proantocianidina C2 trimérica, lupinisoflavona A, Tectoridina, Quercetina-3-O-glucósido-acetato, Amurensina.	Barrientos et al. (2020)

Tabla 3.
Concentración de compuestos fenólicos en diferentes extractos y partes de plantas de las Bromeliaceae

ESPECIE	PARTE DE LA PLANTA	EXTRACTO	PAÍS	CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS (CFT)	REFERENCIA
<i>Nidularium procerum</i>	Hojas	Etanólico	Brasil	107.27 mg GAE/100 g	Gollo et al. (2020)
<i>Bromelia laciniosa</i>	Inflorescencia	Etanólico	Brasil	53.8 ± 1.2 mg GAE/g	Oliveira-Júnior et al. (2017)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Cloroformo	Brasil	203.9 ± 10.2 mg GAE/g	De Lima-Saraiva et al. (2012)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Inflorescencia	Cloroformo	Brasil	249.6 ± 2.8 mg GAE/g	Oliveira-Júnior et al. (2012)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Acetato de etilo	Brasil	608.5 ± 14.7 mg GAE/g	Oliveira-Junior et al. (2013a)
<i>Encholirium spectabile</i>	Hojas	Cloroformo	Brasil	188.5 ± 27.5 mg GAE/g	Oliveira et al. (2013b)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Etanólico	Brasil	66 ± 1 mg GAE/g	Gomes et al. (2022)
<i>Greigia sphacelata</i>	Fruto	Hidroetanólico	Chile	45.4 ± 0.7 mg GAE/g	Barrientos et al. (2020)
<i>Greigia sphacelata</i>	Semilla	Hidroetanólico	Chile	37.21 ± 0.45 mg GAE/g	Barrientos et al. (2020)
<i>Bromelia karatas</i>	Fruto maduro	Etanol	Colombia	407,90 ± 0,01 mg GAE/100 g	Moyano et al. (2012)
<i>Bromelia antiachanta Bertol</i>	Fruto	Metanol	Brasil	471 ± 19 mg GAE/ 100g	Otero et al. (2020)

Nota: GAE= Equivalentes de Ácido Gálico

Tabla 4.
Actividad antioxidante en diferentes extractos y partes de plantas de las Bromeliaceae

ESPECIE	PARTE DE LA PLANTA	EXTRACTO	PAÍS	ENSAYO	INHIBICIÓN	REFERENCIA
<i>Ananas comosus</i>	Tallo	Crudo	India	DPPH	70.2%	Helen et al. (2019)
	Hoja				61.4%	
	Fruto				59.4%	
<i>Ananas comosus</i>	Hoja	Hidroetanólico	India	DPPH	56.4%	Sahu et al. (2020)
<i>Encholirium spectabile</i>	Hojas	Acetato de etilo	Brasil	DPPH	18.5 ± 2.9 µg/mL	Santana et al. (2012)
<i>Nidularium Procerum</i>	Hojas	Agua caliente	Brasil	DPPH	0.18 ± 0.01 g /g	Gollo et al. (2020)
<i>Greigia sphacelata</i>	Pulpa	Hidroetanólico	Chile	DPPH	487.11 ± 26.22 µmol de Trolox equivalente/g fruta seca	Barrientos et al. (2020)
<i>Greigia sphacelata</i>	Semillas	Hidroetanólico	Chile	ABTS	140.49 ± 3.58 µmol de Trolox equivalente/g fruta seca	Barrientos et al. (2020)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Acetato de etilo	Brasil	DPPH	3.5 ± 0.2 µg/mL	Oliveira-Junior et al. (2013a)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Flores	Acetato de etilo	Brasil	DPPH	13.4 ± 0.5 µg/mL	Oliveira-Júnior et al. (2012)
<i>Neoglaziovia variegata</i>	Hojas	Acetato de etilo	Brasil	DDPH	5.08 ± 0.20 µg/mL	De Lima-Saraiva et al. (2012)
<i>Encholirium spectabile</i>	Hojas	Cloroformo	Brasil	DPPH	25.4 ± 4.4 mg/mL	Oliveira-Junior et al. (2013b)
<i>Bromelia antiacantha</i>	Fruto	Etanol	Brasil	DPPH	94.5 ± 0.7 %	Rodrigues et al. (2024)
<i>Encholirium spectabile</i>	Partes aéreas	Etanol	Brasil	DPPH	87.03 %	Moraes de Carvalho et al. (2010)
<i>Bromelia antiacantha Bertol</i>	Fruto	Metanólico	Brasil	ABTS	11.4 ± 2.1 mmol Trolox / g	Otero et al. (2020)



Conclusiones

Esta revisión resalta el notable potencial de las Bromeliaceae como fuentes de metabolitos secundarios con propiedades medicinales y subraya la necesidad de ampliar las investigaciones en esta familia de plantas, especialmente, en especies poco estudiadas y distribuidas en regiones como Panamá y Centroamérica, donde los estudios son escasos. Estos estudios no solo incrementarían el conocimiento sobre sus propiedades terapéuticas, sino que también proporcionarían una base para comprender de manera integral sus mecanismos de acción.

En este mismo contexto, se destaca la necesidad de profundizar en los estudios preclínicos y clínicos que validen científicamente la seguridad y eficacia de los compuestos bioactivos identificados en las Bromeliaceae. La realización de estos estudios es fundamental para traducir los hallazgos de laboratorio en aplicaciones prácticas, lo que permitiría su incorporación en tratamientos médicos y contribuiría al fortalecimiento de la medicina tradicional como complemento de la medicina moderna. Este enfoque no solo valorizaría los recursos naturales de América Latina, sino que también tendría un impacto positivo en la salud pública, especialmente en regiones con limitado acceso a medicamentos convencionales.

Agradecimientos

Agradecemos a Darielis Lezcano por su valiosa colaboración con fotografías de las bromelias que fueron utilizadas en este artículo. Además, la Lic. Viviana Carrasco agradece a la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT) por el financiamiento de la investigación APY-NI-2024A-21. De igual forma, el Lic. Deilyn Quiel agradece a la SENACYT por la beca otorgada para realizar los estudios del programa de Maestría en Ciencias Químicas con Énfasis en Inocuidad Alimentaria de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y a la Maestría en Ciencias Químicas con Énfasis en Inocuidad Alimentaria de la UNACHI.



Referencias

Alibi, S., Crespo, D. y Navas, J. (2021). Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, 10(3), 231. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10030231>

Amendoeira, F. C., Frutuoso, V. S., Zanon, C., Chedier, L. M., Figueiredo, M. R., Kaplan, M. A. C., Castro-Bandeira-Melo, C. y Faria-Neto, H. C. (2005). Anti-inflammatory activity in the aqueous crude extract of the leaves of *Nidularium procerum*: A bromeliaceae from the Brazilian coastal rain forest. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(6), 1010-1015. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.1010>

Ávalos-Flores, E., López-Castillo, L. M., Wielsch, N., Hupfer, Y., Winkler, R. y Magaña-Ortiz, D. (2022). Protein extract of *Bromelia karatas* L. rich in cysteine proteases (ananain-and bromelain-like) has antibacterial activity against foodborne pathogens *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium*. *Folia Microbiologica*, 67(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12223-021-00906-9>

Ayil-Gutiérrez, B. A., Amaya-Guardia, K. C., Alvarado-Segura, A. A., Polanco-Hernández, G., Uc-Chuc, M. A., Acosta-Viana, K. Y., Guzmán-Marín, E., Samaniego-Gómez, B. Y., Poot-Poot, W. A., Lizama-Uc, G. y Villanueva-Alonzo, H. de J. (2022). Compound Identification from *Bromelia karatas* Fruit Juice Using Gas Chromatography–Mass Spectrometry and Evaluation of the Bactericidal Activity of the Extract. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/app12147275>

Barrientos, R. E., Ahmed, S., Cortés, C., Fernández-Galleguillos, C., Romero-Parra, J., Simirgiotis, M. J. y Echeverría, J. (2020). Chemical Fingerprinting and Biological Evaluation of the Endemic Chilean Fruit *Greigia sphacelata* (Ruiz and Pav.) Regel (Bromeliaceae) by UHPLC-PDA-Orbitrap-Mass Spectrometry. *Molecules*, 25(16). <https://doi.org/10.3390/molecules25163750>

Cach-Pérez, M. J., Andrade, J. L. y Reyes-García, C. (2014). La susceptibilidad de las bromeliáceas epifitas al cambio climático. *Botanical Sciences*, 92(2), 157-168.

Carrillo, W., Calva, J. y Benítez, Á. (2022). The Use of bryophytes, lichens and bromeliads for evaluating air and water pollution in an Andean city. *Forests*, 13(10), 1607. <https://doi.org/10.3390/f13101607>

Chávez Sahagún, E., Torres, J. L. A. y García, C. R. (2017). Epifitas para neófitos: las bromeliáceas y sus fascinantes tricomas. *Desde El Herbario CICY*, 9, 54–59.

Coelho, R.G, Honda, N. K., Vieira, M. D. C., Brum, R. L., Pavan, F. R., Leite, C. Q. F. y Cardoso, C. A. L. (2010). Chemical composition and antioxidant and antimycobacterial activities of *Bromelia balansae* (Bromeliaceae). *Journal of medicinal food*, 13(5), 1277-1280. <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0032>

Da Silva Balin, P., Zanatta, F. C., Jorge, B. C., Leitão, M., Kassuya, R. M., Cardoso, C. A. L., Kassuya, C. A. L. y Arena, A. C. (2018). Toxicological evaluation and anti-inflammatory potential of an ethanolic extract from *Bromelia balansae* (Bromeliaceae) fruit. *Journal of Ethnopharmacology*, 222, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.04.049>

De Cássia da Silveira e Sá, R., Andrade, L. N., y de Sousa, D. P. (2013). A review on anti-inflammatory activity of monoterpenes. *Molecules*, 18(1), 1227-1254. <https://doi.org/10.3390/molecules18011227>

De Lima-Saraiva, S. R. G., Guimarães, A. L., de Oliveira, A. P., Saraiva, H. C. C., de Oliveira-Júnior, R. G., de Barros, V. R. P., Menezes, V.G., de Oliveira R.A., Sousa Silva, F., Santana de Lima, R., Tavares de Matos, M.H., Cavalcanti Amorim, E.L. y da Silva Almeida, J. R. G. (2012). Antioxidant



activity and acute toxicity of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). *African Journal of Biotechnology*, 11(75), 13998-14006. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB12.1913>

Delaporte, R. H., Sarragiotto, M. H., Takemura, O. S., Sánchez, G. M., Filho, B. P. D. y Nakamura, C. V. (2004). Evaluation of the antioedematogenic, free radical scavenging and antimicrobial activities of aerial parts of *Tillandsia streptocarpa* Baker - Bromeliaceae. *Journal of Ethnopharmacology*, 95(2-3), 229-233. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.07.022>

Errasti, M. E., Caffini, N. O., Pelzer, L. E. y Rotelli, A. E. (2013). Anti-inflammatory activity of *Bromelia hieronymi*: comparison with bromelain. *Planta Medica*, 79(03/04), 207-213. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1328201>

Fabri, R. L., y da Costa, J. A. B. M. (2012). Perfil farmacognóstico e avaliação das atividades citotóxica e antibacteriana de *Bromelia antiacantha* Bertol. *Revista Eletrônica de Farmácia*, 9(2), 12-12. <https://doi.org/10.5216/ref.v9i2.18427>

Furtado, M. F. de M., Rodrigues, A. B. L., Vasconcelos, H. C. G., de Almeida, S. S. M. da S. y Cantuária, P. de C. (2024). Investigations on the chemical and bioactivity profile of Bromeliaceae Juss. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22(1), 2037-2058. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-106>

Gollo, A. L., Tanobe, V. O. A., de Melo Pereira, G. V., Marin, O., Bonatto, S. J. R., Silva, S., de Barros, I. R. y Soccol, C. R. (2020). Phytochemical analysis and biological activities of *in vitro* cultured *Nidularium procerum*, a bromeliad vulnerable to extinction. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64026-z>

Gomes, M. A., de Magalhães, B. E. A., dos Santos, W. N. L. y Almeida, J. R. G. da S. (2022). Influence of seasonality on phytochemical composition, phenolic content and antioxidant activity of *neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(3), 2889-2904. <https://doi.org/10.33263/BRIAC123.28892904>

Gonzalez-Salvatierra, C., Andrade, J. L., Escalante-Erosa, F., García-Sosa, K. y Peña-Rodríguez, L. M. (2010). Antioxidant content in two CAM bromeliad species as a response to seasonal light changes in a tropical dry deciduous forest. *Journal of Plant Physiology*, 167(10), 792-799. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.01.001>

Guimaraes-Ferreira, C. A., Rodrigues, E. G., Mortara, R. A., Cabral, H., Serrano, F. A., Ribeiro-dos-Santos, R. y Travassos, L. R. (2007). Antitumor effects *in vitro* and *in vivo* and mechanisms of protection against melanoma B16F10-Nex2 cells by *fastuosain*, a cysteine proteinase from *Bromelia fastuosa*. *Neoplasia*, 9(9), 723-733. <http://dx.doi.org/10.1593/neo.07427>

Helen, P. M., Teena, S.D., Jacob G, G. J., James, J. J. y Anitha, C. (2019). Preliminary phytochemical screening and antioxidant activity of leaf, stem and fruit of *Ananas comosus*. *World Journal of Pharmaceutical Research* www.Wjpr.Net, 8(5), 1407. <https://doi.org/10.20959/wjpr20195-14722>

Herrera, L. (2021). Viviendo entre Bromelias: microambientes aprovechados por herpetofauna arborícola en los bosques nublados de Mesoamérica. *Desde El Herbario CICY*, 13, 66-72, 2021.

Hesselberg, T., Boyd, K. M., Styrsky, J. D. y Gálvez, D. (2023). Host plant specificity in web-building spiders. *Insects*, 14(3), 229. <https://doi.org/10.3390/insects14030229>

Hornung-Leoni, C. T. (2011). Avances sobre usos etnobotánicos de las Bromeliaceae en Latinoamérica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas Medicinales y Aromaticas*, 10(4),



297-314.

Jiménez-lópez, D. A., Trejo-cruz, I. A., y Mó, E. (2016). Uso ceremonial de bromelias epifitas en. Desde El Herbario CICY, 8, 193–198. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/

Kargutkar, S. y Brijesh, S. (2018). Anti-inflammatory evaluation and characterization of leaf extract of *Ananas comosus*. *Inflammopharmacology*, 26, 469-477. <https://doi.org/10.1007/s10787-017-0379-3>

López-García, R., Muro-Pérez, G., López-Santiago, M. A. y Sánchez-Salas, J. (2023). Estudio etnobotánico de las bromelias útiles (Bromeliaceae) en el Valle de Juchipila, Zacatecas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3420>

Machado, F. D. F., Silva, F. v., Fernandes, H. B., Freitas, F. F. B. P., Arcanjo, D. D. R., Lima, J. T., Almeida, J. R. G. S., Oliveira, F. A., & Oliveira, R. C. M. (2013). Gastroprotective Effect of an Ethanolic Extract from *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez (Bromeliaceae) in Rats and Mice. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 68, 0097. <https://doi.org/10.5560/znc.2013.68c0097>

Macedo, J. G. F., de Menezes, I. R. A., Ribeiro, D. A., Santos, M. D. O., de Mâcedo, D. G., Macêdo, M. J. F., de Almeida, B. V., Souza De Oliveira, L. G., Pereira Leite, C. y de Almeida Souza, M. M. (2018). Analysis of the Variability of Therapeutic Indications of Medicinal Species in the Northeast of Brazil: Comparative Study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6769193>

Males, J., Baksh-Comeau, Y., Jaggernauth, D., Ballah, S., Paltoo, S. y Griffiths, H. (2023). Epiphytic CAM bromeliads indicate vulnerability of tropical forest communities to climate change. *Annals of Botany*, 132(4), 699-715. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad152>

Manso, T., Lores, M. y de Miguel, T. (2022). Antimicrobial activity of polyphenols and natural polyphenolic extracts on clinical isolates. *Antibiotics*, 11(1), 46. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010046>

Meza-Espinoza, L., de Lourdes García-Magaña, M., de los Ángeles Vivar-Vera, M., Sáyago-Ayerdi, S. G., Chacón-López, A., Becerra-Verdín, E. M., Dolores Muy-Rangel, M. y Montalvo-González, E. (2017). Aspectos etnobotánicos, nutricionales y actividad biológica de extractos de frutos del género *Bromelia*. *Revista fitotecnia mexicana*, 40(4), 425-437. <http://dx.doi.org/10.35196/rfm.2017.4.425-437>

Monga, G. K., Ghosal, A., Shebitz, D. y Ramanathan, D. (2017). Determination of antibacterial activity in rhizome of plant *Aechmea magdalenae* (andre) andre ex baker. *Journal of Medicinal Herbs and Ethnomedicine*, 3, 13-21. <http://dx.doi.org/10.25081/jmhe.2017.v3.3297>

Moraes de Carvalho, K. I., Fernandes, H. B., Frota Machado, F. D., Oliveira, I. S., Oliveira, F. A., Humberto Nunes, P. M., Lima, J. T., G Silva Almeida, J. R., Meneses Oliveira, R. C. y Humberto Moreira Nunes, P. (2010). Antiulcer activity of ethanolic extract of *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult & Schult f. (Bromeliaceae) in rodents. In *Biol Res* (43), 459-465. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602010000400011>

Moyano, D., Osorio, M., Murillo, E., Murillo, W., Solanilla, J., Méndez, J. y Aristizabal, J. (2012). Evaluación de parámetros bromatológicos, fitoquímicos y funcionalidad antioxidante de frutos de *Bromelia karatas* (Bromeliaceae). *Vitae*, 19(1), S439-S441.

Munteanu, I. G. y Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International journal of molecular sciences*, 22(7), 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>

Oliveira-Junior, R. G., Araújo, C. de S., Souza, G. R., Guimarães, A. L., de Oliveira, A. P., de



Lima-Saraiva, S. R. G., Morais, A. C. S., dos Santos, J. S. R. y Almeida, J. R. G. da S. (2013a). In vitro antioxidant and photoprotective activities of dried extracts from *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(1), 122–127.

<https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.30124>

Oliveira-Júnior, R. G., Ferraz, C. A. A., Souza, G. R., Guimarães, A. L., de Oliveira, A. P., de Lima-Saraiva, S. R. G., Rolim, L. A., Rolim-Neto, P. J. y da Silva Almeida, J. R. G. (2017). Phytochemical analysis and evaluation of antioxidant and photoprotective activities of extracts from flowers of *Bromelia laciniosa* (Bromeliaceae). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 31(3), 600–605. <https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1288073>

Oliveira-Junior, R. G., Souza, G. R., Guimarães, A. L., de Oliveira, A. P., Silva Morais, A. C., da Cruz Araújo, E. C., Nunes, X. P. y Almeida, J. R. G. D. S. (2013b). Dried extracts of *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae) present antioxidant and photoprotective activities in vitro. *Journal of Young Pharmacists*, 5(3), 102–105. <https://doi.org/10.1016/j.jyp.2013.08.005>

Oliveira-Junior, R. G., Souza, G. R., Guimarães, A. L., de Oliveira, A. P., de Souza Araújo, C., Silva, J. C., Gomes Marques Pacheco, A., de Lima-Saraiva, R. G. S., Araújo Rolim, L., Rolim Neto, J. P., Castro, N. R. y da Silva Almeida, J. R. G. (2015). Photoprotective, antibacterial activity and determination of phenolic compounds of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) by high performance liquid chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) analysis. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(22), 576-584. <https://doi.org/10.5897/ajpp2015.4315>

Oliveira-Junior, R. G., Souza Araújo, C., Ribeiro Santa, C. R., Rocha Souza, G., Lima-Saraiva, S. R. G., Guimarães, A. L., Oliveira, A.P., de Siqueira Filho, J. A. Marques Pacheco, A. G. y da Silva Almeida, J. R. G. (2012). Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activity of extracts from the flowers of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*.

Otero, D., Antunes, B., Bohmer, B., Jansen, C., Crizel, M., Lorini, A., Krumreich, F. y Zambiazzi, R. C. (2020). Bioactive compounds in fruits from different regions of Brazil. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(1), 31–40. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000100031>

Peixoto, R. D. M., e Silva, W. E. L. E., Almeida, J. R. G. S., Branco, A., & da Costa, M. M. D. (2016). Antibacterial potential of native plants from the caatinga biome against *Staphylococcus* spp. Isolates from small ruminants with mastitis. *Revista Caatinga*, 29(3), 758-763. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n328rc>

Pérez-Almeida, I., Requena-Rondón, F. y Piñero, G. (2022). Riesgos y beneficios de los metabolitos secundarios vegetales para la alimentación animal y humana. *Hatun Yachay Wasi*, 1(2), 127-142. <https://doi.org/10.57107/hyw.v1i2.30>

Pérez-López, M., Flores-Cruz, M., Martínez-Vázquez, M., Soto-Hernández, M., García-Contreras, R., Padilla-Chacón, D. y Castillo-Juárez, I. (2020). Anti-virulence activities of some *Tillandsia* species (Bromeliaceae). *Botanical Sciences*, 98(1), 117-127. <https://doi.org/10.17129/botsci.2380>

Pío-León, J. F., López-Angulo, G., Paredes-López, O., Uribe-Beltrán, M. D. J., Díaz-Camacho, S. P. y Delgado-Vargas, F. (2009). Physicochemical, nutritional and antibacterial characteristics of the fruit of *Bromelia pinguin* L. *Plant foods for human nutrition*, 64, 181-187. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0125-0>

Pontes, M. C., Cavalcante, N. B., Leal, A. E. B. P., de Oliveira, A. P., Coutinho, H. D. M., de Menezes, I. R. A., Delange, D. M., Turatti, I. C. C., de Oliveira, G. G., Neto, F. C., Tomaz, J. C., Lopes,



N. P. y Almeida, J. R. G. da S. (2022). Chemical constituents and antibacterial activity of *Bromelia laciniosa* (Bromeliaceae): Identification and structural characterization. *Phytomedicine Plus*, 2(1).
<https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2022.100215>

Reyes-García, C., Manrique, C. M. E., Euan, A. D., Pérez, M. J. C., Narcy, A. P. Z., Lanza, R. A. A. O. y Esquivel, J. P. P. (2022). Las bromeliáceas epífitas ¿una fuente adicional de agua para vertebrados en selvas estacionales?. *Desde El Herbario CICY*, 14, 51–56, 2022.

Rocha, F. D., Yano, M., da Cunha, M. R., Gabriel, F. T., Cordeiro, R. S. B., Menezes, F. S., Auxiliadora, M. y Kaplan, C. (2010). Brazilian Bromeliaceae species: isolation of arylpropanoid acid derivatives and antiradical potential. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy* 20(2). Artigo. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000200017>

Rodrigues, K. F., Bitencourt, T. C., Núñez, J. G., Garcia, H. O., Buhl, B., Padilha, G. L., Ethur, E. M., Hoehne, L., Bruno, A. N. y Freitas, E. M. (2024). Phytochemical profile and biological activities of *Bromelia antiacantha* extracts. *Brazilian Journal of Biology*, 84.
<https://doi.org/10.1590/1519-6984.255529>

Sahu, D., Yadav, B., Verma, S., Yadav, A. P., Tilak, V. K. y Maurya, S. D. (2020). Antioxidant Activity and Phytochemical Analysis of Leaf Extracts of Pineapple. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(5), 165–167. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i5.4397>

Santana, C. R. R., de Oliveira-Júnior, R. G., Araújo, C. D. S., Souza, G. R., de Lima-Saraiva, S. R. G., Guimarães, A. L., de Oliveira, A. P., de Siqueira Filho, J. A., Pacheco, A. G. M., Da, J. R. G. y Almeida, S. (2012). Phytochemical Screening, Antioxidant and Antibacterial Activity of *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae). *International Journal of Sciences*.
<https://ssrn.com/abstract=2572088>

Vieira-de-Abreu, A., Amendoeira, F. C., Gomes, G. S., Zanon, C., Chedier, L. M., Figueiredo, M. R., Kaplan, M. A. C., Frutuoso, V. S., Castro-Faria-Neto, H. C., Weller, P. F., Bandeira-Melo, C. y Bozza, P. T. (2005). Anti-allergic properties of the bromeliaceae *Nidularium procerum*: Inhibition of eosinophil activation and influx. *International Immunopharmacology*, 5(13–14), 1966–1974.
<https://doi.org/10.1016/j.intimp.2005.06.003>

Vite-Posadas, J. A., Brechú-Franco, A. E., Laguna-Hernández, G., Rojas-Bribiesca, M. G. y Osuna-Fernández, H. R. (2011). Morphoanatomical characterization and antimicrobial activity of *Tillandsia imperialis* (Bromeliaceae). *Polibotánica*, (31), 20-29.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=5648365>

Zotz, G. (2016). *Plants on plants-the biology of vascular epiphytes*. Berlin: Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-39237-0>