

Revista Científica

 **WIDA**
NATURAL



Universidad Autónoma de Chiriquí
Vol. 2 No. 1, julio - diciembre, 2024
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 SUPERIORES
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

Dra. Olda Cano
Vicerrectora de Extensión

Dra. Rosemary Hernández
Secretario General

Mgtr. Pedro Rojas

REVISTA CIENTÍFICA VIDA NATURAL

Jefe Editorial

Dra. Diana Carolina Gómez González
Vicerrectoría de Investigación y Posgrado
Universidad Autónoma de Chiriquí

Comité Editorial

Dr. Eyvar E. Rodríguez Quiel
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas
Universidad Autónoma de Chiriquí

Dr. Alonso Santos Murgas
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas
Universidad de Panamá

Dra. Edilia de la Rosa Manzano
Instituto de Ciencias aplicadas
Universidad de Tamaulipas.

Dra. Soizic Gibeaux
Université de Bretagne Sud

Ficha Técnica:

Páginas: 81

Diseño y diagramación: Tomás Herrera
Programador de HTML René Araúz

Volumen 2 Número 1

Páginas

Publicación Digital

revista.vidanatural@unachi.ac.pa

Foto de portada

MSc. Liliam Voltas

2024

Contenido

- Aves en entornos urbanos: los parques como refugios de vida silvestre en el Occidente de Panamá 1 - 17
- Evaluación preliminar de la calidad de agua en el bosque de manglar de la barriada Nuevo Colón, corregimiento de Sabanitas, Colón, Panamá 18 - 32
- Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles asociada al sendero natural árboles cuadrados del Valle de Antón, Provincia de Coclé 33 - 46
- Clutches of the Cat-eye snakes genus *Leptodeira* spp. (SERPENTES: Dipsadidae), with a bibliographic review and new reports for Panama 47 - 62
- Necrophagy in *Leptodeira rhombifera* (Squamata: Serpentes) in Panama 63 - 69
- Factores ambientales que influyen a nivel fisiológico en la germinación de semillas de Bromelias 70 - 81



Aves en entornos urbanos: los parques como refugios de vida silvestre en el Occidente de Panamá Birds in urban environments: parks as wildlife refuges in Western Panama

Liliam Voltas¹

<https://orcid.org/0009-0005-1698-4141>

Boris Sanjur²

Jorge Luis Pino³

<https://orcid.org/0000-0002-0967-5528>

¹Universidad Autónoma de Chiriquí, David, Chiriquí. Instituto de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible

²Universidad Autónoma de Chiriquí. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Escuela de Biología

³Universidad Autónoma de Chiriquí. Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación

Autor correspondiente: jorge.pino@unachi.ac.pa

Enviado el: 7 de mayo de 2024 Aceptado el: 23 de junio de 2024

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i1.747>

Resumen

Los parques urbanos juegan un papel fundamental en la preservación de la biodiversidad relictiva en entornos urbanizados. Se realizó un estudio de la avifauna presente en cinco parques urbanos en la Región Occidental de Panamá (David): Altos del Morazán, Ivu Primavera, 28 de Noviembre, Plaza Bolívar, Paco García. Se reportaron 450 individuos distribuidos en ocho ordenes, 18 familias y 33 especies. Las especies más abundantes fueron: el Perico Barbinaranja (*Brotogeris jugularis*), la Tortolita Rojiza (*Columbina talpacoti*), la Tangara Azuleja (*Thraupis episcopus*), el Sotorrey Común (*Troglodytes aedon*) y el Tordo Coligrande (*Quiscalus mexicanus*). Tres especies migratorias fueron registradas: *Empidonax* sp., *Piranga rubra* y *Setophaga petechia*. La información presentada es de línea base y aporta al conocimiento sobre la biodiversidad en entornos urbanos del Occidente de Panamá.

Palabras clave

Aves, biodiversidad, conservación, Panamá, parques urbanos.

Abstract

Urban parks play a fundamental role in preserving relict biodiversity in urbanized environments. A study was carried out on the birdlife present in 5 urban Parks in the Western Region of Panama (David): Altos del Morazán, Ivu Primavera, 28 de Noviembre, Plaza Bolívar, Paco García. A total of 450 individuals distributed in 8 orders, 18 families and 33 species were reported. The most abundant species were: the Orange-chinned Parakeet (*Brotogeris jugularis*), the Ruddy ground dove (*Columbina talpacoti*), the Blue-gray Tanager (*Thraupis episcopus*), the House Wren (*Troglodytes aedon*) and the Great-tailed grackle (*Quiscalus mexicanus*). Three migratory species were recorded: *Empidonax* sp., *Piranga rubra* and *Setophaga petechia*. The information presented is baseline and contributes to knowledge about biodiversity in urban environments in Western Panama.

Keywords

Biodiversity, birds, conservation, urban parks, Panama.



Introducción

Los parques urbanos tienen un papel fundamental en la preservación de la biodiversidad de estos entornos modificados, brindando refugio y alimento a una variedad de especies vegetales y animales, generalmente representativos de la biodiversidad local y en algunas ocasiones de especies migratorias (Muñoz et al., 2021).

Los espacios, que brindan los parques urbanos no solo proporcionan áreas de recreación para los habitantes de las ciudades, sino que también actúan como corredores que permiten la conectividad entre diferentes ecosistemas fragmentados por la urbanización. Según estudios recientes, la creación y conservación de parques urbanos son esenciales para contrarrestar la pérdida de biodiversidad en entornos urbanos cada vez más densificados (Wang et al., 2017).

Las actividades antropogénicas y su aumento demográfico asociado, propician un desarrollo urbano no sostenible dado la eliminación de cobertura arbórea, áreas verdes dentro de las urbes y merma de la biodiversidad urbana. La práctica de cementar y pavimentar estructuras para rutas viales y edificaciones, así como la eliminación de ecosistemas dentro de las ciudades tiene como consecuencias aumento de la contaminación atmosférica y el aumento de temperatura (Dhorde et al., 2009; Kataoka et al., 2009); lo que genera islas de calor (Fuentes Pérez, 2014) y la pérdida de biodiversidad, factores que consecuentemente colaboran con la aceleración del cambio climático. Las ciudades, son uno de los factores que más contribuyen al cambio climático, estas consumen el 78 % de la energía mundial y producen más del 60 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, abarcan menos del 2 % de la superficie de la Tierra (PNUMA, 2005).

Una variedad de estrategias han sido históricamente implementadas en diferentes áreas geográficas, para mitigar los efectos detrimentales causados al entorno natural, como producto del desarrollo urbanístico; esto, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población humana y la persistencia de la biodiversidad local (Martínez-Valdés et al., 2020; Penteadó y Alvarez, 2007; Varas et al., 2021).

En la Región Occidental de Panamá, se desarrolla la iniciativa de arborizar parques urbanos de la ciudad de David, como una estrategia para mitigar las consecuencias de la expansión urbana y para conservar la biodiversidad asociada a estas áreas verdes. Esta ciudad, cuenta con una rápida expansión y transformación paisajística, lo que genera gran preocupación, pues los efectos ambientales asociados a



estos tipos de cambios en zonas urbanas, son ampliamente documentados desde tiempos ancestrales (Riad et al., 2020); y cuyos efectos impactan el paisaje, la flora y fauna local (Muñoz et al., 2021).

Las aves, son un grupo taxonómico ampliamente utilizado como indicadores para valorar la diversidad e integridad de ecosistemas (Mekonen, 2017), estas coexisten en casi en todos los ecosistemas del planeta y representan un buen punto de partida para conocer la condición que presentan los remanentes arbolados en nuestros ecosistemas urbanos.

Existen alrededor de unas 10 mil especies de aves que están presentes en una gran cantidad de hábitats (Callaghan et al., 2021; Xiao et al., 2017); debido a la sensibilidad que algunos grupos taxonómicos muestran en cuanto a cambios de estructura y composición de sus comunidades, en respuesta a cambios en la cadena alimenticia y a las alteraciones del ambiente, estas son consideradas como indicadores de la salud de los ecosistemas. Según BirdLife International, un 40 % de las especies de las aves del mundo (3,967) tienen tendencias de población en declive, un 44 % son estables (4,393), 7 % que están aumentado (653) y 8 % con tendencias desconocidas.

Las aves brindan múltiples servicios ecosistémicos, entre ellos, regulan la incidencia de las enfermedades y especies plagas, son fuentes de alimentación, participan en la polinización de los cultivos y especies silvestres, además de estar vinculados en actividades recreativas y culturales antropogénicas (Gaona y Rodríguez, 2015; Williamson, 2010).

La finalidad de este trabajo es documentar la presencia de aves asociadas a parques urbanos, localizados en la Ciudad de David en la Región Occidental de Panamá; los cuales se muestran como entornos cada vez más frecuentes. La información generada, se vincula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030; en particular, los objetivos 11: ciudades y comunidades sostenibles; 13: acción por el clima y 15: vida de ecosistemas terrestres.

Materiales y Métodos

El registro de las aves se realizó por observación directa apoyados en el uso de binoculares Simmons ProSport, objetivo de 50 mm; se utilizó una cámara Canon Powershot Sx 70 HS para documentar las aves;



la georreferenciación de los sitios se realizó con un dispositivo GPSMAP 64sx Garmin. Se utilizó como base para la identificación taxonómica de especies, la plataforma e-Bird (Sullivan et al., 2009) y la guía de aves de Panamá (Angehr y Dean, 2010); para los nombres comunes se utilizó la lista de Aves de Panamá 2023 (AUDUBON-PANAMÁ, 2023). El área de estudio comprendió 5 parques urbanos en el Distrito de David, en la Región Occidental de Panamá; estos son: el Parque 28 de noviembre (8°25'18.1"N 82°25'59.5"W), Parque Altos de Morazán (8°25'27.2"N 82°24'58.5"W), Parque Paco García (8°25'43.6"N 82°25'46.7"W), Parque Ivu Primavera (8°24'42.3"N 82°25'58.4"W), Parque Plaza Bolívar (8°25'27.6"N 82°25'17.6"W).

Se realizaron sesiones de registro de aves mensuales en cada parque, en mayo-junio-julio y en octubre-noviembre-diciembre de 2021, generando seis sesiones en cada parque y 30 sesiones en total. Estas sesiones de muestreo de aves corresponden, la primera, a la época de reproducción de aves residentes (Brawn et al., 1999); y la segunda a la temporada de reproducción de aves migratorias neotroicales.

Para el registro o conteo de las aves, se aplicó la metodología de conteo estacionario, con el fin de caracterizar la comunidad de aves en un mismo punto de muestreo en cada parque. En estos conteos, se consideraron las recomendaciones del protocolo de muestreo del Programa de América Latina para las Aves Silvestres, PROALAS, implementado en la base de datos de eBird del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell (Ruiz et al., 2020). Las observaciones se llevaron a cabo en un rango horario entre 7:00 am - 10:00 am. Durante los conteos se registraron todas las aves vistas y/o escuchadas durante 15-20 minutos.

Resultados

Se registró un total de 450 individuos; los cuales representaron 33 especies de aves distribuidas en ocho órdenes y 18 familias (tabla 1). El Orden predominante de aves es el Passeriformes, con 11 familias registradas (61.11 %). Los meses en los cuales se registró un mayor avistamiento de aves fueron junio y octubre (tabla 2). En cuanto a la representatividad por familia, en Psittacidae (4 especies), Thraupidae (5 especies) y Tyrannidae (5 especies), registraron el mayor número de especies. Las especies más abundantes fueron: el Perico Barbinaranja (*Brotogeris julgularis*) (23.33 %), la Tortolita Rojiza (*Columbina*



talpacoti) (14.22 %), la Tángara Azuleja (*Thraupis episcopus*) (9.77 %), el Sotorrey Común (*Troglodytes aedon*) (7.55 %), y el Tordo Coligrande (*Quiscalus mexicanus*) (5.33%).

Tabla 1.

Diversidad taxonómica de aves registradas en Parques urbanos del Occidente de Panamá, Ciudad de David.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma Común
		<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma Colorada
		<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero Piquiliso
		<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla
Apodiformes	Trochilidae	<i>Helimaster longirostris</i>	Colibrí Piquilargo
		<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí Cola Rufa
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Elanio Chico
		<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Caminero
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirrojo
Falconiformes	Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara Cabeciamarillo
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula pertinax</i>	Perico Carisucio
		<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja
		<i>Amazona autumnalis</i>	Loro Frentirrojo
		<i>Amazona sp.</i>	Loro
		<i>Megarynchus pitangua</i>	Mosquero Picudo
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla Común
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Común
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical
		<i>Empidonax sp.</i>	Atrapamoscas
	Hirundinidae	<i>Progne chalybea</i>	Golondrina Pechi Gris
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey Común
	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Sinsonte Tropical
	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo Pardo
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Común
	Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero Menor
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Tordo Coligrande
	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	Tángara Veranera
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azuleja
		<i>Thraupis palmarum</i>	Tángara Palmera
<i>Coereba flaveola</i>		Mielero Reinita	
<i>Sporophila corvina</i>		Espiguero Variable	
Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	



Tabla 2.

Diversidad temporal de aves registradas por Paque Urbano muestreado.

Especie más abundante

Mes con mayor # especies

Parque Altos del Morazán

Nº Especie	Nombre científico	Nombre común	Mayo	Junio	Julio	Oct	Nov	Dic	Nº Individuos
1	<i>Columba livia</i>	Paloma Común	1	0	0	0	0	0	1
2	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	2	3	2	12	0	0	19
3	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero Piquilliso	0	0	0	0	1	0	1
4	<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí Colirufa	0	0	0	0	0	1	1
5	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Caminero	0	1	1	0	0	0	2
6	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirrojo	0	0	1	1	1	1	4
7	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja	0	0	0	0	3	2	5
8	<i>Amazona autumnalis</i>	Loro Frentirojo	0	0	0	0	0	4	4
9	<i>Amazona sp.</i>	Loro	2	0	0	2	0	0	4
10	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Común	2	0	2	0	0	1	4
11	<i>Empidonax sp.</i>	Atrapamoscas	0	0	0	1	0	0	1
12	<i>Progne chalybea</i>	Golondrina Pechi Gris	3	0	0	3	0	0	6
13	<i>Troglodytes aedon</i>	Sotorrey Común	2	1	3	1	1	0	8
14	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Común	0	0	3	0	0	0	3
15	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Tordo Coligrande	1	0	1	1	3	0	6
16	<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azuleja	4	2	1	0	1	0	8
17	<i>Sporophila corvina</i>	Semillero Variable	2	0	2	1	0	0	5
TOTAL			19	7	16	22	10	9	82

Parque Plaza Bolívar

Nº Especie	Nombre científico	Nombre común	Mayo	Junio	Julio	Oct	Nov	Dic	# Individuos
1	<i>Columba livia</i>	Paloma Común	2	0	2	1	2	2	9
2	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma Colorada	0	0	0	2	1	0	3
3	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	4	5	3	2	0	3	17
4	<i>Helimaster longirostris</i>	Helimaster Piqui Largo	0	0	0	16	0	0	16
5	<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí Cola Rufa	0	0	0	0	2	0	2
6	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Caminero	0	1	0	0	0	0	1
7	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirrojo	0	0	2	0	0	1	3
8	<i>Eupsittula pertinax</i>	Perico Carisucio	0	0	1	2	2	0	5
9	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja	4	4	2	0	0	0	10



10	<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla Común	0	1	0	0	0	0	1
11	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	0	1	2	0	0	0	3
12	<i>Progne chalybea</i>	Golondrina Pechi Gris	0	0	3	0	0	0	3
13	<i>Troglodytes aedon</i>	Sotorrey Común	4	2	3	1	1	0	11
14	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Tordo Coligrande	0	0	1	0	0	0	1
15	<i>Piranga rubra</i>	Tángara Veranera	0	0	0	0	1	0	1
16	<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azuleja	4	2	2	2	2	4	16
17	<i>Coereba flaveola</i>	Mielero Reinita	1	0	0	0	0	0	1
TOTAL			19	16	21	26	10	10	103

Parque Paco García

Nº Especie	Nombre científico	Nombre común	Mayo	Junio	Julio	Oct	Nov	Dic	# Individuos
1	<i>Columba livia</i>	Paloma Común	2	0	2	0	0	0	4
2	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma Colorada	0	0	0	0	2	0	2
3	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	0	6	6	2	4	2	20
4	<i>Piana cayana</i>	Cuco Ardilla	1	0	0	0	0	0	1
5	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Caminero	0	0	0	0	0	1	1
6	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirrojo	0	0	1	1	1	0	3
7	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara Cabeciamarilla	0	0	0	2	2	2	6
8	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja	3	10	10	6	6	0	35
9	<i>Amazona autumnalis</i>	Loro Frentirojo	0	0	0	0	0	2	2
10	<i>Amazonia sp.</i>	Loro	2	0	0	0	0	0	2
11	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	2	2	1	0	3	1	9
12	<i>Empidonax sp.</i>	Atrapamoscas	0	0	0	0	1	0	1
13	<i>Progne chalybea</i>	Golondrina Pechi Gris	0	6	0	0	0	2	8
14	<i>Troglodytes aedon</i>	Sotorrey Común	1	4	1	0	0	1	7
15	<i>Mimus gilvus</i>	Sinsonte	0	0	0	0	1	0	1
16	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Común	0	0	0	0	0	1	1
17	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero Menor	0	2	0	0	0	0	2
18	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Tordo Coligrande	0	0	1	0	2	0	3
19	<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azuleja	0	2	2	2	1	3	10
20	<i>Thraupis palmarum</i>	Tángara Palmera	0	2	0	0	0	0	2
21	<i>Coereba flaveola</i>	Mielero Reinita	2	0	0	1	1	0	4
22	<i>Sporophila corvina</i>	Semillero Variable	3	2	0	0	0	0	5
23	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL			17	36	27	12	21	14	130



Parque 28 de Noviembre

Nº Especie	Nombre científico	Nombre común	Mayo	Junio	Julio	Oct	Nov	Dic	# Individuos
1	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma Colorada	0	1	0	0	0	0	1
2	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	2	1	0	2	1	0	6
3	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Elanio Chico	2	0	0	0	0	0	2
4	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Caminero	1	0	1	1	2	1	6
5	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirrojo	0	0	1	0	0	0	1
6	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja	14	22	0	3	0	4	43
7	<i>Amazonia sp.</i>	Loro	1	0	0	2	0	0	3
8	<i>Megarynchus pitangua</i>	Mosquero Picudo	1	0	0	0	0	0	1
9	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	1	0	2	0	0	0	3
10	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Común	0	0	0	2	0	1	3
11	<i>Progne chalybea</i>	Golondrina Pechi Gris	0	0	0	3	0	0	3
12	<i>Troglodytes aedon</i>	Sotorrey Común	0	0	0	0	1	0	1
13	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Tordo Coligrande	1	1	6	0	0	0	8
14	<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azuleja	0	0	2	0	0	0	2
15	<i>Sporophila corvina</i>	Semillero Variable	0	0	1	0	0	0	1
TOTAL			23	25	13	13	4	6	84

Parque Ivu primavera

Nº Especie	Nombre científico	Nombre común	Mayo	Junio	Julio	Oct	Nov	Dic	# Individuos
1	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	1	0	0	0	0	1	2
2	<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	1	0	0	0	0	0	1
3	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirrojo	1	0	1	1	2	0	5
4	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara Cabeciamarillo	0	2	0	0	0	1	3
5	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja	6	2	2	0	0	2	12
6	<i>Amazona sp.</i>	Loro	0	0	0	2	0	0	2
7	<i>Troglodytes aedon</i>	Sotorrey Común	3	1	1	0	1	1	7
8	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo Pardo	1	0	0	0	0	0	1
9	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Tordo Coligrande	0	0	0	0	4	2	6
10	<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azuleja	2	2	2	1	1	0	8
11	<i>Coereba flaveola</i>	Mielerio Reinita	2	0	0	1	0	0	3
12	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	0	0	0	1	0	0	1
TOTAL			17	7	6	6	8	7	51



Discusión

Los meses de mayor avistamiento de aves en los parques muestreados, es congruente con el avance de la estación lluviosa (junio) y el mes de mayor precipitación pluvial en Panamá (octubre) (Amador, 1988; Name y Villarreal, 2004), período en el cual muchas especies de plantas florecen o bien ya producen sus frutos, y la abundancia de insectos se incrementa, ofertando a las aves una variedad de fuentes nutricionales. El incremento en las precipitaciones en la región, también coincidió con un aumento, anecdótico, de la presencia de insectos asociados a ambientes más húmedos o dependientes de cuerpos de agua para su reproducción. En los parques evaluados, fueron evidentes insectos como mosquitos (Culicidae), las cucarachas (Blattidae), las chinches hediondas (Pentatomidae) y termitas (Kalotermitidae); los cuales podrían representar un recurso importante en estos paisajes transformados, que ya cuentan con una reducida representación de insectos nativos.

La curva total de acumulación de especies (figura 1), muestra lo que podría ser el inicio de una asíntota en su incremento, es decir que se podría estar cerca de conocer el número de especies que habitan los parques muestreados. La figura, muestra un bajo incremento en el registro de especies nuevas en los meses de noviembre-diciembre, lo que coincide con el cambio de estación hacia la estación seca. Esto podría suponer, una disminución de recursos alimenticios adicionada a la escasez intrínseca de estos hábitats, en donde las aves locales se desplazarían a usar espacios boscosos con mayores recursos.

Tabla 3.

Estado de conservación y dieta de las especies de aves reportadas en Parques Urbanos del Distrito de David.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	ESTATUS*		DIETA **	
			UICN/ MiAmbiente		Mayor	Menor
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma Común	LC	R	G	FR
	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma Colorada	LC	R	G	FR
	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	LC	R	G, FR	I
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero Piquiliso	LC	R	I	FR
	<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	LC	R	I	FR
Trochilidae	<i>Heliomaster longirostris</i>	Heliomaster Piquilargo	VU	R	N	I
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí Cola Rufa	VU	R	N	I
Accipitridae	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Elanio Chico	VU	R	C	---
	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Caminero	VU	R	C	---
Picidae	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero Coronirojo	LC	R	I	FR
Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara Cabeciamarillo	LC	R	C	FR
Psittacidae	<i>Eupsittula pertinax</i>	Perico Carisucio	VU	R	FR	---
	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico Barbinaranja	VU	R	FR, G	N, FO
	<i>Amazona autumnalis</i>	Loro Frentirrojo	VU	R	FR	FO
Tyrannidae	<i>Amazona sp.</i>	Loro	VU	R	FR	FO
	<i>Megarynchus pitangua</i>	Mosquero Picudo	LC	R	I, C	FR
	<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla Común	LC	R	I	---
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	LC	R	I	---
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Común	LC	R	I	C
	<i>Empidonax sp.</i>	Atrapamoscas	VU	M	I	---
Hirundinidae	<i>Progne Chalybea</i>	Golondrina Pechigris	LC	R	I	---
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey Común	LC	R	I	---
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Sinsonte Tropical	LC	R	I	---
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo Pardo	LC	R	I	G
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Común	LC	R	G	I
Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero Menor	LC	R	FR	FO
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Talingo	LC	R	FR, G	C
Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	Tangara Veranera	LC	M	I	FR
Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara Azuleja	LC	R	I	FR
	<i>Thraupis palmarum</i>	Tangara Palmera	LC	R	FR	I, N
	<i>Sporophila corvina</i>	Semillero Variable	LC	R	G	FR, I
	<i>Coereba flaveola</i>	Mielerero Reinita	LC	R	N	FR, I
Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	LC	M	I	---

*Estado de la Lista Roja de la UICN / Ministerio de Ambiente, 2016.

LC: Preocupación menor; VU: Vulnerable; EN: Peligro crítico; R: Residente; M: Migratorio

**Dieta según Sociedad Nacional Audubon. Guía de Aves, Kenn Kaufman© 1996/Cornell Lab Ornithology

C: Carnívoro; I: insectívoro; H: Herbívoro; FR: frugívoro; FO: folívoro; G: Granívoro; N: nectívoro; R: rizófago.

En los meses de octubre, noviembre y diciembre, se registraron especies migratorias, lo cual es congruente con el reporte de aves migratorias en otras regiones del país (Guevara y Samudio, 2021), esto evidencia la importancia de estos fragmentos de hábitats durante el paso o bien estadía de estas aves en el país.

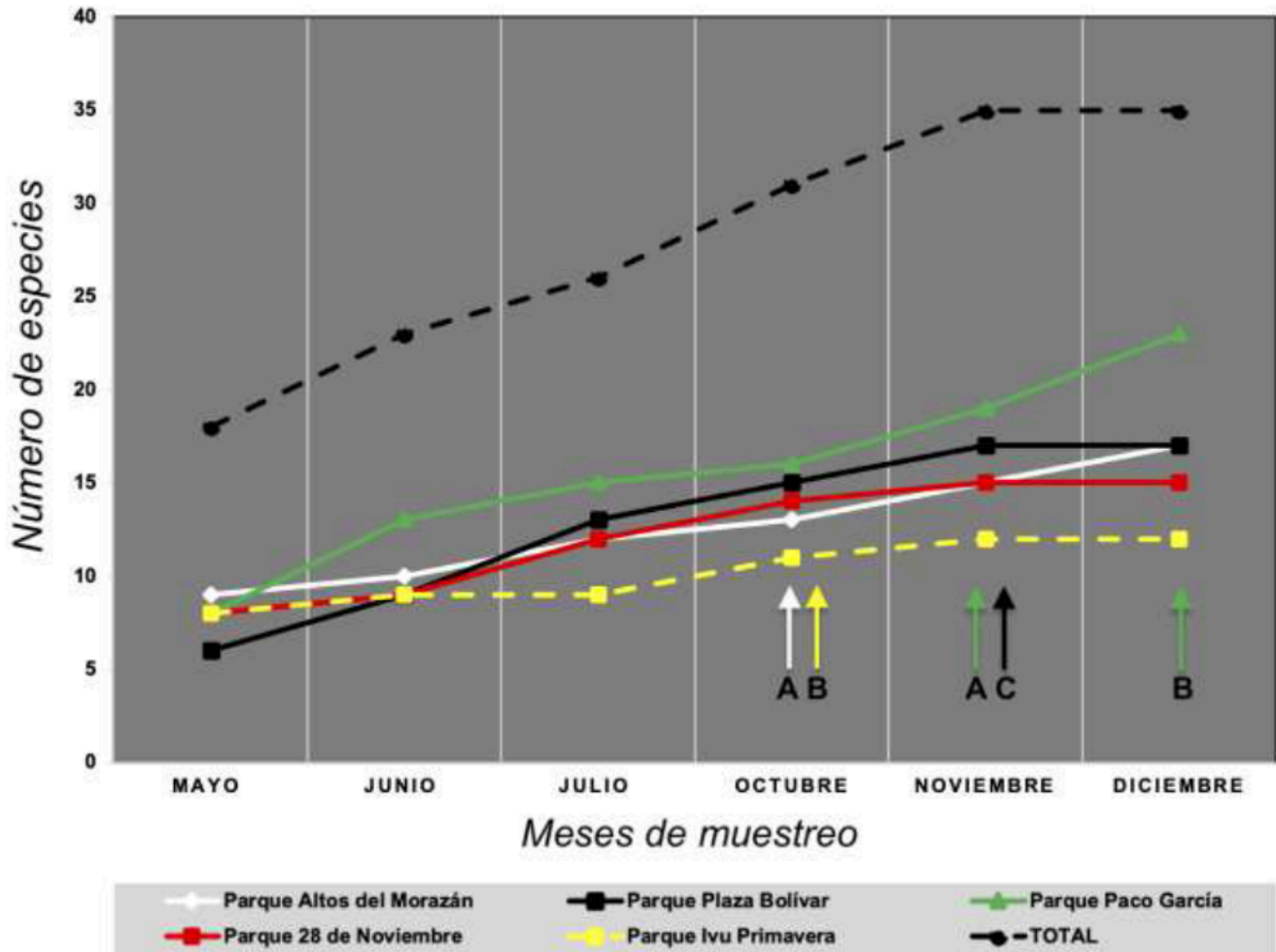


Figura 1. Curva de acumulación de especies de aves en función de los meses, por parque muestreado y acumulativo total. Las flechas indican los meses de avistamiento de las especies migratorias: A- *Empidonax* sp.; B- *Setophaga petechia*; C- *Piranga rubra*; por parque (ver código de color).

La transformación histórica del paisaje en la Región Occidental de Panamá (Castro Herrera, 2006; Suarez, 1981), en la que se encuentran los parques estudiados, ha generado cambios en la

estructura y disponibilidad de las comunidades de invertebrados, que pueden ser alimento para las aves; ante este escenario, especies con dietas muy especializadas como las rapaces (figura 2) y los colibríes contaron con una representatividad taxonómica relativamente baja; aun así llama la atención que estos grupos aun persisten en estos hábitats. Otras especies con una espectro de dieta más amplia, tuvieron una mayor representatividad taxonómica relativa, muy probablemente debido que las capacidades de adaptarse a estos entornos, en lo referente a la dieta, también promueve una disparidad poblacional con respecto a las poblaciones de especies con dietas especializadas, lo cual influye en la frecuencia de los avistamientos.



Figura 2.
Gavilán Caminero (*Rupornis magnirostris*), ave con dieta especializada considerada vulnerable por la UICN, registrada en los Parques urbanos muestreados.

El perico barbinaranja, fue la especie con mayor número de registros (105 avistamientos) en los Parques muestreados; esta especie se considera común en la región, y ha sido reportada como



abundante en otras áreas alteradas, pero mejor conservadas, en tierras bajas de Panamá Central (Guevara y Delgado, 2021). La reproducción en esta especie en la región, ocurre durante febrero-marzo, tiempo en el cual anidan en casas de comejenes y troncos huecos (observaciones personales), por lo que el incremento general de avistamientos en los meses junio-octubre, podrían incluir individuos juveniles. Esta especie también se muestra abundante en Ciudad de Panamá, en donde encontramos congregaciones muy numerosas, que utilizan los árboles de la Vía Argentina para pernoctar (observaciones personales), lo que implica la adaptabilidad de la especie a estos entornos urbanos y la importancia de la vegetación presente en los mismos.

La composición de plantas en los parques muestreados y en su periferia, incluyen árboles como el mango (*Mangifera indica*) y aguacate (*Persea americana*) los cuales brindan un recurso alimenticio para especies como los psitácidos. En los parques, también se encuentran árboles de higo (*Ficus aurea*), tulipán africano (*Spathodea campanulata*), mirto (*Myrtus communis*), nance (*Byrsonima crassifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), guarumo (*Cecropia peltata*), entre otros que brindan protección y alimento para la persistencia de las especies reportadas.

Sobre el estado de conservación, nueve especies se encuentran en categoría de vulnerable por la UICN, condición a su vez reconocida por el Ministerio de Ambiente de Panamá (Gobierno-de-Panamá, 2016); entre estos, el Colibrí Colarrufa (*Amazilia tzacatl*) y el Colibrí Piquilargo (*Helimaster longirostris*). Entre las principales amenazas identificadas para estas especies están, el cambio climático, la transformación de los hábitats naturales, la captura para su comercio, y la mortalidad causada por mascotas (Mekonen, 2017; Tejera y de Tejera, 2001).

En los Parques se reportaron tres especies de aves migratorias: la Reinita Amarilla (*Setophaga petechia*), el Atrapa Moscas migratorio (*Empidonax* sp.), y la Tángara Veranera (*Piranga rubra*), evidenciando el papel que juegan estos espacios reducidos para la persistencia de especies migratorias (figura 3). La presencia de estas especies migratorias, podrían ser utilizadas en el desarrollo de estrategias de crecimiento urbanístico y de conservación de áreas verdes en la Ciudad de David, actuando como especies sombrillas en donde su conservación propicia la conservación de otras especies residentes (Penteado y Alvarez, 2007). Esto podría ser un motor impulsor de actividades de ciencia ciudadana que vinculen a la academia con los gobiernos locales y el sector privado.

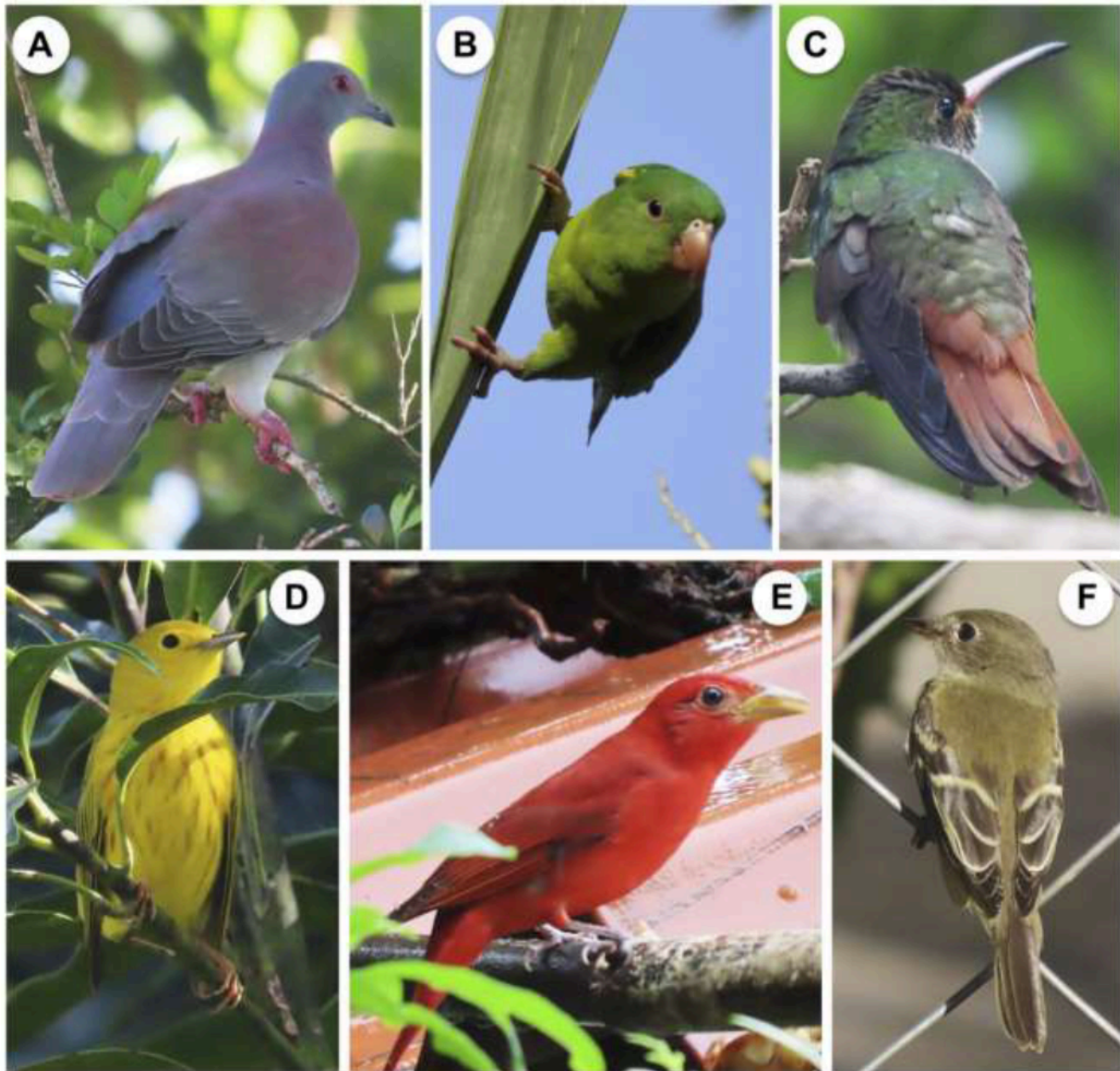


Figura 3.
Aves registradas en Parques Urbanos de David. Especies residentes A- *Patagioenas cayennensis*; B- *Brotogeris jugularis*; C- *Amazilia tzacatl*; especies Migratorias D- *Setophaga petechia*; E- *Piranga rubra*; F- *Empidonax* sp.



Conclusiones

Los parques urbanos estudiados en la Región Occidental de Panamá presentan una baja diversidad en comparación con hábitats no alterados; sin embargo los datos sugieren que estos espacios promueven la persistencia tanto de aves residentes, así como de especies migratorias y de un número de especies en categoría de vulnerable. La información presentada es de línea base y aporta al conocimiento sobre la biodiversidad en entornos urbanos del Occidente de Panamá.

Agradecimientos

Agradecemos muy especialmente a Katherine Araúz Ponce por iniciar en este camino a la primera autora del artículo, por su guía y trabajo en campo. También agradecemos, por el apoyo recibido durante las labores de campo al personal de la Dirección de Gestión Ambiental del Municipio de David, Ilsa Vega Landau y Manuel Vega; a Roger Ríos del Instituto de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible (ICADES); a los revisores anónimos de la revista y a C.N. Modelo por los aportes durante la revisión del manuscrito.

Referencias

- Amador, J. (1988). Temperatura, precipitación y Caudal en Panamá, Parte I: Características generales y distribución estacional. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), 120–135.
- Angehr, G., y Dean, R. (2010). *The birds of Panama: a field guide*. Zona Tropical / Cornell University Press.
- AUDUBON-PANAMÁ. (2023). *Lista de las aves de Panamá 2023: Actualizada por el Comité de Registros de la Sociedad Audubon de Panamá* (p. 28p).
- Brawn, J. D., Karr, J. R., Nichols, J. N., y Robinson, D. (1999). Demography of forest birds in Panama: How do transients affect estimates of survival rates? *Proceedings of the International Ornithological Conference*, 22, 297–305.
- Callaghan, C. T., Nakagawa, S., y Cornwell, W. K. (2021). Global abundance estimates for 9,700 bird species. *PNAS*, 118(21), 1–10. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023170118>
- Castro Herrera, G. (2006). El Istmo en el mundo -Elementos para una historia. *Signos Históricos*, 152–183.
- Dhorde, A., Dhorde, A., y Gadgil, A. (2009). Long-term temperature trends at four largest cities of India during the Twentieth Century. *Journal of Indian Geophysical Union*, 13(2), 85–97. <http://igu.in/13->



2/11amit.pdf

- Fuentes Pérez, C. A. (2014). Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto del microclima a la calidad del hábitat. *Nova Scientia*, 7(1)(13), 495–515.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n13/v7n13a24.pdf>
- Gaona, R., y Rodríguez, A. (2015). Servicios ecosistémicos y potencial económico de los humedales de la Estación Biológica “ Tres Gigantes .” *Paraquaria Natural*, 3(2), 12–18.
- Gobierno-de-Panamá. (2016). *Gaceta Oficial 29 de diciembre de 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*. Ministerio de Ambiente.
- Guevara, N., y Delgado, E. (2021). Riqueza y abundancia de la diversidad de aves en el Parque Municipal Summit, República de Panamá. *Tecnociencia*, 23(2), 110–139.
- Guevara, N., y Samudio, N. (2021). El Valle de Antón, Provincia de Coclé; como sitio de paso y observación de aves migratorias en Panamá. *Tecnociencia*, 23(1), 5–25.
- Kataoka, K., Matsumoto, F., Ichinose, T., y Taniguchi, M. (2009). Urban warming trends in several large Asian cities over the last 100 years. *Science of the Total Environment*, 407(9), 3112–3119.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.015>
- Martínez-Valdés, V., Silva Rivera, E., y González Gaudiano, E. J. (2020). Parques urbanos: un enfoque Para su estudio como espacio público. *Intersticios Sociales*, 19, 67–86. <https://orcid.org/0000-0001-8371-0996>
- Mekonen, S. (2017). Birds as Biodiversity and Environmental Indicator. *Journal of Natural Sciences Research*, 7(21), 28–34.
- Muñoz, P., García-Rodríguez, A., y Sandoval, L. (2021). Urbanization, habitat extension and spatial pattern, threaten a Costa Rican endemic bird. *Revista de Biología Tropical*, 69(1), 170–180.
<https://doi.org/10.15517/RBT.V69I1.41742>
- Name, B., y Villarreal, J. (2004). Análisis de la precipitación en tres estaciones experimentales ubicadas en el bosque tropical húmedo y bosque tropical seco de Panamá. In *Compendio de Resultados de Investigación del Programa de Suelos del IDIAP* (pp. 135–156). IDIAP.
- Penteado, H. M., y Alvarez, C. E. de. (2007). Corredores verdes urbanos: estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. *Paisagem Ambiente*, 24, 57–68.
- PNUMA. (2005). *Manual de ciudadanía ambiental global: cambio climático 2005*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Riad, P., Graefe, S., Hussein, H., y Buerkert, A. (2020). Landscape transformation processes in two large and two small cities in Egypt and Jordan over the last five decades using remote sensing data. *Landscape and Urban Planning*, 197(December 2019), 103766.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103766>
- Ruiz, V., Berlanga, H., Calderón, R., Savarino, A., Aguilar, M., y Rodríguez, V. (2020). *Manual Ilustrado para el Monitoreo de Aves. PROALAS: Programa de América Latina para las Aves Silvestres*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad /Iniciativa para la Conservación de las Aves de Norte América, México y Laboratorio de Ornitología de Cornell.
- Suarez, O. J. (1981). *Hombres y ecología en Panamá*. Editorial Universitaria.
- Sullivan, B., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., y Kelling, S. (2009). eBird : A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation*, 142(10), 2282–2292.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.006>
- Tejera, V. H., y de Tejera, A. V. (2001). Pericos, casangas, loros, guacamayos y afines. *Tecnociencia*, 3(1),



19–30.

- Varas, P., Díaz-Forestier, J., y Celis-Diez, J. L. (2021). Homogenización biótica en la flora leñosa de parques urbanos de la Región de Valparaíso. *Revista Geográfica de Valparaíso*, 1(57), 60–72. <https://doi.org/10.5027/rgv.v1i57.a65>
- Wang, J. W., Poh, C. H., Tan, C. Y. T., Lee, V. N., Jain, A., y Webb, E. L. (2017). Building biodiversity: Drivers of bird and butterfly diversity on tropical urban roof gardens. *Ecosphere*, 8(9), 1–22. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1905>
- Williamson, K. (2010). Los bosques, las personas y la vida silvestre: retos para un futuro común. *Unasylva*, 61, 1–8.
- Xiao, H., Hu, Y., Lang, Z., Fang, B., Guo, W., Zhang, Q., Pan, X., y Lu, X. (2017). How much do we know about the breeding biology of bird species in the world? *Journal of Avian Biology*, 48, 513–518. <https://doi.org/10.1111/jav.00934>



Evaluación preliminar de la calidad de agua en el bosque de manglar de la barriada Nuevo Colón, corregimiento de Sabanitas, Colón, Panamá

Preliminary assessment of water quality in the mangrove forest of the Nuevo Colón neighborhood, Sabanitas, Colón, Panama

Itzel Tamara Brooks Norse¹
<https://orcid.org/0009-0000-9127-9163>

María Janitza Magallón Santamaría¹
<https://orcid.org/0009-0006-5447-0050>

Javier Amir Hurtado Yow²
<https://orcid.org/0000-0003-2662-8608>

¹Ministerio de Educación. Colón, Panamá.

²Universidad de Panamá. Centro Regional de Colón. Escuela de Biología
Autor correspondiente: javier.hurtado@up.ac.pa

Enviado el: 1 de mayo de 2024 Aceptado el: 9 de junio de 2024

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i1.744>

Resumen

Este estudio fue realizado en la barriada de Nuevo Colón, del corregimiento de Sabanitas, distrito y provincia de Colón, con el objetivo de verificar si existen componentes químicos y bacteriológicos que puedan estar alterando la calidad del agua y determinar la causa de contaminación difusa o puntual en el bosque de manglar presente en la comunidad. Se observaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua. En la prueba bacteriológica se confirmó que el agua contiene hasta 93.4 % de Coliformes totales y un 50 % de *Escherichia coli*. En la prueba química se obtuvo la alcalinidad y la dureza del agua y elementos como el Hierro, Cloruro y Calcio. En adición, el estudio reveló que el área presenta un porcentaje de contaminación de un 51 % es materia orgánica, 16 % son plásticos en general, 10 % en tetra pack, 6 % en foam, 9 % de metales, 8 % en otros. La presencia de *E. coli* sugiere una contaminación fecal significativa. Esta bacteria es un indicador de la presencia de materia fecal humana o de animales de sangre caliente en el agua, lo que representa un riesgo para la salud pública y es particularmente preocupante, porque existen otras diez barriadas de Sabanitas que diariamente descargan sus aguas residuales al manglar de Nuevo Colón a través de la quebrada La Ensenada. Este estudio aborda la necesidad de conocer la estructura y funcionamiento natural del ecosistema, su vulnerabilidad, capacidad de carga y de reacción a cambios como la variación climática y nivel medio del mar, para establecer condiciones locales (a nivel municipal) en el marco de un plan integral de manejo ambiental, social y económicamente sostenible.

Palabras clave

Aguas residuales, análisis bacteriológico, análisis fisicoquímico, escenario ambiental, desechos sólidos.

Abstract

This study was carried out in the neighborhood of Nuevo Colón, in the township of Sabanitas, district, and province of Colón, to verify if there are chemical and bacteriological components that may be altering

the quality of the water and to determine the cause of diffuse and punctual contamination in the mangrove forest present in the community. Chemical and bacteriological tests of the water were observed. The bacteriological test confirmed that the waters contain a high percentage of Total Coliforms and 50 % of *Escherichia coli*. In the chemical test, the alkalinity and hardness of the water and elements such as iron, chloride, and calcium were obtained. In addition, the study revealed that the area has a percentage of contamination of 51 % is organic matter, 16 % is plastics in general, 10 % in tetra pack, 6 % in foam, 9 % metals, and 8 % in others. The presence of *E. coli* suggests significant fecal contamination. This bacterium is an indicator of the presence of human fecal matter or warm-blooded animals in the water, which represents a risk to public health and is particularly problematic because ten other neighborhoods in Sabanitas discharge their wastewater every day into the Nuevo Colón mangrove swamp through the La Ensenada stream. This study addresses the need to know the structure and natural functioning of the ecosystem, its vulnerability, carrying capacity, and reaction to changes such as climate variation and mean sea level, to establish local conditions (at the municipal level) within the framework of a comprehensive environmentally, socially and economically sustainable management plan.

Keywords

Bacteriological analysis, chemical analysis, environmental scenario, solid waste, wastewater.

Introducción

El manglar es un tipo de ecosistema considerado a menudo un tipo de bioma, formado por árboles muy tolerantes a la sal que ocupan la zona intermareal cercana a las desembocaduras de cursos de agua dulce de las costas de latitudes tropicales de la Tierra. Así, entre las áreas con manglares se incluyen estuarios y zonas costeras (Duke et al., 1994; Carrasquilla, 2006). Los manglares tienen una enorme diversidad biológica con alta productividad, encontrándose tanto gran número de especies de aves como de peces, crustáceos, moluscos, hongos, entre otros organismos (Aranda et al., 2014; Trejos y Farnum, 2014; Huxham et al., 2019). De acuerdo con el Informe Ejecutivo del Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo 2021 de la República de Panamá, los manglares de Colón abarcan una superficie de aproximadamente 2,206 hectáreas, representando alrededor del 1.2 % de la superficie total de manglares panameños (MiAmbiente, 2022). Nuestros manglares filtran contaminantes, que producen tierra mediante la acumulación de materia orgánica. Sin embargo, cuando las raíces del mangle crecen sobre sedimento severamente contaminado, absorben estos contaminantes y, por ende, sus células están casi constantemente expuestas a sustancias con potencial mutagénico. Como resultado, las especies de mangle podrían sucumbir fácilmente (Villamizar et al., 2021). Por estas razones debe ser de mucho interés para todos conocer cuáles pueden ser las causas del impacto ambiental por contaminación del manglar presente en comunidades urbanizadas y determinar las mejores formas de

conservar estos ecosistemas (Ávila, 2011; Garcés y Lozano, 2021). Este estudio tiene el objetivo de verificar si existen componentes fisicoquímicos y bacteriológicos que puedan estar alterando la calidad del agua y determinar la causa de contaminación difusa o puntual en el bosque de manglar presente en la comunidad. Si las comunidades del mangle fuesen taladas, todas las demás especies que habitan en el manglar sufrirán graves consecuencias (Rodríguez, 2019).

Materiales y Métodos

A continuación, se describe el área de estudio, el procedimiento para trazado de escenarios y para la colecta de muestras de agua; además, las pruebas en laboratorio con sus respectivos procedimientos para análisis bacteriológico y fisicoquímico del agua.

Área de estudio

El bosque de manglar en estudio está situado en el Caribe central de Panamá, al Este de la vía de acceso al Canal de Panamá, específicamente en la parte trasera de la barriada de Nuevo Colón, corregimiento de Sabanitas, en el distrito y provincia de Colón, coordenadas 9.35785° Norte, 79.80873° Oeste (figuras 1 y 2) y, a su vez, forma parte de la entrada de mar conocida como Bahía Las Minas; limita al norte con el mar Caribe (Bahía Las Minas), al sur con el lago Gatún, al este con el corregimiento de Puerto Pilón, oeste con el corregimiento de Cativá.

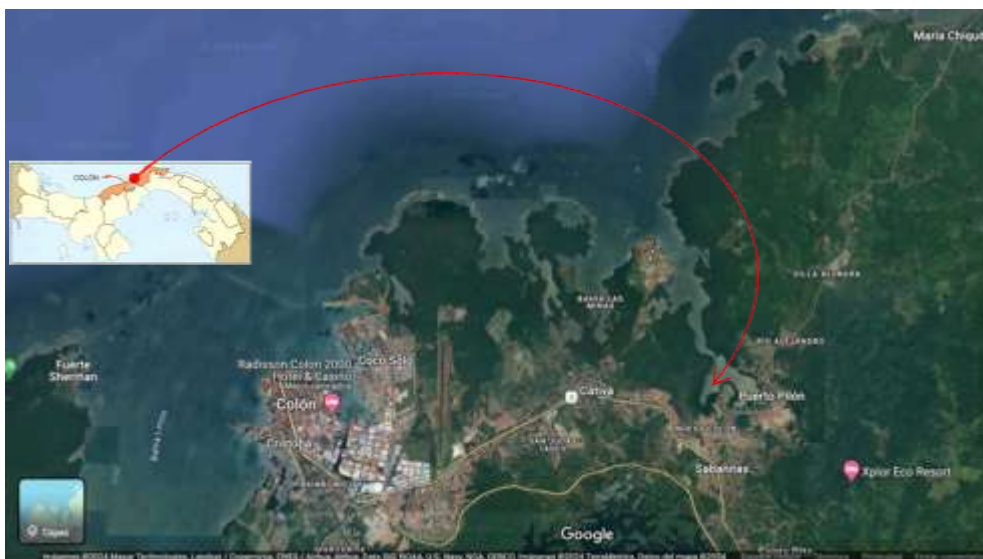


Figura 1. Imagen satelital de la zona de manglar de Bahía Las Minas, apuntando la Barriada Nuevo Colón, en la provincia de Colón, Panamá.

Trazado de escenarios por transecto imaginario

Se utilizó el método descriptivo para el trazado de escenarios por transectos imaginarios (con ayuda de fotografías) a fin de capturar y transmitir visualmente las características físicas, ambientales y sociales del área en estudio (figuras 3-6). Este método se aplicó para la observación y clasificación de desechos sólidos, y está basado en la medida de cuatro puntos a partir de un centro. Específicamente, consiste en ubicar puntos a través de una línea imaginaria. En esta línea al azar, se debe ubicar un punto a partir del cual se hará el muestreo (Mostacedo y Fredericksen, 2000).



Figura 2.
Vista panorámica de la zona de manglar detrás de la Barriada Nuevo Colón, Sabanitas, en la provincia de Colón, Panamá. Cortesía: Matías Díaz.

Colecta de muestras de agua

En campo, se recolectaron muestras de agua superficial en la zona del manglar para aplicar pruebas químicas y bacteriológicas del agua. Se establecieron cuatro sitios aleatorios de muestreo dentro del área (tabla 1). Las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0.5 m y 1.5 m respectivamente y se utilizaron botellas y envases plásticos, debidamente esterilizados. Las muestras fueron recolectadas en temporada seca, donde el mar se encontraba en total calma y sin presencia de personas. Se tomaron

cuatro muestras de 120 ml a una profundidad de 0.5 m y otras 4 muestras de 120 ml a una profundidad de 1.5 m cada una con el recolector de muestra de agua a profundidad. Estas muestras fueron etiquetadas con su fecha de recolección, hora y profundidad en que se obtuvo la muestra.

Tabla 1.

Sitios aleatorios de muestreo dentro del área a una profundidad de 0.5 metros (m) y 1.5 metros (m) respectivamente.

Colecta de agua superficial en manglar de la Barriada Nuevo Colón				
Profundidad (m)	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
0.5 m	Muestra 1 (120 ml)	Muestra 2 (120 ml)	Muestra 3 (120 ml)	Muestra 4 (120 ml)
1.5 m	Muestra 1 (120 ml)	Muestra 2 (120 ml)	Muestra 3 (120 ml)	Muestra 4 (120 ml)

Pruebas en laboratorio

Después de recolectadas las muestras, estas fueron inmediatamente transportadas al Laboratorio Microbiológico y Químico de Aguas, de la Planta Potabilizadora de Sabanitas Antonio Yépez de León, del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAAN), ubicado en la Barriada del Maestro, Urbanización Tagarópulos, localizada en el corregimiento de Sabanitas, distrito y provincia de Colón, Panamá, para así realizar las pruebas físico-químicas y bacteriológicas.

Procedimiento para análisis bacteriológico del agua

La prueba bacteriológica se realizó con el objetivo de verificar si existen componentes microbiológicos que puedan alterar la calidad del agua, como es el caso de los Coliformes. Se procedió a colocarle el reactivo de Colilert a una muestra de 120 ml de 0.5 m de profundidad y con reactivo a otra muestra de 120 ml de 1.5 m de profundidad, luego se realizó la mezcla, se vertió en un Quanti-Tray y se selló con el sellador de Quanti-Tray de IDEXX. Después las muestras fueron incubadas por un periodo tiempo de 24 horas. El día siguiente, la muestra fue extraída de la incubadora y se procedió a realizar el conteo. Para calcular el grado de contaminación de acuerdo con la cantidad de bacterias presentes, se utilizó la tabla para la estimación del Número Más Probable (NMP/100 ml).

Procedimiento para análisis fisicoquímico del agua

La prueba se realizó con el objetivo de verificar si existen concentraciones de componentes químicos que puedan alterar la calidad del agua, aplicando los métodos estándares para la examinación de aguas (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Esta prueba consta de una serie de parámetros a evaluar establecidos en el Anteproyecto Norma de Calidad de Aguas Marinas y Costeras de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM, 2005), hoy Ministerio de Ambiente. Algunas pruebas se realizaron en campo, es decir, en el mismo lugar de estudio. Por otra parte, las otras se realizaron en el laboratorio como lo fue la prueba de pH. Para medirlos se utilizaron aparatos como EC-TDS And Temperatura Meter (medir la temperatura), Sensor 378. pH - conductivity (medir pH). Mediante el método analítico de filtración se realizaron las pruebas de alcalinidad y dureza, en miligramos por litro (mg/L) de Carbonato de Calcio (CaCO_3); también Cloruro y Calcio, en miligramos por litro (mg/L), además de Cobre y Hierro en microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$). Para este fin se recolectaron dos muestras de 120 ml una a una profundidad de 0.5 m y la otra a una profundidad de 1.5 m (ver tablas 1 y 2), estas muestras fueron etiquetadas con su fecha, hora y profundidad, luego llevadas al laboratorio, donde se les hizo el procedimiento correspondiente a la muestra.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados para el trazado de escenarios por transecto imaginario, la prueba bacteriológica y la prueba química.

Resultado de trazado de escenarios por transecto imaginario



Figura 3.

En el escenario N°1 (E1), a orillas del manglar, zona oeste (o zona izquierda), fue el primer punto a distancia del “centro cuadrado”. Se observó un 69 % de desechos orgánicos visibles y 31 % de desechos inorgánicos visibles, entre ellos, plásticos, tetra packs, foam; metales, pañales desechables, textiles, cartón, entre otros.



Figura 4.

En el escenario N°2 (E2), a orillas de la barriada, zona este del manglar (o zona derecha) fue el segundo punto a distancia del “centro cuadrado”. Se observó un 41 % de desechos orgánicos y 59 % de desechos inorgánicos visibles, distribuidos en plásticos, tetra packs, foam; metales, pañales desechables, textiles, cartón, entre otros.



Figura 5.

En el escenario N°3 (E3), en la zona media de la bahía frente al manglar, fue el tercer punto a distancia del “centro cuadrado”. Se observó un 95 % de desechos orgánicos y 5 % de desechos inorgánicos visibles, mayormente en plásticos.



Figura 6.

En el escenario N°4 (E4), en la zona norte del manglar (parte final), fue el cuarto punto a distancia del “centro cuadrado”, donde se observó un 100 % de desechos orgánicos.

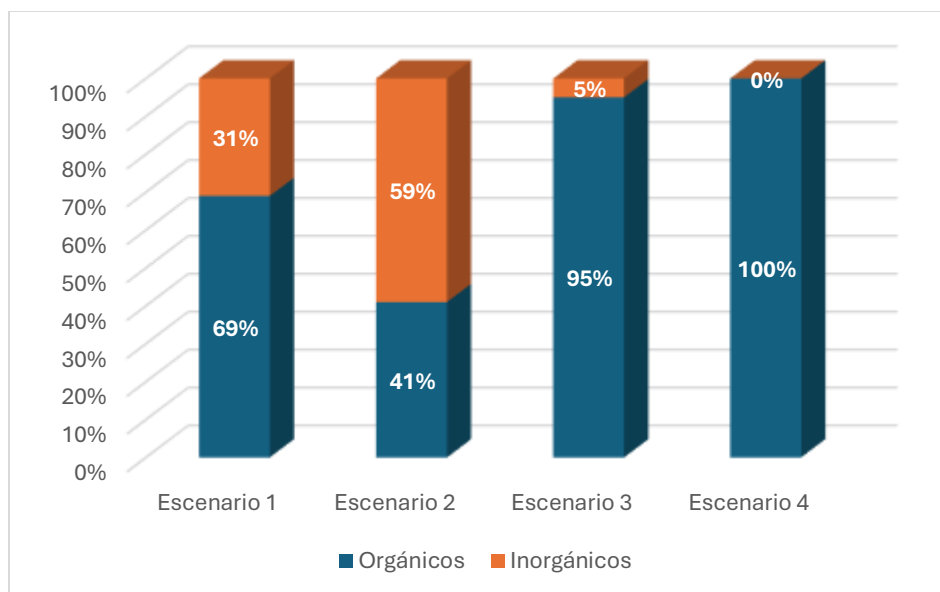


Figura 7. Tipos de desechos encontrados según el trazado de escenarios, E1, E2, E3, E4, particularmente con la creación de transectos imaginarios para proporcionar una representación más detallada del entorno, en lenguaje descriptivo claro y conciso para la comunicación entre los involucrados en el proceso de trazado de escenarios.

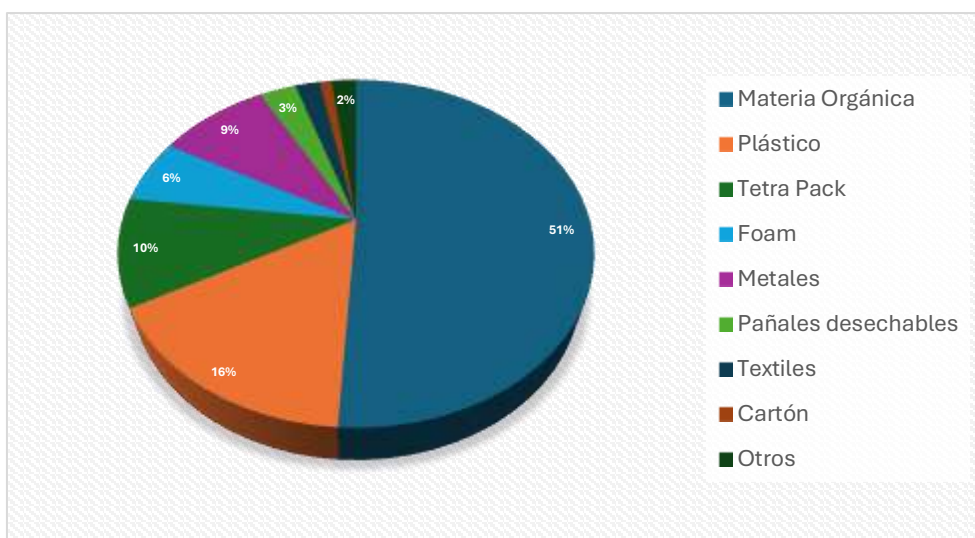
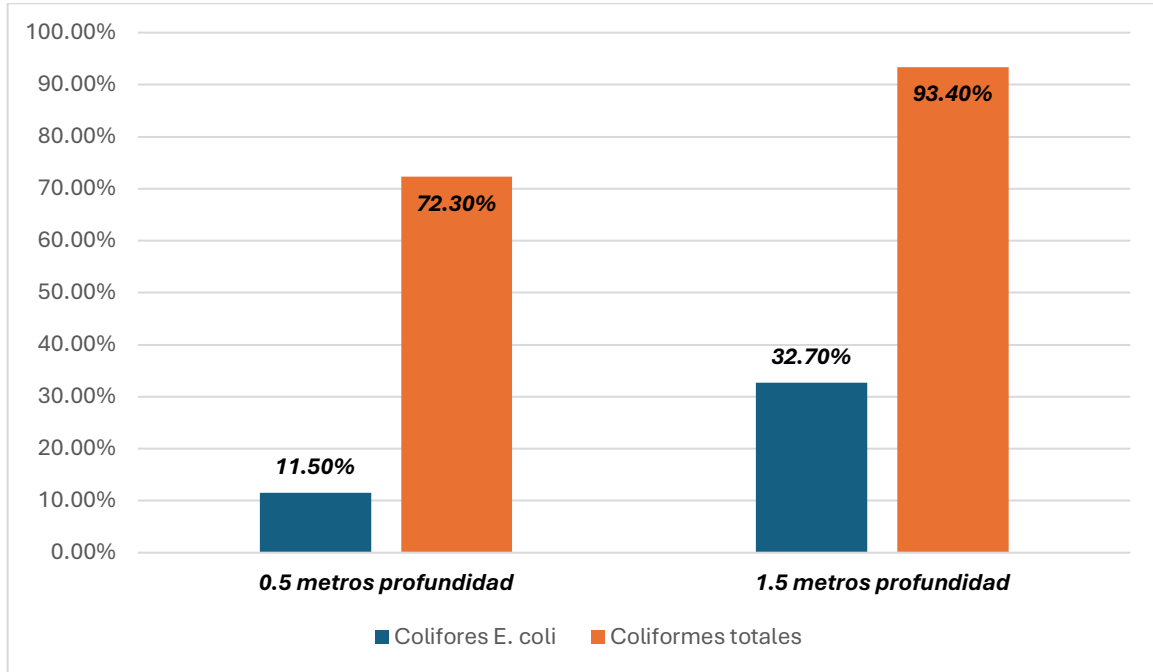


Figura 8. Tipos de desechos observados según su producción, utilizados por la comunidad y la predominancia de un 51 % en materia orgánica sobre el resto del 49 % en materia inorgánica, distribuido en 16 % de plásticos en general, en tetra pack un 10 %, mientras que el foam 6 %; metal 9 %, pañales desechables 3 %, textiles 2 %, cartón 1 %, otros 2 %.

Resultados de prueba bacteriológica

Como se observa en la figura 9, se obtuvo un 11.5 % de *Escherichia coli* y Coliformes Totales 72.3 % en profundidad de 0.5 m y un 32.7 % de *E. coli* y 93.4% de Coliformes Totales a profundidad de 1.5 m.



Nota: Cada barra hace referencia al porcentaje encontrado dentro del total (100%) del volumen muestreado.

Figura 9.
Prueba bacteriológica (coliformes).

Resultados de prueba fisicoquímica

Tabla 2.
Resultados de los análisis fisicoquímicos

Profundidad	Cloruro	Alcalinidad	Dureza	Calcio	Cobre	Hierro
0.5 m	15 800 mg/L	1 600 mg/L	2000 mg/L	480 mg/L	0	0.37 mg/L
1.5 m	16 400 mg/L	1 600 mg/L	2000 mg/L	0 mg/L	0	0.26 mg/L

Discusión

Análisis de Gráfico de Escenario

En la figura 9 se observa la producción de desechos, que un 51 % es materia orgánica, 16 % son plásticos en general, en tetra pack obtuvimos un 10 % mientras que el foam 6 %; metal 9 %, pañales desechables 3 %, textiles 2 %, cartón 1 %, otros 2 %, con lo cual se crea una imagen mental clara del espacio, facilitando

la comprensión de cada escenario y generar una idea precisa de los componentes físicos, ambientales y sociales del área en estudio. Esto es especialmente útil en el caso de los manglares de Nuevo Colón porque no existía una representación física tangible del entorno, demostrando los elementos y las relaciones que componen la acumulación de basura en la zona, especialmente plásticos, causando daños físicos a los organismos, obstruyendo el flujo de agua y afectando la estética del lugar. Esto puede deberse al crecimiento en población de la barriada (Sáenz y Ortega, 2009) que ha llevado tanto al aumento de la disposición de desechos sólidos como a desechos líquidos o aguas residuales (Guzmán et al., 2020), lo que representa un riesgo para la salud pública y es particularmente preocupante, porque en el área próxima al manglar de Nuevo Colón, confluyen quince poblados del total del corregimiento de Sabanitas con una concentración poblacional que llega a los 23 mil habitantes (INEC, 2023), que tienen una determinante influencia sobre dicho manglar por sus descargas de aguas residuales domésticas, acompañadas de desechos sólidos. Ordenados por distancia desde Nuevo Colón, estos poblados son: PH Costa de Oro, Costa de Oro #1, Costa de Oro #2, Las Tablitas, Irving Saladino, Santa Rita, San Mateo, Villa Luisa, Don Bosco, Sabanitas centro, Villa Belén, Nuevo México, Lo Nuestro, donde la descarga de sus aguas residuales confluye en la quebrada La Ensenada (entre Las Tablitas e Irving Saladino) y la quebrada Villa Lobos (entre Santa Rita y San Mateo), para posteriormente desembocar al manglar (Batista y Hurtado, 2015).

Análisis de la prueba bacteriológica:

A 0.5 metros de profundidad, el NMP de *Escherichia coli* 11.5 %, valor que supera ampliamente el estándar de calidad para aguas marinas recreativas recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece un NMP máximo de 1 % para *E. coli*.

A 1.5 metros de profundidad, el NMP de *E. coli* 32.7 %, valor que es aún más alto que el de la muestra anterior y representa una contaminación fecal severa.

La presencia de un 11,5 % de *Escherichia coli* en la prueba bacteriológica de agua de mar colectada a 0.5 metros de profundidad indica una contaminación fecal significativa. Esta bacteria es un indicador de la presencia de materia fecal humana o animales de sangre caliente en el agua, lo que representa un riesgo para la salud pública. Asimismo, la presencia de 32.7 % de *E. coli* en agua de mar colectada a 1.5 metros de profundidad indica una contaminación fecal severa y es particularmente preocupante. La

Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el agua de mar apta para baño no debe tener más de 100 coliformes fecales por 100 ml (Truque, 2011). En este caso, a 0.5 m de profundidad la muestra presenta 115 *E. coli* por 100 ml, lo que supera significativamente el límite recomendado, y la muestra colectada a 1.5 m presenta 934 coliformes totales por 100 ml, lo que supera significativamente el límite recomendado por la OMS.

Análisis de la prueba fisicoquímica

Los resultados de la prueba química del agua de mar mostraron una dureza de 2000 mg/L de CaCO₃ para ambas profundidades, la cual es superior a la media (entre 400 y 450 mg/L de CaCO₃) y extremadamente alta, representando una concentración cinco veces mayor al límite superior del rango promedio. Esta elevada dureza puede deberse a diversos factores, pero cabe señalar que la ubicación de la zona de manglar presenta una intrusión de agua dulce. La mezcla de agua dulce con alta concentración de minerales disueltos, como el calcio, podría estar aumentando significativamente la dureza del agua de mar en zonas costeras. En adición, como ya se señaló, la contaminación por la descarga de aguas residuales domésticas con alto contenido de minerales podría incrementar la dureza del agua de mar en áreas específicas.

En Cloruro se obtuvo un 15.800 mg/L (a 0.5 m) y un 16.400 mg/L (a 1.5 m), respectivamente, en el análisis fisicoquímico del agua de mar. El rango promedio de cloruro en el agua de mar se sitúa entre 19.000 y 20.000 mg/L. Esto sugiere que los valores encontrados (15.800 y 16.400 mg/L) representan una concentración inferior al límite inferior del rango promedio y podría indicar la presencia de factores que disminuyen la concentración de cloruro en el agua de mar, como es la mezcla de agua dulce con baja concentración de cloruro que puede diluir el agua de mar, reduciendo su contenido de este ion.

Los resultados de alcalinidad marcaron 1600 mg/L de CaCO₃ para ambas profundidades, lo cual indica una alcalinidad ligeramente alta, superior al rango promedio para este tipo de agua, que se sitúa entre 2000 y 2300 mg/L. La intrusión de agua dulce con alta alcalinidad podría estar aumentando la capacidad de neutralización de ácidos del agua de mar en la zona costera.

Los niveles de Calcio resultaron en 480 mg/L, cuando los niveles normales se consideran entre 350 y 450 mg/L de este mineral disuelto en el agua de mar. Si bien este valor no representa una desviación significativa, puede tener algunas implicaciones sobre sus posibles causas de un nivel de Calcio

ligeramente alto, por intrusión de agua dulce. El agua dulce con alta concentración de calcio proveniente de ríos o quebradas puede mezclarse con el agua de mar, aumentando su contenido de calcio.

Los valores obtenidos de Hierro resultaron en $0.37 \mu\text{g}/\text{L}$, los cuales se consideran una concentración baja y dentro del rango normal para este elemento en este tipo de aguas, en las cuales la mayoría de los países coinciden que el rango normal de hierro en agua de mar es de 0.2 a $2.0 \mu\text{g}/\text{L}$. Este rango representa la concentración típica de hierro disuelto en el agua de mar, proveniente de diversas fuentes, como la descomposición de materia orgánica.

Por el contrario, la ausencia de cobre es poco probable y se recomienda verificar el método de análisis o tomar una nueva muestra.

La interpretación precisa de los resultados dependerá siempre de la profundidad y la ubicación. Sin embargo, para los objetivos de este estudio, podemos complementar que la descarga de aguas residuales sin tratamiento o con tratamiento inadecuado es una de las principales fuentes de contaminación en estos manglares. Esta contaminación ha introducido tanto coliformes fecales, como nutrientes en exceso y otros contaminantes que impactan la flora y fauna del ecosistema. La actividad humana puede influir en la composición química del agua de mar, por ejemplo, a través de la contaminación por vertidos de aguas residuales domésticas.

Conclusiones

El presente proyecto demuestra de forma preliminar que existen componentes químicos y bacteriológicos que pueden estar alterando la calidad del agua y determina la causa difusa de la contaminación de las aguas superficiales costeras en el bosque de manglar, por las cantidades de descargas de aguas residuales domésticas acompañadas de desechos sólidos que se acumulan en el ecosistema de manglares afectando a muchas otras especies que habitan en el lugar.

En las inmediaciones del manglar de Nuevo Colón, convergen quince comunidades del corregimiento de Sabanitas, concentrando la mayor población de hasta 23 mil habitantes, que ejercen una influencia determinante sobre la calidad de agua del manglar. Las aguas residuales de estas comunidades confluyen en las quebradas La Ensenada y Villa Lobos, que finalmente desembocan en el manglar.

Analizar el problema debe ser integral y requiere establecer condiciones locales (a nivel Municipal) sobre aspectos económicos, sociales y ecológicos en áreas pilotos demostrativas, considerando las características ambientales del ecosistema, en el marco de un plan integral de manejo. Los manglares a lo largo de la costa caribeña central de Panamá están prácticamente condenados por el desarrollo costero no planificado, si continúa aumentando la contaminación, los manglares podrán sobrevivir, pero sin una recuperación sustancial.

Los resultados de este estudio preliminar muestran cuáles pueden ser los componentes fisicoquímicos y bacteriológicos existentes causantes del impacto ambiental por contaminación de ecosistemas manglar presentes en comunidades urbanizadas y determinar las mejores formas de continuar realizando análisis prolongados y minuciosos a este ecosistema.

A pesar del daño hecho, estas áreas de manglar deben ser conservadas para un uso y manejo sostenible. Otras que presentan diversos grados de impactos humanos, pueden ser rehabilitadas a través de replantación, para acuicultura no destructiva, para protección de la línea de costa y enriquecimiento de las aguas costeras.

Referencias

- ANAM, Autoridad Nacional del Ambiente (2005). Normas de calidad de aguas marinas y costeras (documento final científico y técnico presentado por URS Holdings Inc., para la Autoridad Nacional del Ambiente, hoy MiAmbiente). Panamá. 120 pág.
- Aranda, Y., Legister, K., Farnum-Castro, F., y Murillo G., V. E. (2014). Diversidad de Macrohongos en el Parque Nacional Portobelo, Provincia de Colón. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 1(1), 19–29. Recuperado a partir de https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1805.
- Ávila Samaniego, M. (2011). Estudio de la biodiversidad y efecto de la contaminación ambiental sobre los manglares presentes en las costas de las comunidades de Guancho y Can Can del distrito de Portobelo; Provincia de Colón". Escuela de Biología del C. R. U. de Colón, Universidad de Panamá.
- Batista de Vega, G. y Hurtado Yow, J. (2015). Curso De Limnología–BIO 330, C. R. U. de Colón (Universidad de Panamá).
- Carrasquilla R., L. G. (2006). Árboles y arbustos de Panamá. Universidad de Panamá, Autoridad Nacional del Ambiente. Editora Novo Art, S.A., Panamá.
- Duke, N. C., Pinzón, Z. S. y Prada, M. C. (1994). Los manglares. En: D'Croz, I., Martínez V. V. y Arosemena, G. G. 1994. Inventario biológico del Canal de Panamá. *Scientia* Vol. 8, No. 2, pp.80-98.

- Garcés, H., y Lozano, J. (2021). Características estructurales del Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) en Isla Payardi, Colón, Panamá. *Tecnociencia*, 23(2), 5-15.
- Guzman, H. M., Kaiser, S., y Weil, E. (2020). Assessing the long-term effects of a catastrophic oil spill on subtidal coral reef communities off the Caribbean coast of Panama (1985–2017). *Marine Biodiversity*, 50(3), 28.
- Huxham, M., Berger, U., Skov, M. W., y Sousa, W. P. (2019). Kropotkin's Garden: Facilitation in Mangrove Ecosystems. *Systematics Association Special Volume 87: Interactions in the Marine Benthos*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC. (2023). Censo de Población Nacional 2023. Contraloría General de la República de Panamá.
- MiAmbiente. (2022). Informe Ejecutivo del Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo 2021 de la República de Panamá. Ministerio de Ambiente (MiAmbiente). Gaceta Oficial Digital No. 29591-A, martes 02 de agosto de 2022. 31 pág.
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. [en línea]. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), 2000. Consulta, 18, 3.
- Rodríguez, A. P. (2019). Tala del manglar en Cartagena de Indias, factor de riesgo ambiental frente a la cultura social. *Documentos de trabajo Areandina*, (2).
- Sáenz, N. y Ortega, S. (2009). Características de desechos sólidos del corregimiento de San Juan, Provincia de Colon. Universidad de Panamá.
- Trejos, M., y Castro, F. R. F. (2014). Estimación de la diversidad de macro-hongos como indicadores de la calidad del bosque de manglar en Bahía Las Minas, Panamá. *Revista Científica Centros*, 3(2), 143-155.
- Truque, P. (2011). Armonización de los estándares de agua potable en las Américas. *Organización de Estados Americanos, Washinton DC, EE. UU.*
- Villamizar, E., Yranzo, A., y Pérez, J. (2021). Factores que afectan la salud y preservación de los ecosistemas marino-costeros de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, 41(1), 69-84.



Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles asociada al sendero natural árboles cuadrados del Valle de Antón, Provincia de Coclé

Richness and abundance of amphibians and reptiles associated with the sendero natural árboles cuadrados del Valle de Antón, Coclé Province

Beatriz Aguirre¹

<https://orcid.org/0009-0004-6954-2921>

Edgardo Griffith²

<https://orcid.org/0000-0001-6412-0798>

Ángel Sosa-Bartuano³

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

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Panamá

²Fundación EVACC, Coclé, Panamá

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

Autor correspondiente: aguirrebeatriz0226@gmail.com

Enviado el 1 de mayo. Aceptado el 8 de junio de 2024

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i1.742>

Resumen

El pueblo del Valle de Antón está ubicado en el cráter de un volcán extinto y resguarda gran biodiversidad. Considerando esta riqueza biológica, se realizó un monitoreo en el Sendero Natural Árboles Cuadrados. En un periodo de seis meses entre agosto de 2022 a enero de 2023, se establecieron tres transectos lineales de 100 m y tres sitios de 100 m para la búsqueda generalizada. Se observaron 956 individuos de anfibios y 44 de reptiles, siendo la rana cohete *Silverstoneia flotator* y entre los reptiles el anolis de río *Anolis lionotus* los más abundantes, con 204 y 10 individuos respectivamente. El Transecto 1 demostró ser el sitio con más abundancia de individuos, donde la rana de cristal *Sachatamia albomaculata* registró 153 individuos y de reptiles la especie más abundante fue el Meracho *Basiliscus basiliscus*, con siete individuos. La diversidad demostró ser medianamente alta, sin dominancia de especies entre los dos grupos, y la curva de acumulación estimó una riqueza alta para anfibios y baja para los reptiles. Las especies de interés para la conservación según las categorías de UICN y el Puntaje de Vulnerabilidad Ambiental (EVS, por sus siglas en inglés) demuestra que la serpiente *Trimetopon barbouri* no cuenta con datos suficientes en distribución y abundancia. Los anfibios con vulnerabilidad alta fueron *Pristimantis taeniatus*, *Silverstoneia flotator*, *Diasporus diastema* y *Pristimantis gaigei*. En el caso de reptiles, los que obtuvieron vulnerabilidad alta fueron *Anolis lionotus*, *Lepidoblespharis sanctaemartae*, *Anolis gaigei*, *Anolis humilis* y *Sibon argus*. Finalmente, a través de este estudio pudimos aportar datos nuevos de dinámica poblacional de anfibios y reptiles en un sitio vulnerable y de modalidad turística, en donde la desestabilidad del hábitat debido al cambio climático y la expansión antropogénica, cada vez agotan más los recursos necesarios para la subsistencia de estos organismos.

Palabras clave

Cambio climático, conservación, dinámica poblacional, perturbación antropogénica, turismo



Abstract

The town of Valle de Anton is located in the crater of an extinct volcano and protects great biodiversity. Considering this biological wealth, monitoring was carried out on the Square Trees Natural Trail. Over a six-month period between August 2022 and January 2023, three 100 m line transects and three 100 m sites were established for widespread searching. 956 individuals of amphibians and 44 of reptiles were observed, with the rocket frog *Silverstoneia floatator* and among the reptiles the river anole *Anolis lionotus* being the most abundant, with 204 and 10 individuals respectively. Transect 1 proved to be the site with the most abundance of individuals, where the glass frog *Sachatamia albomaculata* recorded 153 individuals and the most abundant reptile species was the Meracho *Basiliscus basiliscus*, with seven individuals. The diversity proved to be moderately high, with no species dominance between the two groups, and the accumulation curve estimated a high richness for amphibians and a low one for reptiles. Species of conservation concern according to IUCN categories and the Environmental Vulnerability Score (EVS) demonstrate that the snake *Trimetopon barbouri* does not have sufficient data on distribution and abundance. The amphibians with high vulnerability were *Pristimantis taeniatus*, *Silverstoneia floatator*, *Diasporus diastema* and *Pristimantis gaigei*. In the case of reptiles, those with high vulnerability were *Anolis lionotus*, *Lepidoblespharis sanctaemartae*, *Anolis gaigei*, *Anolis humilis* and *Sibon argus*. Finally, through this study we were able to provide new data on the population dynamics of amphibians and reptiles in a vulnerable and tourist-oriented site, where the instability of the habitat due to climate change and anthropogenic expansion increasingly depletes the resources necessary to the subsistence of these organisms.

Keywords

Tourism, anthropogenic disturbance, population dynamics, climate change, conservation.

Introducción

El pueblo del Valle de Antón está ubicado dentro de un cráter volcánico y posee un bosque húmedo tropical. Sus áreas protegidas se destacan por la belleza natural y alto endemismo (Dunn, 1933; Samudio, 1997). Actualmente, debido al incremento de asentamientos humanos, calentamiento global y fragmentación, las poblaciones de anfibios y reptiles ha declinado, dado a que las condiciones para el desarrollo de estos organismos se ven limitadas, reduciendo la complejidad del hábitat y la existencia de microhábitats variados (Almeida-Gómes y Rocha, 2014; García Grajales et al., 2018). Las aportaciones como flujo de energía, ciclaje de nutrientes, polinización, dispersión y regulación de patógenos (Valencia-Aguilar, et al., 2013), mantienen estable el hábitat en el que conviven al brindar servicios ambientales que podemos reflejar también en nuestra sociedad con un ambiente más sano y óptimo para la humanidad (Valencia-Aguilar, et al., 2013; Cortes-Gómez, et al., 2015).



Considerando que el Sendero Natural Árboles Cuadrados (SNAC), administrado por El Valle Amphibian Conservation Center Foundation (EVACC), es un sitio de bosque húmedo tropical y dispone de árboles cuadrados *Quararibea asterolepis*. Solís (2012), una especie crece en bajas y medianas elevaciones, en bosques húmedos o muy húmedos, desde Costa Rica hasta Ecuador (Román, et al., 2012). Por tanto, este sendero natural demuestra poseer los recursos necesarios para conocer diversidad herpetofaunística que conviven con los árboles cuadrados. Nuestro objetivo de investigación busca estimar como estudio pionero, la diversidad y abundancia que poseen los anfibios y reptiles en el SNAC, para evaluar el estado de conservación y determinar las especies que requieren de esfuerzo de conservación. Además, promover acciones que mejoren la calidad ecosistemática de este sitio turístico y natural.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se llevó a cabo en el SNAC perteneciente a El Valle de Antón, Provincia de Coclé, Panamá. Está situado entre las coordenadas (8° 37' 00.8" N; -80° 06' 37.0" W), con una elevación mínima de 646 msnm y máxima de 663 m s.n.m. y una distancia de recorrido es de 1, 68 km. Posee un cuerpo de agua dulce que forma parte del río Antón y un ecosistema con una vegetación compuesta por los representativos árboles cuadrados *Quararibea asterolepis*, vegetación propia del bosque húmedo tropical, donde se pueden encontrar plantas de importancia como la familia Zamiaceae, Vitaceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Poaceae, Passifloraceae, Begoniaceae (ANAM, 2010). La temperatura ambiental osciló entre los 21 °C hasta los 25 °C y la humedad relativa mínima de 53 % hasta 75 %. El transecto 1 (T1) recorrió la quebrada afluente del río Antón, esta fuente cuenta con números nacimientos de agua, que se pueden ver a lo largo de todo el sendero, el transecto 2 (T2) estaba ubicado en un bosque secundario con efecto borde, en este sitio estuvieron presentes los desechos sólidos contaminantes y mal adecuación de tuberías y el transecto 3 (T3) estaba representado por un bosque maduro, el cual contaba con un bosque de sombra sin áreas abiertas, y el transecto estaba ubicado dentro de un área con inclinación montañosa dentro del SNAC (figura 1).



Figura 1.
Vista general del Sendero Natural Árboles Cuadrados.

Diseño de muestreo y colecta de datos

Se realizaron un total de 12 giras a partir de los meses de agosto de 2022 a enero de 2023, dividido en dos giras por mes, cada gira estuvo conformada por dos visitas al sitio, cuatro horas de la mañana (de 9:00 a.m. a 13:00 p.m.) y cuatro horas en la noche (de 19:00 p.m-23:00 p.m.) Esto equivale a 16 horas por cada gira, con dos personas incluidas por gira, lo que acumula a un esfuerzo total de muestreo de 576 horas de investigación realizadas en campo. Se incluyeron los meses más lluviosos del año, iniciando desde agosto a finales de diciembre y un mes de estación seca, el cual comprendió el mes de enero, donde se da el inicio de menos recurrencia de lluvias (ETESA, 2007).

Se establecieron tres transectos lineales de 100 m y tres sitios de 100 m para la búsqueda generalizada. Para la captura de las muestras, se ejecutó el método de búsqueda visual por un tiempo de 30 minutos (Muñoz-Ávila et al., 2019; Heyer et al., 1973), donde removimos hojarasca, troncos caídos en descomposición, levantamiento de piedras, (Lips et al., 2001, García-Grajales et al., 2018) y búsqueda auditiva a través del llamado de los machos en anuro (Ibáñez et al., 1999). Para el procesamiento de los herpetos capturados, se procedió a fotografiar en su ambiente natural, se colocaron en bolsas plásticas a las que se les agregó material vegetal y se les proporcionó de humedad suficiente para mantenerlas



con vida y en buen estado hasta completar el proceso de identificación *in situ* (Blomberg y Shine, 1996; Halliday 1996). Se utilizó características morfológicas con ayuda de claves dicotómicas y guías ilustrativas (Savage, 2002; Köhler 2008, 2011; Leenders, 2016, 2019). No se colectó ni preservó ningún espécimen. Se utilizó el criterio de la Junta Taxonómica en la página web www.mesoamericanherpetology.com como referencia para la nomenclatura, con excepción de la familia Dactyloidae, en la que se utilizó el criterio taxonómico propuesto por Losos (2011).

Análisis estadístico

En primer lugar, calculamos la riqueza y abundancia relativa en función del esfuerzo de muestreo dado en el SNAC. Para conocer la diversidad de herpetofauna existente, utilizamos los valores del índice de Shannon-Wiener (H') y Margalef e índice de dominancia de especies según Simpson (1-D), además estimamos la riqueza a través de la acumulación de especies mediante el programa Past 4.12b. También analizamos los porcentajes de comunidad de anfibios y reptiles presentes en los diferentes transectos, efectos de transición de temporada lluviosa a seca y alteración antropogénica en el SNAC.

Por último, se determinó el estado de conservación de especies para evaluar y reconocer las especies más amenazadas que podemos encontrar en el SNAC. Gotelli (1998), por medio de las categorías del Puntaje de Vulnerabilidad Ambiental (EVS) (Johnson et al., 2015) y UICN, un indicador diseñado para clasificar especies en alto riesgo de extinción global (UICN,2023).

Resultados y Discusión

Riqueza de herpetofauna

La composición total de herpetofauna fue de 956 individuos de anfibios que corresponden a 15 especies y 44 individuos de reptiles correspondientes a 17 especies en total registradas en el SNAC. La especie *Silvestoneia flotator*, fue la especie más abundante, con 204 individuos en total (Anexo 1). El transecto 1, correspondiente a la quebrada la especie *Sachatamia albomaculata* con 153 individuos, demostró ser la más abundante (tabla 1). No se registró el Orden Apoda, debido a que son difíciles de observar ya que suelen mantenerse enterradas y ocultas bajo el suelo (Savage, 2002).



La especie *Pristimantis gaigei* (rana de lluvia de Gaigei), fue observada una vez cercana a cuerpo de agua al igual que la salamandra *Oedipina complex*, a orilla de la quebrada en medio de forraje usado para cría de cabras, aprovechando los insectos que este poseía para su alimentación. La *Agalychnis callidryas* (Rana de ojos rojos) fue observada en estado juvenil posada en medio de vegetación, donde depositan normalmente las hembras sus huevos (Estrella-Morales & Piedra-Castro, 2018) (Anexo 1).

Para los reptiles la especie más abundante fue el *Anolis lionotus*, con un total de 10 individuos, al igual que en otro estudio, esta especie demostró ser la más abundante en la Reserva Cerro Turega en la provincia de Coclé acuerdo a Sosa-Bartuano (2017) y en el transecto 1 la especie *Basiliscus basiliscus* (Meracho) con un total de siete individuos, ambos observados cercanos a quebradas, ya que utilizan las fuentes de agua, mecanismo para escape y obtención de alimento (Vargas y Bolaño, 1999). No se observaron individuos del orden Crocodylia, y Testudines; sin embargo, existen reportes de tortugas casquito (*Kinosternon* sp.) en quebradas de El Valle de Antón (Sosa-Bartuano, observación personal). Otros estudios tampoco han reportado la presencia de especies del orden Crocodylia (Dunn, 1933). El babillo *Caiman crocodilus*, ampliamente distribuido en Panamá, es posible que esté presente en El Valle de Antón (Méndez, 2005), pero no fue observado. Con el método de búsqueda generalizada, el cual implicaba los alrededores que no cubrían el transecto, pudimos alcanzar una abundancia de 490 individuos y una diversidad de 14 especies de la Clase Amphibia y en reptiles 22 individuos y 14 especies.

Tabla 1.

Listado de anfibios y reptiles por transectos (T1, T2 y T3) y búsqueda generalizada (BG) en el Sendero Natural Árboles Cuadrados y la abundancia total de individuos.

Familia	Especies	T1	T2	T3	B.G.	Número de individuos
<i>Aromobatidae</i>	<i>Allobates talamancae</i>		X	X	X	8
<i>Bufo</i>	<i>Rhinella horribilis</i>	X	X		X	7
	<i>Rhaebo haematiticus</i>		X		X	14
<i>Centrolenidae</i>	<i>Hyalinobatrachium tatayoi</i>	X			X	39
	<i>Sachatamia albomaculata</i>	X			X	157



<i>Craugastoridae</i>	<i>Craugastor crassidigitus</i>	X	X	X	X	88
	<i>Craugastor fitzingeri</i>	X	X	X	X	124
	<i>Pristimantis gaigei</i>		X			1
	<i>Pristimantis taeniatus</i>	X	X	X	X	72
<i>Dendrobatidae</i>	<i>Silverstoneia flotator</i>	X	X	X	X	204
<i>Eleutherodactylidae</i>	<i>Diasporus diastema</i>	X			X	5
<i>Hylidae</i>	<i>Agalychnis callidryas</i>				X	1
	<i>Smilisca sila</i>	X			X	71
<i>Ranidae</i>	<i>Lithobates warszewitschii</i>	X	X	X	X	164
<i>Plethodontidae</i>	<i>Oedipina complex</i>				X	1
<i>Corytophanidae</i>	<i>Basiliscus basiliscus</i>	X				7
	<i>Corytophanes cristatus</i>		X		X	7
<i>Dactyloidae</i>	<i>Anolis bipocartus</i>				X	1
	<i>Anolis gaigei</i>				X	1
	<i>Anolis humilis</i>		X			1
	<i>Anolis lionotus</i>				X	10
<i>Sphaerodactylidae</i>	<i>Lepidoblespharis sanctaemartae</i>	X			X	3
<i>Boidae</i>	<i>Boa imperator</i>		X			1
<i>Colubridae</i>	<i>Dendrophidion percarinatum</i>		X			1
<i>Dipsadidae</i>	<i>Erythrolamprus bizona</i>				X	1
	<i>Imantodes cenchoa</i>			X	X	4
	<i>Leptodeira rhombifera</i>	X				1
	<i>Sibon argus</i>	X				1
	<i>Trimetopon barbouri</i>				X	1
<i>Viperidae</i>	<i>Bothrops asper</i>				X	2
	<i>Bothriechis nigroadspersus</i>			X	X	1
<i>Elapidae</i>	<i>Micrurus nigrocinctus</i>				X	1

X = presencia, B.G.=búsqueda generalizada, T=transecto.

Índices de Diversidad

De acuerdo con los índices de Shannon-Wiener (H) y Margalef se obtuvo una homogeneidad en los rangos obtenidos en ambos grupos, ya que ambos marcan una diversidad media en el SNAC. Además, a través de los índices de Simpson (1-D) se determinó que no existe una dominancia de entre ambos grupos (tabla 2). En comparación, con estudios similares, estos resultados no demuestran que sea la diversidad final en el Sendero, debido a que podría cambiar si se aplica mayor esfuerzo de muestreo, para obtener mayor exactitud comparativa (Elizondo, 2017).

Tabla 2.

Índice de diversidad y dominancia en anfibios y reptiles total de Sendero Natural Árboles Cuadrados.

Orden	H	1-D	Margalef
Amphibia	2.126	0.8604	2.04
Reptilia	2.591	0.8975	4.228

Diversidad de Shannon-Wiener (H) y Margalef, de dominancia de Simpson (1-D).

Curva acumulativa

La riqueza obtenida fue alta en anfibios y baja reptiles (figura 2A y 2B) e indica que las especies de anfibios observadas en el área de estudio, es representativa de la comunidad de anfibios en el SNAC. En cambio, los reptiles, se interpreta que la riqueza de especies observada no es representativa de la comunidad de este grupo presentes en el SNAC, debido a que son especies con mayores métodos de autoprotección en su entorno lo que dificulta el esfuerzo de búsqueda (Navarrete, 2005).

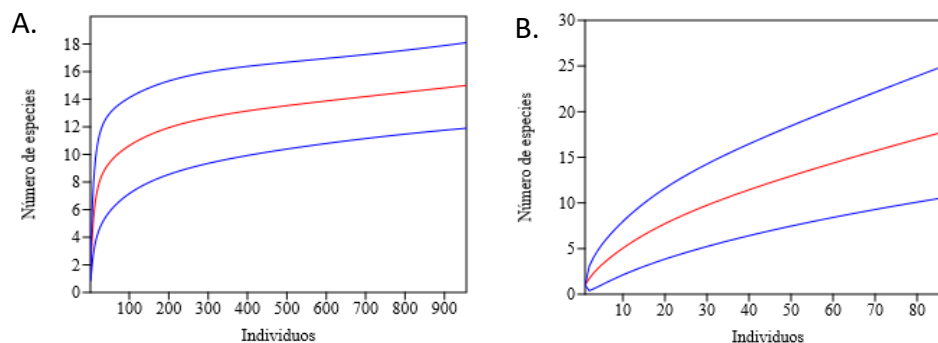


Figura 2.

Curva general de acumulación de especies de anfibios (A) y reptiles (B) registradas dentro del SNAC.

Comunidad de herpetofauna por transecto

El transecto 1 muestra ser el hábitat con más observaciones de individuos, presentando el 73 % de los anfibios y 53 % de los reptiles. El transecto 2 y 3 obtuvo porcentajes similares de 15 % y 12 % para los anfibios, al igual que para los reptiles con 25 % y 22 % (figura 3). Para los reptiles los porcentajes fueron similares tanto en bosque de borde como maduro, al igual que estudio llevado a cabo por Urbina-Cardona et al., (2006). Los géneros representativos de estos bosques demostraron ser *Anolis* y *Corytophanes*, sin embargo, el género *Corytophanes* se observó únicamente en el borde del bosque.

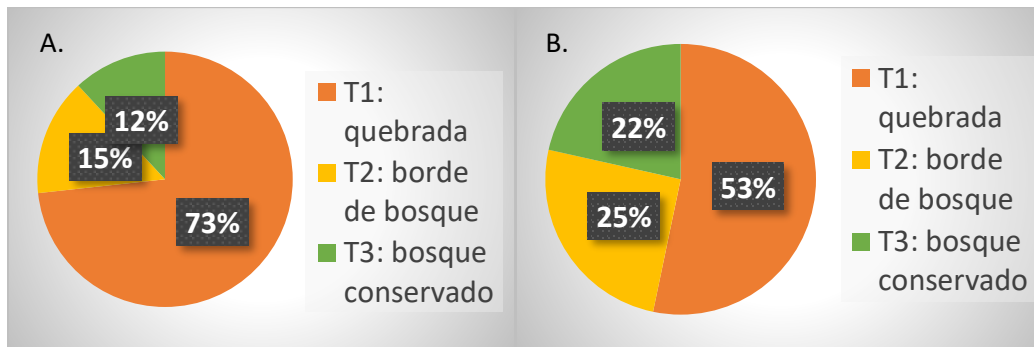


Figura 3.
Porcentaje de la comunidad Anfibios (A) y reptiles (B) por transecto en el SNAC.

Efectos de transición de estación seca y lluviosa

En los meses de inviernos las temperaturas oscilaron entre 19 °C a 25 °C y la humedad relativa alrededor de lo 53 %-66 %, mientras que en el mes de enero las temperaturas fueron de 21 °C a 25 °C y humedad relativa de 53 %-62 %. Basado en los índices las observaciones de anfibios en los meses con bajas temperaturas fueron mayores, mientras que en los meses de temporada seca se observaron menos especies. A diferencia de los reptiles para los meses en transición a temporada seca se observó un mayor número de especies presentes en el SNAC.

Variables Antropogénicas del SNAC

Dentro de los transectos 1 y 2 estuvieron presentes los desechos sólidos contaminantes, tuberías deterioradas y efecto de borde, dichos factores impidieron que la población de estos organismos incrementará, lo cual concuerda con el estudio realizado por Alemán y Urbina (2015). También otros estudios describen que la diversidad baja conforme aumenta la transformación de los bosques por las



actividades antropogénicas (Blanco-Torres et al., 2013). El transecto 3 se caracterizó por no demostrar factores antropogénicos considerables en su hábitat, sin embargo, para gran parte de anfibios registrados no fue el sitio preferido para llevar a cabo su ciclo biológico, por lo que la diversidad de especies no fue muy marcada.

Tabla 3.
Categorías de conservación de los anfibios y reptiles observados en el Sendero Natural Árboles Cuadrados.

Anfibios			Reptiles		
Especies	UICN	EVS	Especies	UICN	EVS
<i>Allobates talamancae</i>	LC	M	<i>Basiliscus basiliscus</i>	LC	M
<i>Rhinella horribilis</i>	LC	L	<i>Corytophanes cristatus</i>	LC	M
<i>Rhaebo haematiticus</i>	LC	L	<i>Anolis bipocartus</i>	LC	L
<i>Hyalanobatrachium tatayoi</i>	LC	L	<i>Anolis gaigei</i>	LC	H
<i>Sachatamia albomaculata</i>	LC	M	<i>Anolis humilis</i>	LC	H
<i>Craugastor crassidigitus</i>	LC	M	<i>Anolis lionotus</i>	LC	H
<i>Craugastor fitzingeri</i>	LC	M	<i>Lepidoblespharis sanctaemartae</i>	LC	H
<i>Pristimantis gaigei</i>	LC	H	<i>Boa imperator</i>	LC	L
<i>Pristimantis taeniatus</i>	LC	H	<i>Dendrophidion percarinatum</i>	LC	M
<i>Silverstoneia flotator</i>	LC	H	<i>Erythrolamprus bizona</i>	LC	M
<i>Diasporus diastema</i>	LC	H	<i>Imantodes cenchoa</i>	LC	L
<i>Agalychnis callidryas</i>	LC	M	<i>Leptodeira rhombifera</i>	LC	M
<i>Smilisca sila</i>	LC	M	<i>Sibon argus</i>	LC	H
<i>Lithobates warszewitschii</i>	LC	M	<i>Trimetopon barbouri</i>	DD	H
<i>Oedipina complex</i>	LC	M	<i>Bothriechis nigroadspersus</i>	LC	M
			<i>Bothrops asper</i>	LC	M
			<i>Micrurus nigrocinctus</i>	LC	M

LC = Preocupación Menor, DD = Datos Insuficientes, L = Bajo, M = Medio, H = Alto (UICN, 2023 y Johnson et al. 2015).

Estado de conservación

En relación al estado de conservación de las especies registradas en el área de estudio, de acuerdo a la (UICN, 2023), la mayor parte de los anfibios y reptiles se encuentran en la categoría Preocupación Menor (LC), lo que indica que el sendero cuenta con poblaciones estables que permiten la supervivencia en ambientes perturbados. La especie en la categoría datos insuficientes (DD) fue *Trimetopon barbouri*, por ser una especie fosorial, rara y con distribución poco conocida. Esta serpiente fue encontrada en las



primeras horas de la noche, oculta bajo tierra suelta, muy ágil al momento de escapar bajo tierra e inofensiva.

Considerando las categorías de Johnson et al. (2015), usando el Puntaje de Vulnerabilidad Ambiental (EVS), obtuvimos cuatro especies de anfibios con vulnerabilidad alta: *Pristimantis taeniatus*, *Silverstoneia flotator*, *Diasporus diastema* y *Pristimantis gaigei*. En el caso de los reptiles se obtuvo seis especies con vulnerabilidad alta: *Lepidoblespharis sanctaemartae*, *Anolis lionotus*, *Anolis gaigei*, *Anolis humilis*, *Sibon argus* y *Trimetopon barbouri* (tabla 3).

Conclusiones

La función del bosque donde se ubica el sendero, es muy importante, ya que son fragmentos que resguardan la biodiversidad y contribuye a mitigar los efectos de la población humana circundante. Dentro del SNAC la especie *Silverstoneia flotador* y *Anolis lionotus*, demostró ser representativas dentro de un bosque con perturbación antropogénica, por ende, son pieza clave para evaluar la calidad de un hábitat. Los índices ecológicos representan una mediana diversidad registrada en el SNAC y sugerimos mayor esfuerzo de muestreo para mayor exactitud comparativa.

Las fuentes de agua fueron importantes para la detección de herpetofauna, debido a ello, debemos contribuir a mayores esfuerzos de conservación colectiva de las fuentes hidrográficas que son un recurso esencial para la sociedad y el ambiente.

Gracias a este estudio se pudo detallar aspectos relevantes de especies de interés, como es el caso de la salamandra *Oedipina complex*, ya que mantiene una pequeña población en sitios con alteración antropogénica y demuestra ser interesante para próximos estudios basados en la resiliencia a la alteración de su hábitat. Se registró la serpiente *Trimetopon barbouri*, una especie un poco inusual por su tipo de biología al ser una especie fosorial y de acuerdo con la UICN y EVS presentan poca información de su distribución y abundancia, por lo que proponemos tomar en cuenta estudios basados en esta serpiente en particular. También evaluar los aspectos que han llevado a un estado de amenaza a las especies *Pristimantis taeniatus*, *Silverstoneia flotador*, *Diasporus diastema*, *Pristimantis gaigei*, *Anolis lionotus*, *Lepidoblespharis sanctaemartae*, *Anolis gaigei*, *Anolis humilis*, *Sibon argus*, y contribuir en su conservación, pues son especies claves en la estabilidad de los bosques del trópico panameño.



Agradecimientos

A la profesora Maricel Tejeira por su apoyo y recomendaciones. Al Ministerio de Ambiente, sede regional de Coclé, por brindar apoyo para la obtención del permiso científico (Número de permiso: ARB-094-2022).

Referencias

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). (2010). Atlas Ambiental de la República de Panamá. Primera Versión. Gobierno Nacional de la República de Panamá 190 pp.
- Alemán, M. y Urbina, O. (2015). Diversidad, abundancia y uso potencial de la herpetofauna en la reserva silvestre privada Hato Nuevo el Viejo, Chinandega 2012-2013[tesis de posgrado, Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua-León].
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3483/1/228253.pdf>
- Almeida-Gómez, M. y Rocha, F. (2014). Landscape connectivity may explain anuran species distribution in an Atlantic forest fragmented area. *Landscape Ecol* 29:29–40. DOI 10.1007/s10980-013-9898-5.
- Blanco-Torres, A., Báez S., L., Patiño-Flores, E. y Renjifo-R., J. M. (2013). Herpetofauna del valle medio del río Ranceria, La Guajira, Colombia. *Rev. Biodivers. Neotrop.* 3 (2), 113-122
- Blomberg, S. y Shine, R. (1996). Ecological Census Techniques, Cap. 8: Reptiles. *Cambridge University Press* 2, 297-306.
- Cortés-Gómez, A. M., Ruiz-Agudelo, C. A., Valencia-Aguilar, A., Ladle, R. J. (2015). Ecological functions of neotropical amphibians and reptiles: a review. *Univ. Sci.* 2015, Vol. 20 (2): 229-245. doi: 10.11144/Javeriana.SC20-2.efna
- Dunn, E. R. (1933). Amphibians and reptiles from El Valle de Anton, Panama. *Occasional Papers of the Boston Society of Natural History* 8, 65-79.
- Elizondo, L. (2017). Descripción preliminar de la composición herpetofaunística en localidades panameñas impactadas por quitridiomycosis. *Tecnociencia*, Vol. 19, N°2.
- Estrella-Morales, J.; Piedra-Castro, L. (2018). Anfibios y reptiles (Herpetofauna) en las asociaciones vegetales de la Laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 31, N.º 2. DOI: 10.18845/tm.v31i2.3630.
- ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica). (2007). Hidrometeorología Panamá. Mapa de Clasificación Climática (según KÖPPEN). Recuperado el 04 de julio 2023, de:
<http://www.hidromet.com.pa/Mapas/Mapa Clasificacion Climatica KOPPEN 2007 Panama.pdf>.
- García Grajales, J., Pineda-Ramos, B., y Buenrostro-Silva, A. (2018). Diversidad herpetofaunística en un ambiente urbano de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México. *Rev. Biodivers. Neotrop.* 8 (2), 108-118. <http://www.dx.doi.org/10.18636/bioneotropical.v8i2.719>
- Gotelli, A., (1998). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados probados de caracterizaciones de biodiversidad. 1ª ed. Colombia: ALEXANDER VON HUMBOLDT. 224p.



- Halliday, T. (1996). *Ecological Census Techniques, Cap. 7: Amphibians. Cambridge University Press 2, 278-293.*
- Heyer, W. R., y Berven, K. A. (1973). Species diversities of herpetofaunal samples from similar microhabitats at two tropical sites. *Ecology, 54(3): 642-645*
- Ibáñez, D. R., A. S. Rand y C. A. Jaramillo (1999). *Los anfibios del Monumento Natural Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y Áreas Adyacentes/The Amphibians of Barro Colorado Monument, Soberanía National Park and Adjacent Areas.* Editorial Mizrachi y Pujol S. A, Panamá.
- IUCN (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2.* <https://www.iucnredlist.org>
- Johnson, J. D., Mata-Silva V, Wilson L. D. (2015). A conservation reassessment of the Central American herpetofauna based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation 9(2): 1–94.*
- Köhler, G. (2008). *Reptiles of Central America, 2nd ed.* Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.
- Köhler G. (2011). *Amphibians of Central America.* Herpeton Verlag, Offenbach, Germany, 378 pp.
- Leenders, T. (2016). *Amphibians of Costa Rica: a field guide.* Comstock Publishing Associates, a division of Cornell University Press.
- Leenders, T. (2019). *Reptiles of Costa Rica: a field guide.* Comstock Publishing Associates, an imprint of Cornell University Press.
- Lips, K.R., Reasaer, J. K., Young, B.E. y Ibáñez, R. (2001). *Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos.* Society for the study of amphibians and reptiles. USA.
- Losos, J. B. (2011). *Lizards in an evolutionary tree: ecology and adaptive radiation of anoles.* University of California Press, USA.
- Méndez, E. (2005). *Elementos de la fauna panameña. Segunda Edición.* Imprenta Articsa.
- Mesoamerican Herpetology (consultado el 17 de mayo de 2023). <http://www.mesoamericanherpetology.com/index.html>
- Muñoz-Ávila, J., Camacho-Rozo, C. P., Ovalle-Pacheco, A., y Castillo-Vargas, F. (2019). Capítulo 5 Anfibios y reptiles. <https://doi.org/10.19053/978-958-660-331-7.5>
- Navarrete, J.B. (2005). *Métodos y técnicas de manejo y conservación para anfibios y reptiles en campo: análisis, evaluación y aprovechamiento sustentable en México.* http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/SicoselIntranet/ProductosEsperados/2943_2006_Manual_de_anfibios_y_reptiles.pdf
- Roman, F., De Lions, R., Sautu, A., Deago, J., Hall, J. (2012). *Guía para la propagación de 120 árboles nativos y el Neotrópico.* <http://environment.yale.edu/elti/>
- Samudio R., R. Samudio, E. Wong, M. Aguirre y F. Aguilar (1997). *Fauna Silvestre de la propuesta área protegida de Cerro Gaital. Proyecto COBIOPA- GAITAL. Financiado Mediante el Fideicomiso Ecológico que Administra Fundación Natura.*
- Savage, J. M. (2002). *The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas.* University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Solís, L. (2012). *Diagnóstico del corregimiento de El Valle de Antón: una propuesta de ordenamiento territorial [tesis de maestría, Universidad de Panamá].* https://up-rid.up.ac.pa/3589/1/luis_solis.pdf
- Sosa-Bartuano, A. (2017). *Herpetofauna de la reserva hídrica Cerro Turega, Cordillera Central de Panamá. Revista científica CENTROS Vol. 6 No. 2, 99-113.*

- Urbina-Cardona, J., Olivares-Pérez, H., Hugo, V. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture–edge–interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 132: 61-75.
- Valencia-Aguilar, A., Cortés-Gómez, A.M., Ruiz-Agudelo, C. A., (2013). Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* 9, 257–272. <https://doi.org/10.1080/21513732.2013.821168>
- Vargas-Salina, F., Bolaños-L., M. E. (1999). Anfibios y reptiles presentes en hábitat perturbados de selva lluviosa tropical en el bajo Anchicayá, Pacífico colombiano. *Rev Acad Colomb Cienc Exact Fis Nat.* 23 (supl especial), 499- 511.

Anexos

Anexo 1. Anfibios y reptiles en el SNAC. A) Rana cohete (*S. flotator*). B) Rana de cristal (*S. albomaculata*). C) Rana de gagei (*P. gagei*). D) Rana de ojos rojos (*A. callidryas*). E) Salamandra (*O. complex*). F) Anolis de río (*N. lionotus*). G) Serpiente (*T. barbouri*). H) Serpiente dormilona (*I. cenchoa*). I) Gecko (*L. sanctaemartae*).





Clutches of the Cat-eye snakes genus *Leptodeira* spp. (SERPENTES: Dipsadidae), with a bibliographic review and new reports for Panama

Nidadas de serpientes ojo de gato del género *Leptodeira* spp. (SERPENTES: Dipsadidae), con una revisión bibliográfica y nuevos registros para Panamá

Rogemif Fuentes¹

<https://orcid.org/0000-0002-4389-2665>

Erick Barría¹

<https://orcid.org/0000-0001-5677-1590>

Michelle Quiroz-Espinoza^{1, 2}

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

Eduardo Zambrano³

<https://orcid.org/0000-0002-4339-8114>

John Cleghorn⁴

<https://orcid.org/0009-0001-4814-982X>

Yostin Añino⁵

<https://orcid.org/0000-0002-8870-8155>

¹Fundación Los Naturalistas, P.O. Box 0426-01459, David, Chiriquí, Panamá

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

³Universidad de Panamá, Centro regional Universitario de Veraguas, Ciudad de Veraguas, Panamá

⁴Universidad de Panamá. Centro de investigación e información en medicamentos y tóxicos, Panamá

⁵Universidad de Panamá. Museo de Invertebrado G.B.Fairchild, Panamá.

Corresponding autor: rogemifdaniel@gmail.com

Enviado el 30 de abril de 2024. Aceptado el 28 de junio de 2024

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i1.739>

Abstract

The reproduction of Neotropical snakes, such as those of the genus *Leptodeira*, varies widely influenced by climatic factors, with species ranging from strictly seasonal to continuous reproductive patterns. Recent research reveals significant variability in reproductive cycles, determined by local environmental conditions such as temperature and precipitation. Nesting behaviors remain poorly understood, and snakes use diverse environments, from natural shelters to communal nests of other species. Within the family Dipsadidae, species such as *L. maculata* and *L. punctata* demonstrate correlations between female body size (SVL) and clutch size, reflecting adaptive strategies to maximize reproductive success in diverse ecological contexts. Field work in Panama provided new insights, documenting egg-laying and gravid individuals of species such as *L. rhombifera* and *L. ornata*, highlighting further research to elucidate the reproductive dynamics and ecological adaptations particular to each species. Analytical approaches including Pearson and Spearman correlations and cluster analysis reveal distinct patterns in clutch size relative to female size, underscoring species adaptations and variability within the genus.

Keywords

Body size, neotropical snakes, oviposition, sexual cycle, snake eggs.

Resumen

La reproducción de las serpientes neotropicales, como las del género *Leptodeira*, varía ampliamente influenciada por factores climáticos, con especies que van desde patrones reproductivos estrictamente



estacionales hasta continuos. Investigaciones recientes revelan una variabilidad significativa en los ciclos reproductivos, determinada por las condiciones ambientales locales como la temperatura y las precipitaciones. Los comportamientos de anidación siguen siendo poco conocidos, y las serpientes utilizan diversos entornos, desde refugios naturales hasta nidos comunitarios de otras especies. Dentro de la familia Dipsadidae, especies como *L. maculata* y *L. punctata* demuestran correlaciones entre el tamaño corporal de la hembra (SVL) y el tamaño de la nidada, lo que refleja estrategias adaptativas para maximizar el éxito reproductivo en diversos contextos ecológicos. El trabajo de campo en Panamá proporcionó nuevos conocimientos, al documentar la puesta de huevos y los individuos grávidos de especies como *L. rhombifera* y *L. ornata*, destacando la necesidad de realizar más investigaciones para dilucidar la dinámica reproductiva y las adaptaciones ecológicas particulares de cada especie. Los enfoques analíticos que incluyen correlaciones de Pearson y Spearman y análisis de conglomerados revelan patrones distintos en el tamaño de las nidadas en relación con el tamaño de las hembras, lo que subraya las adaptaciones de cada especie y la variabilidad dentro del género.

Palabras clave

Ciclo sexual, huevos de serpiente, oviposición, serpientes neotropicales, tamaño del cuerpo.

Introduction

Reproduction is a critical event for species and represents an important energetic cost, mainly in ectotherms (Shine, 2003; Vitt & Caldwell, 2013; Bellini et al., 2019). In snakes, the reproductive mode is delimited according to family, and they reproduce by laying eggs (oviparous) or they can give birth to live young (viviparous) (Feldman et al., 2015), with oviparity being the most common mode among reptiles in general (Shine, 1985).

Research on snake reproduction has focused mainly on regions with temperate climates with relatively cold zones, where species usually reproduce during the warmer seasons, because of this, little follow-up has been given to the reproductive biology of species from warmer climates, especially those that live in neotropical regions (Pizzatto et al., 2008a; Scartozzoni et al., 2009). Previous reviews held the belief that most tropical snakes have a continuous, annual reproductive pattern (Fitch, 1970); however, it is known that the reproductive patterns of neotropical snakes vary widely, ranging from strictly seasonal to broadly seasonal and even continuous with periods of increased reproductive activity (Shine, 1991; Pizzatto & Marques, 2002). However, recent research has shown that in some species, the reproductive cycle of females is seasonal while it is continuous in males, suggesting a reproductive strategy adapted to the tropical environment where water levels and prey availability play a crucial role (García-Cobos et al., 2020). Temperature, precipitation, and humidity are the main abiotic factors that influence these



cycles; therefore, they are responsible for modulating their seasonality (Aldridge & Duvall, 2002; Lutterschmidt & Mason, 2009).

Most snakes cannot build a nest and depend on pre-existing sites for their oviposition: under rocks, logs or any other surface cover, in preformed underground chambers, nests of other animals such as alligators, ants and termites, however, in solitary or communal nests, the nesting sites and oviposition modes of Neotropical snakes are poorly understood, due to the success of mothers in hiding their eggs (Baer et al., 2009; Blouin-Demers et al., 2004; Braz et al., 2008; Sierra-Serrano et al., 2023).

The Family Dipsadidae has the largest radiation of colubrid snakes in the Neotropics, with approximately 700 species present mainly in Central and South America (Stender-Oliveira et al., 2016). Within it is the genus *Leptodeira* belonging to the tribe Leptodeirini, which is composed of relatively large aglyph or opistoglyph and oviparous snakes (Pizzatto et al., 2008a). There are records of clutches for five species of *Leptodeira* in Central America and Mexico (Kohler et al. 2016; Nieto-Toscano & Martínez-Coronel, 2021; Sierra-Serrano et al., 2023).

We currently consider the taxonomy suggested by Costa et al. (2022) to be valid. who propose for Panama the presence of three species of cat's eye snakes, one of them requires description, *Leptodeira septentrionalis ornata* (samples from Bocas del Toro and Costa Rica) raised as a putative “Not described” species that must remain as a subspecies until sampling is expanded; they elevate *L. annulata rhombifera* to a species as suggested by Savage (2002) and Barrios-Amorós (2019), they redefine and recognize *L. ornata* as a species in populations of Colombia and southern Panama.

For this work we carried out an analysis of important points such as the relationship between body size and clutch size, this relationship can be important how reproductive strategy and we sought to expand information on the clutches of cat's eye snakes of the genus *Leptodeira* in Panama. In the tropics, considering that despite being relatively common (Solórzano, 2004), they have few records of laying or clutches of eggs, most of them are associated with accidental clutches of snakes captured for other types of studies or occasional encounters on field.

Materials and Methods

Bibliographic review



An exhaustive bibliographic review was carried out to compile all reports of reproduction in snakes of the genus *Leptodeira* throughout its distribution, including the island territory. We had access to articles published in the following journals: Amphibia-Reptilia, Herpetological Conservation and Biology, Herpetological Monographs, Herpetological Review, Herpetology Notes, Herpetological Bulletin, Mesoamerican Herpetology, Reptiles & Amphibians, and Herpetologica, using “Google scholar” (<https://scholar.google.com/schhp?hl=en>) and “ ResearchGate” (<https://www.researchgate.net/>) to search for articles published until October 2023, using the combination of the following keywords: “reproduction+americans+Colubridae”, “reproduction+americans+Dipsadinae”, “Leptodeira’s+reproduction” and “American+cat-eyed snakes'+reproduction”.

Fiel work for the new records in Panama

During some field work with different objectives, four female cat's-eye snakes (*Leptodeira* spp.) were collected and placed in captivity, which resulted in the laying of eggs by three of them and the entry of a gravid female to the collection of the Herpetological Museum of the Universidad Autónoma de Chiriquí.

Report 1. On October 10th, 2022, Eduardo Leiva rescued a female *L. rhombifera* in Panama City, Panama province, which was kept in captivity by JC. This individual laid three eggs on October 11th, 2022, and they were incubated for 60 days in a medium that consisted of a container with dry vermiculite and closed with some holes in the lid, this was placed inside another closed container that contained approximately 1 cm of water at temperature, between 27 and 30 degrees during the day and 22 to 24 degrees at night, with relative humidity between 80 and 90 %, the hatching success was 100 %, one of them escaped and the others were released in the Soberanía National Park (figure 1A).

Report 2. During a field trip of the project “Revisión filogenética y taxonómica de las serpientes ojo de gato (*Leptodeira* spp.) en Panamá” led by the main author of this work, on June 7th, 2023, two female specimens of *L. ornata* in the Salto del Mono camp, Portobelo National Park, Colón province, were kept in captivity for a week for processing as part of the study and on June 14th, 2023. One snake (collection code RF-011, museum code MHCH-5012) laid a clutch of seven eggs, which were placed in an incubation



system like that in report 1. After a week, the eggs underwent ovoscopy, revealing no signs of development. Despite being kept in the incubation system, they failed to develop (figure 1B).

Report 3. On August 13th, 2023, a female *L. rhombifera* was rescued in Santiago city, Veraguas province, which was kept in captivity to be photographed and relocated. On August 28th, this individual laid one egg and another six on September 4, 2023, all eggs were placed in an incubation system like that in report 1, however, after an ovoscopy it was determined that they were infertile (figure 1C).

Report 4. On December 6th, 2023, a female *L. rhombifera* was rescued in Divisa city, Veraguas province, by Abel Batista, and introduced in the Herpetological Museum of the Universidad Autónoma de Chiriquí, where the biologist MQ was able to observe that the female (collection code RF-015, museum code MHCH-5016) was pregnant. To verify this, a necropsy was performed that allowed observation. We placed the animal in a supine position and made a paraventral linear cut in the second third of the snake's body with a sterile scalpel (Pessier & Pinkerton, 2003). Four eggs could be observed (figure 1D).

Data analysis

The Shapiro-Wilk test was employed to assess the normality of all SVL, and egg number values obtained from the bibliographic review and new records and the homoscedasticity was assessed using the Breusch-Pagan test. Subsequently, Pearson correlation analyses were conducted using RStudio Software (version 4.2.2) to examine the relationship between snout-vent length (SVL) and the number of eggs per clutch. Additionally, separate Pearson correlation analyses were performed for SVL, and the number of eggs laid by *L. maculata* and *L. punctata* species.

In cases where literature only provided total length rather than SVL, we estimated SVL using tail length data from other sources. We also attempted a Pearson correlation analysis between average egg size and clutch size based on available literature data.

Finally, to explore the variation in clutch size and SVL between different species of the genus *Leptodeira*, we performed a similarity cluster using Euclidean distances and Paired group algorithm (UPGMA) that analyzes all species individually



Results

Bibliographic review We managed to locate 43 records, in total 10 of *L. maculata* with clutches between 4 - 11 eggs, five of *L. frenata* between 2 - 7 eggs, 12 of *L. punctata* between 6 -11 eggs, two of *L. uribei* with five and six eggs, four of *L. ashmeadii* between 4 - 6 eggs, four *L. s. polysticta* between 6 – 12 eggs, four *L. ornata* with four eggs and we are providing two new reports of clutches of *L. rhombifera* in captivity and one gravid female for this specie, and one for *L. ornata* (table 1).

Table 1.

Clutch size records by species of genus *Leptodeira*.

Species of Genus <i>Leptodeira</i>	Clutch Size	Country	SVL (mm)	Egg Length - Width (mm)	Record	Reference
<i>L. maculata</i>	5	Mexico	510.72	28.0 – 13.0	Captivity	Duellman, 1958
<i>L. maculata</i>	7	Mexico	–	–	Captivity	Duellman, 1958
<i>L. ornata</i>	4	–	559.12	34.5 – 11.7	–	Duellman, 1958
<i>L. septentrionalis</i>	7	–	726.1	28.9 – 12.0	–	Haines, 1940
<i>polysticta</i>						
<i>L. s. polysticta</i>	6	–	726.1	25.7 – 10.8	–	Haines, 1940
<i>L. s. polysticta</i>	9	–	726.1	23.7 – 11.8	–	Haines, 1940
<i>L. s. polysticta</i>	12	–	726.1	21.1 – 11.8	–	Haines, 1940
<i>L. maculata</i>	9	Mexico	–	–	Captivity	Ramírez-Bautista, 1994
<i>L. maculata</i>	7	Mexico	533	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. maculata</i>	11	Mexico	630	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. maculata</i>	8	Mexico	503	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. maculata</i>	8	Mexico	519	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. maculata</i>	4	Mexico	480	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. maculata</i>	8	Mexico	527	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. maculata</i>	10	Mexico	573	–	Captivity	Goldberg, S. R., 2004
<i>L. frenata</i>	7	Mexico	604	–	Captivity/dissected	Kohler et al., 2016
<i>L. frenata</i>	2	Mexico	–	–	Captivity	Kohler et al., 2016
<i>L. frenata</i>	4	Mexico	–	–	Captivity	Kohler et al., 2016
<i>L. frenata</i>	7	Mexico	–	–	Captivity	Kohler et al., 2016
<i>L. frenata</i>	7	Guatemala	–	–	Captivity/dissected	Stuart, 1935
<i>L. punctata</i>	6	Mexico	435.05	–	Captivity	Duellman, 1958
<i>L. punctata</i>	6	Mexico	–	–	Captivity	Hardy & McDiarmid, 1969



<i>L. punctata</i>	7	Mexico	–	–	Captivity	Hardy & McDiarmid, 1969
<i>L. punctata</i>	9	Mexico	468	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	8	Mexico	481	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	8	Mexico	422	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	6	Mexico	371	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	9	Mexico	428	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	6	Mexico	382	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	7	Mexico	393	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	11	Mexico	523	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. punctata</i>	6	Mexico	410	–	Captivity	Goldberg, 2004
<i>L. uribei</i>	5	Mexico	488	–	Dead snake/Dissected	Nieto-Toscano & Martínez-Coronel, 2021
<i>L. uribei</i>	6	–	480	–	–	Streicher et al., 2011
<i>L. ashmeadii</i>	6	Colombia	–	–	Ant nest <i>Acromyrmex santschii</i>	Sierra-Serrano et al., 2023
<i>L. ashmeadii</i>	4	Colombia	–	–	Hollow trunk 1.5m height	Sierra-Serrano et al., 2023
<i>L. ashmeadii</i>	6	Colombia	583	27.08 – 14.50	Captivity	Sierra-Serrano et al., 2023
<i>L. ashmeadii</i>	6	Colombia	583	26.8 – 16.6	Captivity	Sierra-Serrano et al., 2023
<i>L. rhombifera</i>	5	Panama	–	–	Ant nest <i>Atta colombica</i>	Baer et al., 2009
<i>L. rhombifera</i>	3	Panama	–	–	Captivity	This study
<i>L. ornata</i>	7	Panama	488.96	31 – 12.3	Captivity	This study
<i>L. rhombifera</i>	7	Panama	480	22.1 – 11.64	Captivity	This study
<i>L. rhombifera</i>	4	Panama	411.78	29.34–10.58	Captivity/dissected	This Study

Data analysis

The correlation analysis between SVL and number of eggs per clutch resulted in a $r=0.29$, and a $p>0.05$, which indicates that, at the genus level, there is statistically no correlation (figure 2 Above). When carrying out the same analysis with the two species that had the most information available in the literature, *L. maculata* (10) and *L. punctata* (12), the result was $r=0.86$ (figure 2 Left) and $p<0.05$ and $r=0.82$ (figure 2 Right), $p<0.05$, respectively, demonstrating in these two species a strong correlation

between the SVL of mothers with the number of eggs per clutch (figure 2 Bottom). When analyzing the correlation between the average size and the number of eggs per clutch, we found an inverse and moderate correlation, with $r=-0.56$, $p<0.05$.



Figure 1.
Cases reported for Panama of eggs clutch of species of genus *Leptodeira*. (A) Report 1; (B) Report 2; (C) Report 3; (D) Report 4 (see Results for more details).

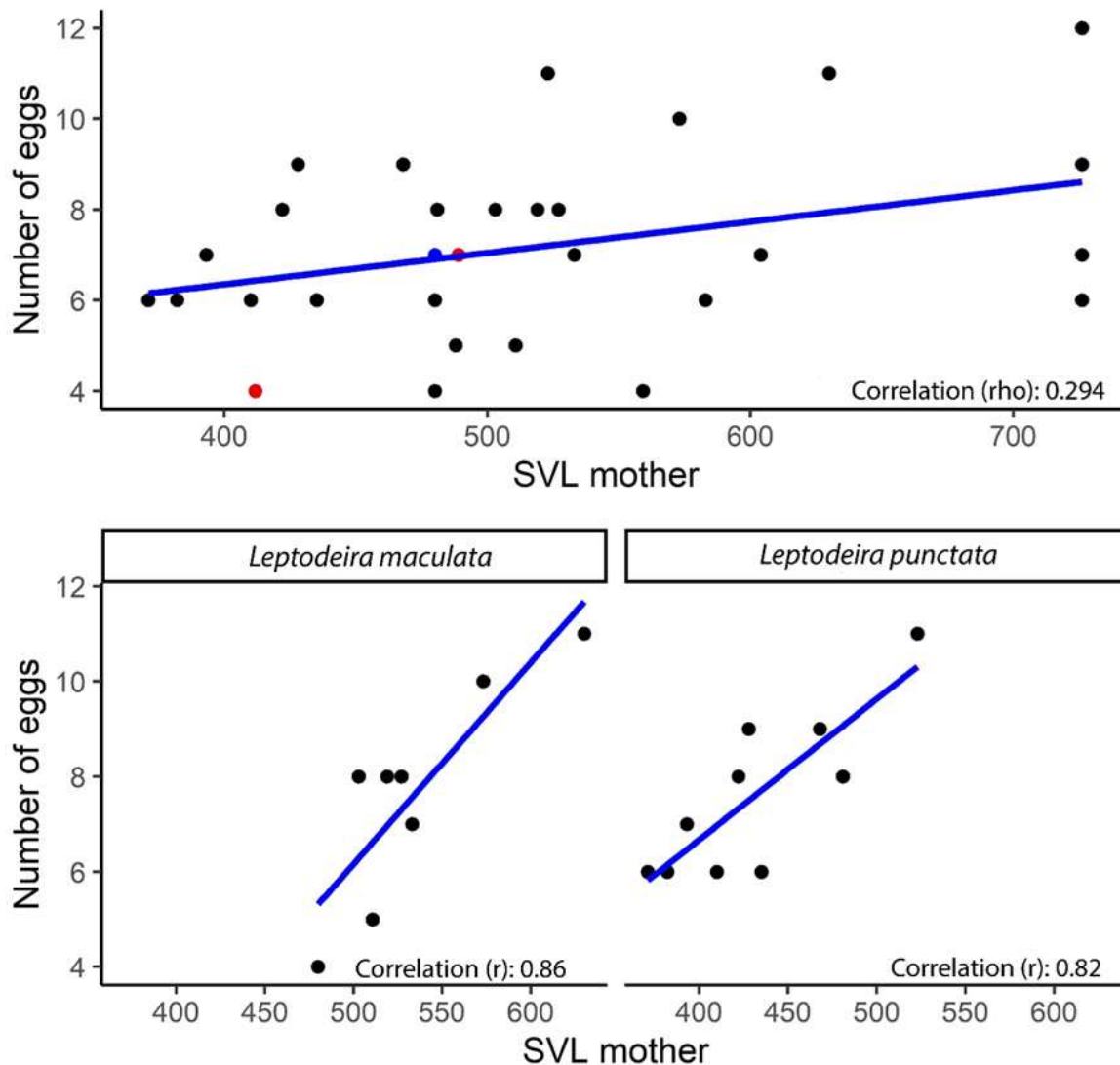


Figure 2.

Above: Spearman correlation graph shows the correlation between the number of eggs laid per clutch and the snout-vent length (SVL) of the mothers (blue dot for *L. ornata* and red dots for *L. rhombifera*). Bottom: Pearson correlation graphs show the correlation between the number of eggs laid per clutch and the SVL of the mothers, applied to *L. maculata* (Left) and *L. punctata* (Right).

Main similarity cluster using Euclidean distances and Paired group algorithm (UPGMA)

Through the cluster we can notice a marked separation in terms of the relationship between clutch size and egg size per species, with *L. septentrionalis polysticta* representing an isolated group and the one

with the highest correlation, the rest of the species form other groups with relatively homogeneous (figure 3).

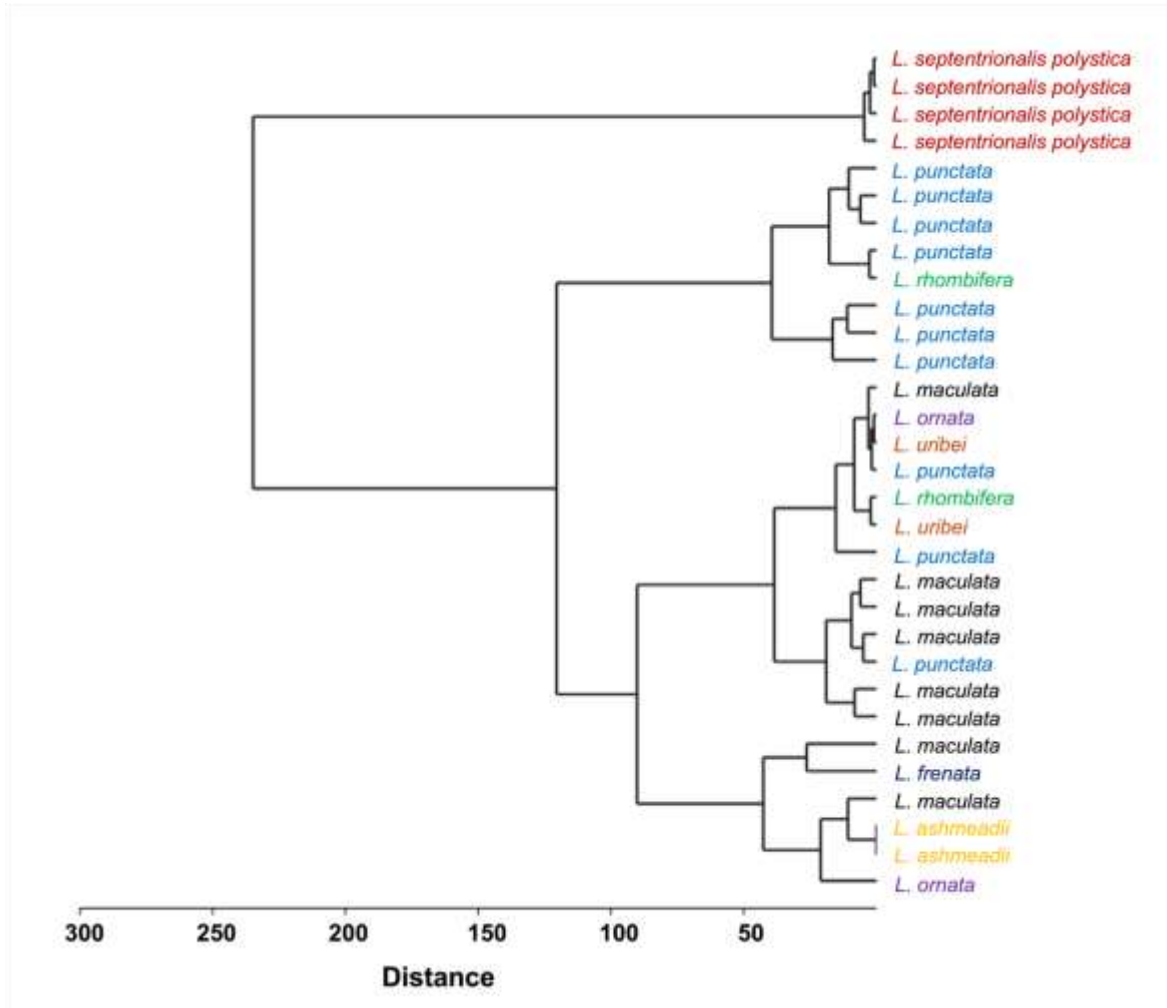


Figure 3. Similarity cluster using Euclidean distances and Paired group algorithm (UPGMA) for the relationship corresponding to the number of eggs and the snout-vent length (SVL) of the mothers for the different species of genus *Leptodeira*.

Discussion

The number of eggs showed normality, while the SVL of the mothers did not, leading to the use of Spearman's rho correlation instead of Pearson correlation to analyze the relationship between these two factors. The separate analyses for each species (*Leptodeira maculata* and *Leptodeira punctata*) exhibited normality in the data, hence Pearson correlation was applied in these cases.



Spearman's rho correlation analysis performed with all species present in this work showed no significant correlation between SVL and egg number (figure 2 above). However, some species differ in body length to reach their reproductively active state (García-Cobos et al., 2020). Clutch size usually has a positive correlation with body size; As we observed in our results for the species *L. maculata* and *L. punctata* with correlations between the number of eggs and the length of the SVL of females, however, several factors can affect clutch size (Shine, 1994), this This statement is represented by the Pearson correlation between these variables, which, although low, shows that the larger the clutch, the smaller the size of the eggs (King, 1989).

The hierarchical analysis of the cluster allows us to observe which species have the greatest relationship concerning female size (SVL) and clutch size, suggesting possible common evolutionary adaptations or similar ecological niches. *L. septentrionalis polystica* clusters apart (figure 3), indicating that there is no correlation between the size of females of this species and clutch size, this is supported by the records of Haines (1940) where with the same size different clutch sizes occur, unlike the other species studied that form other relatively homogeneous groups such as *L. punctata*, while species such as *L. maculata* and *L. rhombifera* appear more dispersed, which reflects greater variability. Furthermore, *L. ashmeadii*, *L. uribei*, *L. rhombifera* and *L. ornata* form another group, which suggests similarities in the variables analyzed, that is, as the SVL increases, the number of eggs or clutch size also increases (figure 3), the condition presented by *L. septentrionalis polystica* allows us to think that throughout the growth of the female it is possible to reach a limit point where there is no longer a correlation between SVL and clutch size.

Because this analysis was performed on the few individuals of the different species that had egg size data, this analysis may be biased. In most snakes, the female is usually larger than the male, this is known as sexual dimorphism and the males usually have a longer tail due to the presence of hemipenes and their retractor muscles (King, 1989). However, in many arboreal snakes this dimorphism is absent (Fowler & Salomão, 1994; Pizzatto & Marques, 2007). Nevertheless, body size has a high cost, since the mobility of laying females is reduced and they are more susceptible to predation: the greater the number of eggs, the greater the cost (Shine, 1980). Each sex adopts a different strategy: males are subject to sexual selection and tend to spend time and energy searching for potential mates, fighting other males,



while females tend to increase their fecundity by dedicating time and energy to reproductive strategies that help them allow increasing the size of clutches and the frequency of reproduction (Madsen & Shine 1994; Barbosa et al. 2022).

According to Mathies (2011), snakes must be analyzed at the individual level, classifying them as: discontinuous cyclical, continuous or acyclical and at the population level, as seasonally synchronous, semi-synchronous or unseasonal. In tropical regions, snake populations tend to have continuous rather than seasonal reproductive cycles due to the relatively stable climate (Duellman, 1958; Fitch, 1982; Vitt & Vangilder, 1983). In contrast to this, most Dipsadidae reproduce seasonally, females show gravidity/pregnancy and oviposition/parturition mainly in the rainy season, but the duration is variable between species (Pizzatto & Marques, 2002; Pizzatto et al. 2008b; Mathies, 2011), this is consistent with our records, since they all cover from June to December, which coincide with the rainy season of Panama, so we can think of seasonal cycles for the species *L. rhombifera* and *L. ornata*, although we consider the possibility that this assertion will change with more records. Despite this, Maschio et al. (2021) emphasizes the importance of analyzing different populations of the same species separately, given the influence of environmental and geographical factors on their reproductive and survival strategies

The findings of Pizzatto et al. (2008a) on the extended follicular cycles in *L. annulata* indicate a capacity for year-round reproduction, even in seasonal climates, contrasting with the seasonal and discontinuous pattern observed in females of other species, as mentioned by Callard & Kleis (1987) and Mathies (2011). These differences suggest divergent adaptations to environmental and energetic pressures between sexes and species. Moreover, a study on the genus *Elaphe* revealed that although residual reproductive rate increases with body length in *E. longissima*, this pattern was not observed in *E. quatuorlineata*, implying distinct responses to environmental conditions and resource stability. Additionally, differences in the average clutch size between these species indicate that *E. longissima* might be adapted to produce larger clutches, possibly as a strategy related to its body size rather than the age of the females, contrasting with the stability observed in *E. quatuorlineata* and other Mediterranean populations (Capizzi et al., 1996). These findings underscore the complexity of reproductive strategies and the importance of considering both environmental factors and intrinsic species characteristics to understand variability in reproductive cycles and population dynamics in snakes.



Conclusions

There is no statistically significant correlation between SVL and clutch size when analyzed together, however, when analyzing the samples independently there is such a correlation, being more marked in *L. s. polystica* than in other species.

Both in the cluster and in the PCA *L. s. polystica* as a distinct group with a directly proportional relationship between the variables, *L. maculata* and *L. punctata* show a tendency towards homogenization, for this reason, we consider that by increasing the number of records the groups will be more isolated, allowing correlations to be established by species.

The premise that the greater the SVL, the greater the number of eggs or clutch size is fulfilled for all cases except for *L. septentrionalis polystica* according to the hierarchical analysis.

Acknowledgement

We thanks to SENACYT for financing the project “Revisión filogenética y taxonómica de las serpientes ojo de gato (*Leptodeira* spp.) en Panamá” Where did we get the individual RF-011, to Ministerio de Ambiente de Panamá for the corresponding collection permit, to the Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación (I4) for providing the laboratory for the necropsy of specimen RF-015, to Jesse Aschcroft for their work in the field and collection of specimens RF-011 and Abel Batista for the collection of specimen RF-015.

References

- Aldridge, R. D., & Duvall, D. (2002). Evolution of the mating season in the pitvipers of North America. *Herpetological Monographs*, 16(1), 1-25. [https://doi.org/10.1655/0733-1347\(2002\)016\[0001:EOTMSI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1655/0733-1347(2002)016[0001:EOTMSI]2.0.CO;2)
- Baer, B., Den Boer, S. P. A., Kronauer, D. J. C., Nash, D. R., & Boomsma, J. J. (2009). Fungus gardens of the leafcutter ant *Atta colombica* function as egg nurseries for the snake *Leptodeira annulata*. *Insectes sociaux*, 56, 289-291. <https://doi.org/10.1007/s00040-009-0026-0>
- Barbosa, L. D. N., PA, L. P., Castro, C. C., Klyssia, S., Santos, M. C., & Maschio, G. F. (2022). Reproductive and trophic ecology of *Erythrolamprus taeniogaster* (Serpentes: Dipsadidae) in the Brazilian eastern Amazon. *Herpetological Conservation and Biology*, 17(1), 131-144. https://www.herpconbio.org/Volume_17/Issue_1/Barbosa_etal_2022.pdf



- Barrios-Amorós, C. L. (2019). On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *Reptiles & Amphibians*, 26(1), 1–15.
<https://doi.org/10.17161/randa.v26i1.14321>
- Bellini, G. P., Arzamendia, V., & Giraudo, A. R. (2019). Reproductive life history of snakes in temperate regions: what are the differences between oviparous and viviparous species? *Amphibia-Reptilia*, 40(3), 291-303. <https://doi.org/10.1163/15685381-20181076>
- Blouin-Demers, G., Weatherhead, P. J., & Row, J. R. (2004). Phenotypic consequences of nest-site selection in black rat snakes (*Elaphe obsoleta*). *Canadian Journal of Zoology*, 82(3), 449-456.
<https://doi.org/10.1139/z04-014>
- Braz, H. B., FraNco, F. L., & Almeida-Santos, S. M. (2008). Communal egg-laying and nest-sites of the Goo-eater Snake, *Sibynomorphus mikanii* (Dipsadidae, Dipsadinae) in southeastern Brazil. *Herpetological Bulletin*, 106, 26-30.
- Callard, I. P., & Kleis, S. M. (1987). Reproduction in reptiles. Pp. 187–205 In *Fundamentals of Comparative Vertebrate Endocrinology*. Chester-Jones, I., P.M. Ingleton, and J.G. Phillips (Eds.). Plenum Press, New York, New York, USA.
- Capizzi, D., Capula, M., Evangelisti, F., Filippi, E., Luiselli, L., & Jesus, V. T. (1996). Breeding frequency, clutch size, reproductive status and correlated behaviours in sympatric females *Elaphe quatuorlineata* and *Elaphe longissima* (Reptilia: Colubridae). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 51(4), 297-311. <https://hal.science/hal-03529133/>
- Costa, J. C. L., Graboski, R., Graziotin, F. G., Zaher, H., Rodrigues, M. T., & Prudente, A. L. da C. (2022). Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta*, 51(4), 415–433. <https://doi.org/10.1111/zsc.12534>
- Duellman, W. E. (1958). A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of the AMNH*; v. 114, article 1. <http://hdl.handle.net/2246/1180>
- Feldman, A., Bauer, A. M., Castro-Herrera, F., Chirio, L., Das, I., Doan, T. M., & Meiri, S. (2015). The geography of snake reproductive mode: a global analysis of the evolution of snake viviparity. *Global Ecology and Biogeography*, 24(12), 1433-1442. <https://doi.org/10.1111/geb.12374>
- Fitch, H. S. (1970). Reproductive cycles of lizards and snakes. *Miscellaneous Publications, Museum of Natural History, University of Kansas*, 52, 1–247.
- Fitch, H. S. (1982). Reproductive cycles in tropical reptiles. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas*, 96, 1-53.
- Fowler, I. R., & Salomão, M. G. (1994). A study of sexual dimorphism in six species from the colubrid snake genus *Philodryas*. *The snake*, 26, 117-122.
- García-Cobos, D., Crawford, A. J., & Ramírez-Pinilla, M. P. (2020). Reproductive phenology in a Neotropical aquatic snake shows marked seasonality influenced by rainfall patterns. *Journal of Natural History*, 54(29-30), 1845-1862. <https://doi.org/10.1080/00222933.2020.1829724>
- Goldberg, S. R. (2004). Notes on reproduction in the southwestern cat-eyed snake, *Leptodeira maculata*, and western cat-eyed snake, *Leptodeira punctata* (Serpentes: Colubridae), from Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 49(3), 409-412. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2004\)049<0409:NORITS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2004)049<0409:NORITS>2.0.CO;2)



- Haines, T. P. (1940). Delayed fertilization in *Leptodeira annulata polysticta*. *Copeia*, (2), 116-118. <https://doi.org/10.2307/1439053>
- Hardy, L. M., & McDiarmid, R. W. (1969). The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. University of Kansas Publications, *Museum of Natural History*.
- King, R. B. (1989). Sexual dimorphism in snake tail length: sexual selection, natural selection, or morphological constraint? *Biological Journal of the Linnean Society*, 38(2), 133-154. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1989.tb01570.x>
- Köhler, G., Cedeño-Vázquez, J. R., Spaeth, M. & Beutelspacher-García, P. M. (2016). The Chetumal Snake Census: generating biological data from road-killed snakes. Part 3. *Leptodeira frenata*, *Ninia sebae*, and *Micrurus diastema*. *Mesoamerican Herpetology* 3, 930–947. https://mesoamericanherpetology.com/uploads/3/4/7/9/34798824/mh_3-4_kohler_at_al.pdf
- Lutterschmidt, D. I., & Mason, R. T. (2009). Endocrine mechanisms mediating temperature-induced reproductive behavior in red-sided garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Journal of Experimental Biology*, 212(19), 3108-3118. <https://doi.org/10.1242/jeb.033100>
- Madsen, T., & Shine, R. (1994). Costs of reproduction influence the evolution of sexual size dimorphism in snakes. *Evolution*, 1389-1397. <https://doi.org/10.2307/2410396>
- Mathies, T. (2011). Reproductive cycles of tropical snakes. Pp. 511–550, in Aldridge R.D., Sever D.M. (1 Eds.), *Reproductive Biology and Phylogeny of Snakes*. CRC Press, Enfield. <https://doi.org/10.1201/b10879>
- Maschio, G. F., da Rocha, R. M., dos Santos-Costa, M. C., Barbosa, L. D. N. B., dos Santos, K. S. F., & da Costa Prudente, A. L. (2021). Aspects of the reproductive biology and breeding habits of *Leptodeira annulata* (Serpentes, Imantodini) in eastern Amazonia. *South American Journal of Herpetology*, 19(1), 85-94. <http://doi.org/10.2994/SAJH-D-17-00080.1>
- Nieto-Toscano, L. F., & Martínez-Coronel, M. (2021). Notes on the natural history and distribution of Uribe's False Cat-eyed Snake, *Leptodeira uribei* (Dipsadidae). *Reptiles & Amphibians*, 28(2), 298-299.
- Pessier, A. & Pinkerton M. (2003). *Necropsia practica de anfibios*. California, Estados Unidos: Elsevier.
- Pizzatto, L., & Marques, O. (2002). Reproductive biology of the false coral snake *Oxyrhopus guibei* (Colubridae) from southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 23(4), 495-504. <https://doi.org/10.1163/15685380260462392>
- Pizzatto, L., & Marques, O. A. (2007). Reproductive ecology of boine snakes with emphasis on Brazilian species and a comparison to pythons. *South American Journal of Herpetology*, 2(2), 107-122. [https://doi.org/10.2994/1808-9798\(2007\)2\[107:REOSW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2994/1808-9798(2007)2[107:REOSW]2.0.CO;2)
- Pizzatto, L., Cantor, M., De Oliveira, J. L., Marques, O. A., Capovilla, V., & Martins, M. (2008a). Reproductive ecology of Dipsadine snakes, with emphasis on South American species. *Herpetologica*, 64(2), 168-179. <https://doi.org/10.1655/07-031.1>
- Pizzatto, L., Jordão, R. S., & Marques, O. A. (2008b). Overview of reproductive strategies in Xenodontini (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae) with new data for *Xenodon neuwiedii* and *Waglerophis merremii*. *Journal of Herpetology*, 42(1), 153-162. <https://doi.org/10.1670/06-150R2.1>
- Ramírez-Bautista, A. (1994). Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Savage, J. (2002). The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between two Continents, between two Seas. Chicago, *University of Chicago Press*.



- Scartozzoni, R. R., Salomão, M. D. G., & De Almeida-Santos, S. M. (2009). Natural history of the vine snake *Oxybelis fulgidus* (Serpentes, Colubridae) from Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 4(1), 81-89. <https://doi.org/10.2994/057.004.0111>
- Shine, R. (1980). Comparative ecology of three Australian snake species of the genus *Cacophis* (Serpentes: Elapidae). *Copeia*, 831-838. <https://doi.org/10.2307/1444462>
- Shine, R. (1985). The evolution of viviparity in reptiles: an ecological analysis. *Biology of the Reptilia*, 15(8), 605-694.
- Shine, R. (1991). Strangers in a strange land: ecology of the Australian colubrid snakes. *Copeia*, 120-131. <https://doi.org/10.2307/1446254>
- Shine, R. (1994). Sexual size dimorphism in snakes revisited. *Copeia*, 326-346. <https://doi.org/10.2307/1446982>
- Shine, R. (2003). Reproductive strategies in snakes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1519), 995-1004. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2307>
- Sierra-Serrano, O., Salcedo-Rivera, G., Marmolejo-Vargas, A., & Bolaño, J. D. J. (2023). Use of leaf-cutter ant fungus gardens as nurseries for eggs of Ashmead's Banded Cat-Eyed Snakes, *Leptodeira Ashmeadii* (Hallowell 1845). *Reptiles & Amphibians*, 30(1), e18149-e18149.
- Solórzano, A. (2004). Serpientes de Costa Rica: distribución, taxonomía e historia natural. *Editorial INBio*.
- Stender-Oliveira, F., Martins, M., & Marques, O. A. (2016). Food habits and reproductive biology of tail-luring snakes of the genus *Tropidodryas* (Dipsadidae, Xenodontinae) from Brazil. *Herpetologica*, 72(1), 73-79. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-14-00060>
- Streicher, J.W., C.L. Cox, C.M. Sheehy III, M.J. Ingrasci, and R.U. Tovar. (2011). *Pseudoleptodeira uribei* (Uribe's False Cat-eyed Snake). Reproduction. *Herpetological Review*. 42:101.
- Stuart, L. C. (1935). A contribution to a knowledge of the herpetology of a portion of the savanna region of central Petn, Guatemala. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/56274/MP029.pdf;sequence=1>
- Vitt L.J., Vangilder L.D. (1983). Ecology of a snake community in northeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*. 4, 273-296. <https://doi.org/10.1163/156853883X00148>
- Vitt, L.J., Caldwell, J.P. (2013). Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. *Academic Press*.



Necrophagy in *Leptodeira rhombifera* (Squamata: Serpentes) in Panama Necrofagia en *Leptodeira rhombifera* (Squamata: Serpentes) in Panamá

Rogemif Fuentes¹

<https://orcid.org/0000-0002-4389-2665>

Michelle Quiroz-Espinoza^{1,2}

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

¹Fundación Los Naturalistas, P.O. Box 0426-01459, David, Chiriquí, Panamá

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

Corresponding autor: rogemifdaniel@gmail.com

Enviado el 5 de junio de 2024. Aceptado el 18 de junio de 2024

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i1.764>

Abstract

Snakes are predators that use various mechanisms to subdue their prey. The *Leptodeira* genus usually feeds on anurans and small saurians. Necrophagy, or feeding on dead or decaying organisms, is observed in some Neotropical snake species, including *Leptodeira annulata*, *L. ashmeadii*, *L. septentrionalis*, *L. splendida* and *L. rhombifera*. This work presents two new reports of necrophagy in *L. rhombifera*. These observations highlight adaptive feeding behaviors in species of the genus *Leptodeira*.

Keywords

Corpse, feeding, predator, prey, regurgitate.

Resumen

Las serpientes son depredadores que utilizan varios mecanismos para someter a sus presas. El género *Leptodeira* suele alimentarse de anuros y pequeños saurios. La necrofagia, o alimentación de organismos muertos o en descomposición, se observa en algunas especies de serpientes neotropicales, incluyendo *Leptodeira annulata*, *L. ashmeadii*, *L. septentrionalis*, *L. splendida* y *L. rhombifera*. En este trabajo presentamos dos nuevos informes de necrofagia en *L. rhombifera*. Estas observaciones destacan comportamientos alimenticios adaptativos en especies del género *Leptodeira*.

Palabras clave

Alimentación, cadáver, depredador, presa, regurgitar



Introduction

Snakes are important predators that play a role as regulators and rely on multiple mechanisms to subjugate their prey (Savage, 2002). The genus *Leptodeira* spp. is commonly associated with the predation of anurans and small saurians (Duellman, 1958).

Necrophagy is a behavior observed in various animal species, including certain types of insects and vertebrates, where individuals feed on dead or decaying organic matter (Benbow, 2015). This has only been documented in the scientific literature in very few species of Neotropical snakes including *Leptodeira annulata* (Linnaeus, 1758), *Leptodeira ashmeadii* (Hallowell, 1845), *Leptodeira rhombifera* (Mora-Benavides, 1999; Knight, 2016; Céspedes & Abarca, 2014) and *L. septentrionalis*, *L. splendida* (Duarte et al., 2024). In this note, we present two new reports for *Leptodeira rhombifera*.

Materials and Methods

The night of May 7, 2024 at 00:48 in the province of Veraguas (7°24'42.3" N, 80°53'30.8" W) during a tour of the research project "Revisión filogenética y taxonómica de las serpientes ojo de gato (*Leptodeira* spp.) en Panamá" we collected the individual coded as RF-046 (MHCH-5047) crossing the road in an open area surrounded by grassland, which was transferred in a plastic bag to the laboratory of the Instituto Interdisciplinario de Investigación e innovación (i4), Vicerrectoría de investigación y postgrado, Universidad Autónoma de Chiriquí, where it would be prosecuted.

On May 21, 2024, at approximately 08:00 a.m. it was observed on the patio of Mr. Armando López's home, in Coronado, province of Panamá Oeste 8°32'01.6" N, 79°53'44.9" W, a dead cat-eyed snake (*Leptodeira* sp.), which had in its mouth the tail of what appeared to be a specimen of *Basiliscus* sp.

Through an informative poster of the same project, spread on social networks, Mr. López contacted the authors and provided the specimen to be part of the study, registering with the code RF-055 (MHCH-5056).

To verify the prey species, a necropsy was carried out that allowed its observation. We placed the animal in a supine position and made a paraventral linear cut in the first third of the snake's body with a sterile scalpel (Pessier & Pinkerton, 2003).

Results

Specimen RF-046 is an adult male. Upon arrival at the laboratory, still inside the plastic bag, he regurgitated an individual of *Leptodactylus labialis* in two fragments. The first with the anterior part of the thorax and the second with part of the pelvic girdle and hind limbs, after 18 hours, at the time of being processed, we realized that the snake had once again eaten the largest fragment that it regurgitated (figure 1).

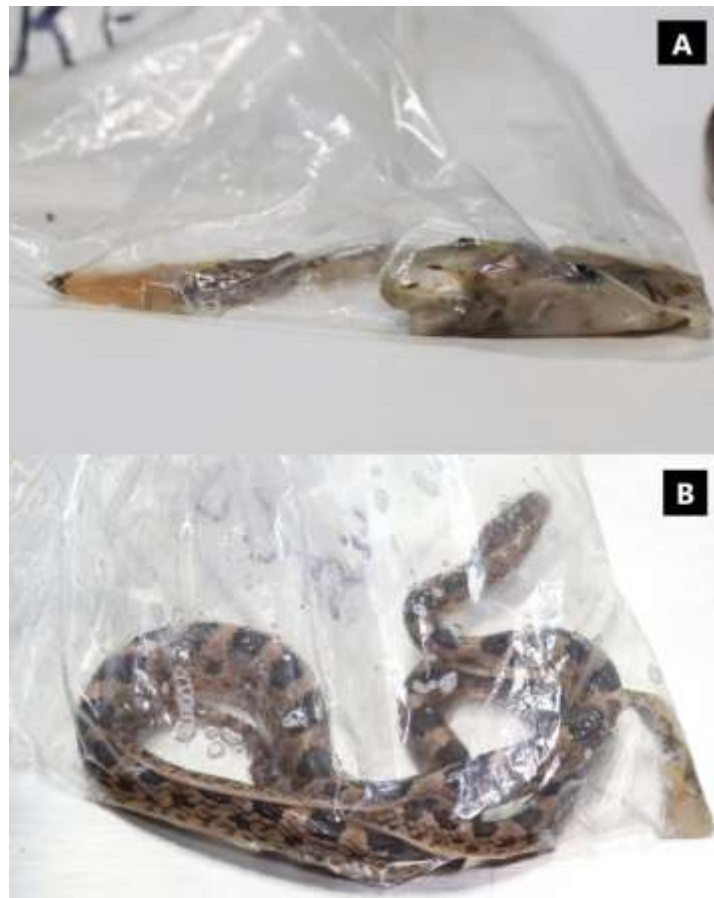


Figure 1.
Leptodeira rhombifera RF-046. (A) Fragments of the regurgitated *Leptodactylus labialis* individual (B) Snake accompanied by the smallest fragment, after preying on the largest fragment again.

Specimen RF-055 (MHCH-5056) is an adult female, SVL 43.4 cm, tail 15.3 cm, it preyed on a tail fragment of a green iguana (*Iguana rhinolopha*) that measured 38.2 cm, the snake had bite marks (figure 2).



Figure 2.
Leptodeira rhombifera RF-055. (A) Original photograph of the record (B) Specimen temporarily preserved to send the individual to the authors (C) Necropsy of the snake to verify the prey (D) Bite marks (E) Close-up face of predator and prey. Photos: Armando López (A, B), Rogemif Fuentes (C, D, E).



Discussion

When snakes are handled and moved from one place to another, they usually regurgitate food, due to the stress caused by the capture and transport (Zug et al., 2001). In this case, due to the requirement to be processed, specimen RF-046 was kept in the same bag for a long time, which allowed us to document the necrophagy event.

When we found the dead snake RF-055, we thought the cause of death was choking. However, when we examined the animal, we noticed two holes, probably from fangs, so a pet dog may have captured the iguana, causing it to lose its tail which the snake was feeding later. We think that the same or another dog killed the snake since Mr. López confirmed that one of his dogs tends to hunt iguanas regularly.

We consider this event as necrophagy because the snake is feeding on a fragment of the iguana's tail and not the individual per se; the size of the fragment and its direction when ingested suggests that it was preyed upon after its detachment, eliminating the possibility that the snake attempted to directly hunt the iguana.

Unlike its congener *L. septentrionalis*, which feeds almost exclusively on anurans, *L. rhombifera* has a varied diet as it includes fish as well (Céspedes & Abarca, 2014; Solís & Guerrero, 2016), similarly to *L. rubricata* (Solorzano, 2004; Sasa et al., 2009). Moreover, feeding on corpses of frogs and lizard run over on roads has already been documented (Céspedes & Abarca, 2014; Knight, 2016; Duarte et al., 2024), which leads us to consider this behavior as widespread among snakes (DeVault & Krochmal, 2002) as supported by our records.

In *L. septentrionalis*, predation of internal organs of *Smilisca phaeota* was reported (Cope, 1862). This behavior represents a feeding adaptation observed in *L. rhombifera* (Arroyo-Trejos & Mora, 2016). Duarte et al. (2024) suggest that snakes of the genus *Leptodeira* likely depend on chemical signals, especially olfaction, to find food. However, DeVault and Krochmal (2002) argue that despite having venom glands, how these snakes administer venom to capture their prey is still unclear.

Despite being common, this is the first description of feeding on previously regurgitated prey and on a fragment of the tail of a species that was hunted by another predator. This study demonstrates that social networks can also serve as a valuable tool for capturing information and expanding our knowledge of wild animal behavior.



Acknowledgement

We thank to SENACYT for financing the project “Revisión filogenética y taxonómica de las serpientes ojo de gato (*Leptodeira* spp.) en Panamá” where we got the individuals for this report; to Ministerio de Ambiente de Panamá for the corresponding collection permit; to the Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación (i4); to the Vicerrectoría de Investigación y Postgrado of Universidad Autónoma de Chiriquí, for providing the laboratories for this study; and to Mr. Armando López for facilitating the specimen RF-055 for the project as a community effort, through dissemination on social networks.

References

- Arroyo-Trejos, I. & Mora, J. (2016). Nature Notes. Internal organ ingestion as an alternative feeding behavior for the Northern Cat-eyed Snake (*Leptodeira septentrionalis*). *Mesoamerican Herpetology* 3 (1): 153–156.
- Benbow, M. E., Tomberlin, J. K., & Tarone, A. M. (Eds.). (2015). Carrion ecology, evolution, and their applications. *CRC press*.
- Céspedes, J. & Abarca, J. (2014): Nature Notes. *Leptodeira rhombifera*. Diet. *Mesoamerican Herpetology* 1: 288.
- Cope, E. D. (1862). On some new and little known American Anura. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 151-594.
- DeVault, T. L., & Krochmal, A. R. (2002). Scavenging by snakes: an examination of the literature. *Herpetologica* 58 (4): 429-436.
- Duarte, E. A. G., González, J. D. J., Soto, J. M. M., Bastidas, H. A. C., & Serrano, J. M. (2024). Necrophagy in two snake species of the genus *Leptodeira* (SQUAMATA: DIPSADIDAE). *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 7(2), e942-123.
- Duellman, WE. (1958). A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 114 (1): 1–152.
- Hallowell, E. (1845). Description of reptiles from South America, supposed to be new. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 2: 241–250.
- Knight, JL (2016): *Leptodeira rhombifera* (Common Cat-eyed Snake) Neonate diet/Scavenging. *Herpetological Review* 47 (2): 313–314.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema natuae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Editio decima, reformata. Laurentii Salvii, Holmiæ.



- Mora-Benavides, JM. (1999). *Leptodeira annulata* (Destenida Snake, Banded Cat-eyed Snake): Diet. *Herpetological Review* 30, 102.
- Pessier, A. & Pinkerton M. (2003). *Necropsia practica de anfibios*. California, Estados Unidos: Elsevier.
- Sasa, M., Chaves, G. A., & Patrick, L. D. (2009). Marine reptiles and amphibians. *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*, 459-468.
- Savage, J. (2002). *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between two Continents, between two Seas*. Chicago, University of Chicago Press.
- Solís, JM & Guerrero, MF. (2016). *Leptodeira rhombifera* Diet. *Herpetological Review* 47 (2): 313.
- Solórzano, A. (2004). *Serpientes de Costa Rica: distribution, taxonomy and natural history*. Costa Rica, INBio.
- Zug, G. R., Vitt, L., & Caldwell, J. P. (2001). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press.



Factores ambientales que influyen a nivel fisiológico en la germinación de semillas de Bromelias Environmental factors that influence the germination of Bromeliads seeds at a physiological level

Ana Martin¹

<https://orcid.org/0009-0007-1879-0687>

Henry Velásquez²

<https://orcid.org/0009-0008-9112-6632>

Darielis Lezcano²

<https://orcid.org/0009-0001-2517-4459>

¹Universidad Autónoma de Chiriquí. Programa de Maestría en Biología

²Universidad Autónoma de Chiriquí. Licenciatura en Biología

Autor correspondiente: ana.martin@unachi.ac.pa

Enviado el 26 del 11 de 2023. Aceptado el 17 de junio de 2024

<https://doi.org/10.59722/rcvn.v2i1.654>

Resumen

Las bromelias son plantas con hábitos epífitos y en menor cantidad se desarrollan sobre el suelo, son importantes a nivel ecológico, ya que funcionan como indicadores de perturbación del medio ambiente e intervienen en los ciclos de nutrientes e hidrológicos. También sirven de hospederos para artrópodos e invertebrados, son ornamentales y tienen importancia medicinal, por lo cual son vulnerables a la extracción por humanos. Si la germinación de estas plantas en estado silvestre es exitosa, su abundancia y distribución aumentarían. Esta revisión muestra un análisis de los principales factores que limitan la germinación de las semillas de bromelias, se presenta una descripción detallada del efecto sobre la germinación de factores climáticos como la luz, temperatura y humedad. Además de algunos factores bióticos que afectan la germinación en los que se incluyen las características que tiene la corteza del árbol hospedero, los compuestos alelopáticos que pueda producir la corteza que actúan como inhibidores de la germinación, entre otros. Debido a que las bromelias presentan requerimientos de germinación muy específicos se sugiere que futuros estudios exploren temas en la fisiología y ecología de los procesos germinativos, y así tener una información más detallada sobre los factores que afectan la germinación de estas semillas, tanto en campo como en laboratorio, para así colaborar en la conservación de estas especies.

Palabras clave

Epifitismo, escarificación, estrés ambiental, luz, semillas, susceptibilidad, temperatura.

Abstract

Bromeliads are plants with epiphytic habits and in smaller quantities they develop on the ground. They are important at an ecological level since they function as indicators of environmental disturbance and intervene in nutrient and hydrological cycles. They also serve as hosts for arthropods and invertebrates, are ornamental, and have medicinal importance, which is why they are vulnerable to extraction by humans. If the germination of these plants in the wild is successful, their abundance and distribution will increase. This review shows an analysis of the main factors that limit the germination of bromeliad seeds, a detailed description of the effect on germination of climatic factors such as light, temperature, and



humidity is presented. In addition to some biotic factors that affect germination, which include the characteristics of the bark of the host tree, the allelopathic compounds that the bark can produce act as germination inhibitors, among others. Because bromeliads have very specific germination requirements, it is suggested that future studies explore topics in the physiology and ecology of germination processes, and thus have more detailed information on the factors that affect the germination of these seeds, both in the field and in the laboratory, to collaborate in the conservation of these species.

Keywords

Environmental stress, epiphytism, light, scarification seeds, susceptibility, temperature.

Introducción

La familia Bromeliaceae comprende tres subfamilias (Pitcairnioideae, Tillandsioideae y Bromelioideae) (Espinoza et al., 2017). En las Bromelioideae el epifitismo es más común, pero también hay formas terrestres con raíces funcionales (Benzing, 1978). En Panamá, las bromelias son uno de los principales grupos de epífitas y contribuyen considerablemente a la diversidad, intervienen en los ciclos de nutrientes y agua, y sirven de hospederos para artrópodos e invertebrados (Nadkarni et al., 2004). Las bromelias crecen en ambientes terrestres y epífitos, ocupando desde las copas hasta las ramas de los árboles en los bosques que habitan (Carvente et al., 2017), aunque la mayoría son de sombra, ciertas especies toleran altas intensidades lumínicas (Hietz y Briones, 2001). El grupo de las bromelias epífitas son uno de los más susceptibles a la fragmentación y perturbación de los bosques, debido a que dependen de sus árboles hospederos y muchos de los bosques donde ellas habitan han sido talados, reduciendo y alterando su hábitat (Holbrook, 1991; Turner et al., 1994).

Con respecto a lo anterior las epífitas han atraído especial atención por parte de botánicos, ecólogos y fisiólogos debido a su versatilidad ecológica (Croat, 1978, Laube et al., 2006; Smith et al., 1974, 1977, 1979; Zotz y Bader, 2009). Además, son atractivas en la industria hortícola (Flores y Valencia, 2007) y son importantes en la etnobotánica, donde algunas especies se utilizan como medicina tradicional, ingredientes alimenticios, narcóticos y en ceremonias religiosas (García y Peña, 1981).

El establecimiento de nuevos individuos depende de las condiciones del hábitat, la disponibilidad de propágulos (vegetativos o reproductivos), así como de los requerimientos particulares de las especies (Harper, 1977; Baskin y Baskin, 1998). En los últimos años se han realizado algunos estudios en campo sobre todo en taxonomía y distribución de bromeliáceas como los realizados en Panamá por Cáceres-



González et al. (2011) contabilizando un total de 206 especies para el país. En México, Panamá y Brasil se han realizado otros estudios en temas de ecología, fenología reproductiva y conservación, estos abarcan especies de distintas subfamilias y hábitos de crecimiento (da Rosa y Ferreira, 1998; Graham y Andrade, 2004; Pinheiro y Borghetti, 2003; Pompelli, 2006; Vieira y Silveira, 2010; Zotz y Rodríguez, 2022). La germinación se considera una etapa crítica en la vida de las plantas, de ella dependen la distribución, dinámica y permanencia de las poblaciones. Esta etapa es muy sensible en las epífitas debido a que las semillas se enfrentan a factores bióticos y abióticos en el árbol hospedero para poder germinar (Silvertown y Lovett-Doust, 1993).

Existen factores de carácter fisiológicos que podrían ser determinantes para el éxito de este proceso de germinación (Benzing, 1990), y así poder elaborar planes para el manejo y conservación de las especies. Esta revisión bibliográfica proporciona un análisis detallado de los factores que influyen a nivel fisiológico en la germinación de bromelias epífitas, dividiendo el contenido en factores propios del epifitismo y germinación, bióticos y abióticos y la influencia de las propiedades físicas y químicas del hospedero.

Desarrollo y Análisis

Epifitismo y Germinación

El epifitismo se da cuando una planta pasa la mayor parte de su vida sobre otra, sin provocar daños a la misma (Benzing, 1990; Moffet, 2000), aunque el peso excesivo de las mismas puede ocasionar que las ramas del árbol hospedero se fragmenten y caigan. Con respecto a su contraparte terrícola, el epifitismo ha hecho que las plantas desarrollen adaptaciones morfológicas y anatómicas (Zotz, 2016) lo cual genera ventajas como mejor exposición a polinizadores, mayor dispersión de semillas, mayor acceso a la luz y protección contra herbívoros (Dressler, 1981).

La germinación empieza con la imbibición de la semilla, que es la etapa donde la semilla absorbe agua y se hidrata, y termina con la elongación de la radícula (Baskin y Baskin, 1998). Durante la germinación se dan procesos como la hidratación, cambios subcelulares, respiración, síntesis de macromoléculas y elongación celular para transformar el metabolismo de una semilla deshidratada en un metabolismo rápido que culmina con el crecimiento del embrión (Finch y Leubner, 2006). Hay factores que varían

entre familias y entre especies en un ambiente similar (Pinheiro y Borghetti, 2003; Pompelli, 2006). En las bromelias epífitas los factores bióticos y abióticos que desencadenan la germinación son muy específicos debido al tipo de sustrato en el que se desarrollan y el tamaño pequeño de las semillas (Benzing, 1990). Algunos factores abióticos que influyen son la luz, temperatura y humedad. Dentro de los bióticos, las propiedades de los árboles como rugosidad de la corteza, orientación y grosor de los árboles donde ocurre la germinación (Benzing, 1990; Galván, 2015).

Las bromelias poseen semillas bastantes pequeñas, de 1 a 4 mm aproximadamente (Espejo et al., 2005), alargadas y con un apéndice plumoso, lo que les permite ser transportadas por el aire y anclarse en la corteza de los árboles (Benzing, 1990), como lo muestra la figura 1.

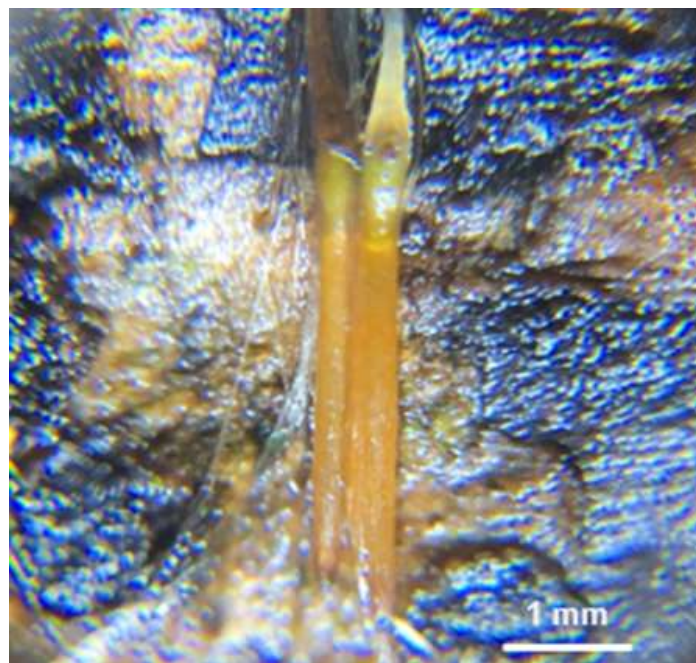


Figura 1.
Semilla de *Guzmania stenostachya* L.B. Sm. (Bromeliaceae) adheridas a la corteza del árbol a través del apéndice plumoso.

En el embrión (figura 2) de las semillas hay presencia de polisacáridos neutros, almidón, proteínas y lípidos, en el endospermo hay gran cantidad de almidón y proteínas, y los cotiledones almacenan lípidos; al germinar no producen radícula sino una pequeña hinchazón donde se encuentra el hipocótilo, y se considera germinada en este punto. La germinación se da entre 7 a 45 días, según la especie (García et

al., 2006). Como no producen radícula, todas las reservas de almidón y proteínas del endospermo se utilizan para la producción de hojas con tricomas, que son estructuras que absorben agua y sirven como escudo térmico para que las plantas no pierdan humedad del sol, y hasta que la semilla se hinche no se considera germinada. Es posible que la ausencia de radícula sea una adaptación para ayudar en la colonización del dosel, optimizando los recursos que la semilla posee para producir tejido verde (Benzing, 1990).

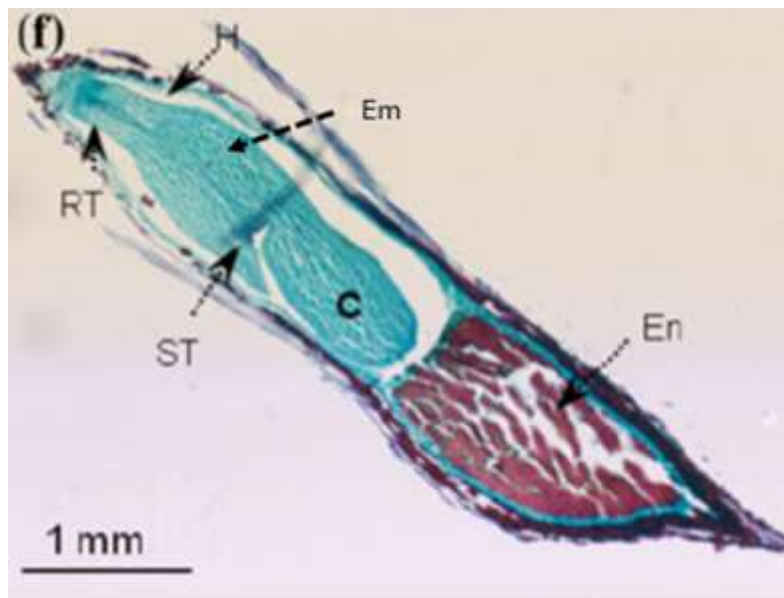


Figura 2.

Morfología de la semilla de *Tillandsia recurvata*. (L.) L. (Bromeliaceae). Nota: Cotiledón (C), embrión (Em), endospermo (En), eje del hipocotilo (H), punta de la raíz (RT), Punta del brote (ST). Fuente: (Recinas et al., 2012).

Luz, Temperatura y Escarificación

Bajo condiciones de laboratorio factores como la luz, temperatura y escarificación pueden inducir variaciones en el porcentaje de germinación de las semillas (tabla 1). En el experimento realizado por Pickens et al. (2003) se observa un 94% de semillas de *Tillandsia eizii* L. B. Sm. germinadas cuando las condiciones mencionadas son las adecuadas. En otro estudio In situ realizado por Winkler et al. (2005) se observó un 18.8 % de semillas de *Catopsis sessiliflora* (Ruiz & Pav.) Mez germinadas, en este caso las condiciones no fueron adecuadas. Bajo condiciones de laboratorio, la escarificación aumenta la



germinación, ya que se hace una abrasión de la pared exterior de la semilla para permitir que el endospermo entre en contacto con el aire y el agua (Pickens et al., 2003). La escarificación es un proceso que ablanda la cubierta seminal de la semilla, para hacerla permeable sin dañar el endospermo y embrión (Padilla, 1995; Azcón y Talón, 2008; Varela y Arana 2010), de esta forma la escarificación induce la imbibición de la semilla, promoviendo una germinación rápida y uniforme (Contreras et al., 2016). El rompimiento de la testa puede ser mecánico, químico o térmico (Varela y Arana, 2010).

Tabla 1.
Germinación de Bromelias en función de factores ambientales (Valencia et al. 2007).

<i>Especie</i>	<i>% máx. germinación</i>	<i>Factores que prueban</i>	<i>Tipo de investigación</i>	<i>Referencia</i>
<i>Catopsis sessiliflora</i> (Ruiz & Pav.) Mez	18.8	Luz, temperatura y estratos en el dosel.	In situ	Winkler et al., 2005
<i>Tillandsia eizii</i> L. B. Sm.	94	Escarificación, luz, temperatura	In vitro	Pickens et al., 2003

Efectos de la corteza sobre la germinación en bromelias

Potencialmente, cualquier especie de árbol puede proporcionar microambientes adecuados para la supervivencia de las bromelias epífitas, pero se ha observado que las epífitas muestran una distribución sesgada hacia algunas especies hospedadoras (Callaway et al., 2001). Dentro de las características de la corteza del árbol que influyen sobre la germinación tenemos las físicas y químicas (Benzing, 1990; Valencia-Díaz et al., 2010). En cuanto a las características físicas se pueden mencionar la textura de la corteza y el grado de descortezamiento, esta última depende de la humedad en el ambiente (Mehlreter et al., 2005). Además, si la corteza es gruesa y con grietas esta almacena mayor cantidad de humedad lo que ayuda a las semillas a germinar (Talley y Jackes, 1996). Las grietas crean un ambiente oscuro y



facilitan el proceso de imbibición de la semilla en la germinación. Si la corteza se desprende lento, ayuda a la germinación de las semillas en bromelias y al establecimiento de las epífitas (López, 2002). Se ha sugerido que la corteza rugosa y sin pelar son los mejores hospedantes para estas plantas (Benzing, 1990; Galván, 2015; Callaway et al., 2002).

Dentro de las características químicas que inhiben la germinación y establecimiento de epífitas se pueden mencionar el pH, el cual puede ser ligeramente ácido, los siguientes niveles son considerados óptimos (6.0 - 6.5), para que las bromelias puedan germinar con éxito, en estos niveles la semilla recibe las condiciones ideales para su desarrollo, la producción de compuestos alelopáticos como el ácido elágico, gálico y tánico por parte del hospedero también inhiben la germinación (Talley y Jackes, 1996; Hernández-Meneses et al., 2020). En un estudio realizado en México por Díaz y colaboradores (2010) sobre la germinación de *Tillandsia recurvata* (L.) L. (Bromeliaceae) (en cortezas con extractos acuosos utilizando hexanos, diclorometanos, fenólicos y flavonoides con potencial alelopático, resultando que la combinación de los mismos disminuyó la germinación de semillas de *T. recurvata* por su efecto químico (Valencia-Díaz et al., 2010).

Salinidad

Las bromelias epífitas se pueden encontrar en hábitats de vegetación costera tropical, como en manglares (Díaz, 2007; Zotz, 2005), en costas rocosas (Grant 1994; Lüttge et al., 1986; Pompelli et al. 2006) o llanura aluvial (Medina et al., 1989). En estos hábitats, las plantas pueden estar en contacto directo con el agua de mar (Gómez y Winkler, 1991) o pueden desarrollarse condiciones salinas al menos estacionalmente (Medina et al., 1989). *Pitcairnia halophila* L.B. Sm. (Bromeliaceae) es una especie de bromelia que se encuentra en acantilados por encima del nivel de la marea alta (Grant, 1994) y su germinación se ve afectada por el estrés salino. Esta especie ha sido encontrada en Panamá (Cáceres-González et al., 2011) en acantilados a lo largo de la costa del Pacífico y por encima de la marea alta, con exposición a la niebla salina o inundaciones locales por agua salada, por lo cual tiene el epíteto de halófila (Grant, 1994), en donde su crecimiento no cesa hasta que las concentraciones de sal del suelo superen en 50 % (Egan y Ungar, 1999). En un estudio realizado por Zotz y Rodríguez-Quiel (2022), con *P. halophila*, en donde se colectaron semillas y plántulas completas, se sometieron las semillas a diferentes niveles de salinidad y fueron comparadas con tres especies más del mismo género. La germinación de las



semillas de *P. halofila* fue afectada tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones de crecimiento naturales. El crecimiento de las plántulas fue menos afectado en comparación al de las semillas. Las plantas in situ mostraron concentraciones bajas de sal en hojas y brotes comparadas a las regadas con agua destilada, demostrando que *P. halófila* muestra capacidad fisiológica de tolerar niveles medios de sal, esta capacidad les permite evitar por completo el estrés salino a pesar de estar próximas al mar. Esto genera una dificultad para comprobar el estrés causado por la salinidad en el sitio de crecimiento natural. Al analizar estos resultados surge la interrogante si otras especies de bromelias con distinto hábito de crecimiento y fenología podrían presentar variaciones en cuanto a la tolerancia a los niveles de sal, por lo que se recomienda que futuros trabajos aborden este aspecto.

Conclusiones

La abundancia y distribución de las bromelias epífitas muchas veces va a depender del alcance que tenga la semilla durante la dispersión, pero es preciso realizar investigaciones que evalúen la capacidad de dispersión que tienen las semillas de diferentes especies a lo largo del forofito, y comprobar cuales son los factores cruciales en la distribución y abundancia vertical de las especies.

Las semillas de bromelias epífitas presentan requerimientos específicos para germinar como la cantidad de luz disponible, humedad, temperatura. Además, las propiedades de la corteza del árbol hospedero puede llegar a ser un factor determinante para que las semillas se establezcan y puedan germinar. Otro tipo de factor que juega un papel importante en cuanto a las adaptaciones fisiológicas en bromelias es la tolerancia a la salinidad en el ambiente.

Es conveniente realizar estudios donde se profundicen los aspectos fisiológicos y ecológicos de las semillas de bromelias epífitas. Ya que estos servirán como base para futuras investigaciones de cambio climático y para el desarrollo de estrategias de protección y conservación.

Los resultados encontrados en la literatura muestran cómo la supervivencia de las bromelias epífitas puede estar amenazadas por factores abióticos debido a su susceptibilidad a las variaciones ambientales. En el futuro las epífitas podrían desaparecer de los bosques tropicales, esto afectaría los servicios ecosistémicos que recibimos de estas plantas, por lo que se hace abordar los vacíos de información sobre



la ecología de este interesante grupo.

Finalmente, se hacen necesarios esfuerzos para mejorar el manejo de las áreas protegidas que aseguren la conservación de las bromelias, mediante programas de propagación in vitro y posterior establecimiento de estas plantas en campo, ya que sería beneficioso para recuperar la pérdida de diversidad en ambientes naturales.

Referencias

- Azcón, J. y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda Edición. Interamericana-McGraw-Hill. Nueva York. 656 pp.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Baskin, C. C. y Baskin, J. M. (1998). Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. *Annals of Botany*, 86(3), 705-707. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1238>
- Benzing, D.H. (1978). Germination and early establishment of *Tillandsia circinnata*. *Selbyana*, 5, 95-106.
<https://journals.flvc.org/selbyana/article/view/120437>
- Benzing, D. H. (1990). Epífitas vasculares. Biología general y biota afín. Cambridge University Press, Cambridge. *Revista de Ecología Tropical*, 8(1), 55-56.
- Cáceres-González, D. A.; Schulte, K.; Schmidt, M. y Zizka, G. (2011). Una sinopsis de las Bromeliáceas de Panamá, incluyendo nuevos registros para el país. *Willdenowia*, 41(2), 357-369.
<https://doi.org/10.3372/wi.41.41216>
- Callaway, R. M.; Reinhart, K. O.; Tucker, S. C. y Pennings, S. C. (2001). Effects of epiphytic lichens on host preference of the vascular epiphyte *Tillandsia usneoides*. *Oikos*, 94, 433-441.
<https://www.jstor.org/estable/3547391>
- Callaway, R. M.; Reinhart, K. O.; Moore, G. W.; Moore, D. J. y Pennings S. C. (2002). Epiphyte host preferences and host traits: mechanisms for species-specific interactions. *Oecologia*. 132(2), 221-230. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-002-0943-3>
- Carvente, S.; Pérez, A.; Flores, M.; Navarro, H. y Flores, N. (2017). Diversidad y abundancia de bromelias epífitas en "El Punto" Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 18, 3661-3671. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.211>
- Contreras, E.; Grez, J. y Gambardella, M. (2016). Scarification and stratification protocols for raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed germination. *Acta Horticulturae*, 1133, 153-158. Doi:
<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1133.23>
- Croat, T. B. (1978). Flora of Barro Colorado Island. Stanford University. Smithsonian Tropical Research Institute. DOI: <https://repository.si.edu/handle/10088/11699>
- da Rosa, S. G. T. y Ferreira, A. G. (1998). Germinação de sementes de espécies medicinais do Rio Grande do Sul: *Bromelia antiacantaha* Bert., *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) Macbride e *Talinum patens*



- (Jacq.) Willdenow. *Acta Botanica Brasilica*, 12(3), 515-522. DOI:
<https://www.biodiversitylibrary.org/part/106716>
- Díaz, P. (2007) Flora epífita de los manglares de Tabasco, México. *Kuxulkab*, 8, 11–17.
<https://www.researchgate.net/publication/316702043> *Flora epifita de los manglares de Tabasco Mexico*
- Díaz, S.; Palacios, A.; López, V.; Zapata, E. y Aparicio, A. (2010). Effect of host-bark extracts on seed germination in *Tillandsia recurvata*, an epiphytic bromeliad. *Journal of Tropical Ecology*, 26, 571-581. <https://doi.org/10.1017/S0266467410000374>
- Dressler, R. (1981). The orchids. Natural History and classification. *International association for plant taxonomy*, 31(4), 782-783. <http://dx.doi.org/10.2307/1219717>
- Egan, T. P. y Ungar, I. A. (1999). The effects of temperature and seasonal change on the germination of two salt marsh species, *Atriplex prostrata* and *Salicornia europaea*, along a salinity gradient. *International Journal of Plant Sciences*, 160, 861-867. <https://doi.org/10.1086/314185>
- Espejo, A., López, A. y Ramírez, I. (2005). Flora de Veracruz. Instituto de Ecología A.C., Universidad de California. http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOVER/136-Espejo_I.pdf
- Espinoza, L., García, M., Vivar, M., Sáyago, S., Chacón, A., Becerra, E., Rangel, M. y Montalvo, E. (2017). Aspectos etnobotánicos, nutricionales y actividad biológica de extractos de frutos del género *Bromelia*. *Revista fitotecnia mexicana*, 40 (4), 425-437. DOI:
<https://doi.org/10.35196/rfm.2017.4.425-437>
- Finch, W. y Leubner, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist*, 171, 501-523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>
- Flores, A. y S. Valencia. (2007). Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation*, 136(3), 372-387.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.12.017>
- Galván, N. C. (2015). Factores que influyen en el establecimiento de especies de *Tillandsia* (BROMELIACEAE) en selvas secas de la península de Yucatán. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, A.C. Repositorio institucional CICY.
https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1278/1/PCB_D_Tesis_2015_Nahlleli_Chilpa.pdf
- García, M. y Peña, M. (1981). Uso de las orquídeas en México desde la época prehistórica hasta nuestros días. *Orquídea*, 8(1), 59-75.
- García, M.; Rico, V.; Molina, N. y Serrano, H. (2006). In-vitro germination and clonal propagation of endemic *Tillandsia califanii*. *Selbyana*, 27(1), 54-59.
<https://journals.flvc.org/selbyana/article/view/121321>
- Gómez, M. A. y Winkler, S. (1991). Bromelias en manglares del Pacífico de Guatemala. *Revista de Biología Tropical* 39 (2), 207–214. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24862>
- Graham, E. A. y Andrade, J. L., (2004). Drought tolerance associated with vertical stratification of two co-occurring epiphytic bromeliads in a tropical dry forest. *American Journal of Botany*, 91, 699-706.
<https://doi.org/10.3732/ajb.91.5.699>
- Grant, J. R. (1994.) Notas sobre la endémica costera de Costa Rica *Pitcairnia halophila*. *Revista de la Bromeliad Society* 44, 170-172.
- Harper, J. L. (1977). Population biology of plants. *Academic Press*, 892.
<https://scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1144223>



- Hernández-Meneses, E.; Rangel-Estrada, S.; López-Peralta, Ma.; Guerrero-Hilario, A.; Ortiz-Gil, G y Martínez-Bolaños, L. (2020). Germinación, viabilidad y regeneración *in vitro* de plantas de *Vriesea heliconioides* (Kunth) Hook. ex Walp. *Revista fitotecnia Mexicana*, 41(2), 99-106.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.99-106>
- Hietz P. y Briones O. 2001. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. *Plant Biology*, 3, 279-287. <https://doi.org/10.1055/s-2001-15198>
- Holbrook, N. (1991). Small plants in high places: the conservation and biology of epiphytes. *Trends in Ecology and Evolution*, 6, 314-315. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(91\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0169-5347(91)90037-X)
- Laube, S. y Zotz, G. (2006) Neither host-specific nor random: vascular epiphytes on three tree species in a Panamanian lowland forest. *Annals of Botany*, 97(6), 1103 – 1114.
<https://doi.org/10.1093%2Faob%2Fmcl067>
- López, A. (2002). Estudio poblacional de *Tillandsia concolor* sobre el arbusto de corteza exfoliante *Bursera fagaroides*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas, Cholula Puebla.
- Lüttge, U., Klauke, B., Griffiths, H., Smith, J. A. C. y Stimmel, K. H. (1986). Comparative ecophysiology of CAM and C3 bromeliads. V. Gas exchange and leaf structure of the C3 bromeliad *Pitcairnia integrifolia*. *Plant, Cell and Environment*, 9, 411–419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1986.tb01753.x>
- Medina, E., Cram, W. J., Lee, H. S.; Lüttge, U., Popp, M., Smith, J. A. C. y Díaz, M. A. (1989). Ecofisiología de la vegetación xerófila y halófila de una llanura aluvial costera en el norte de Venezuela. I. Descripción del sitio y comunidades vegetales. *Nuevo fitólogo*, 111, 233–243.
- Mehrtreter, K.; Flores-Palacios, A. y García-Franco, J. G. (2005). Host Preferences of Low-Trunk Vascular Epiphytes in a Cloud Forest of Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 21(6), 651–660.
<http://www.jstor.org/stable/4091917>
- Moffett, M. W. (2000). What's "Up"? A Critical Look at the Basic Terms of Canopy Biology. *Biotropica*, 32(4a), 569–596. <http://www.jstor.org/stable/2663979>
- Nadkarni, N., Parker, G., Rinker, H. y Jarzen, D. M. (2004). The nature of forest canopies. *Academia Press*, 3-23. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-012457553-0/50005-8>
- Padilla, M. (1995). Tratamientos pre-germinativos en: Trujillo, E. (ed.). Memoria del curso nacional de recolección y procesamiento de semillas forestales. CATIE-PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica.
- Pickens, K.; Affolter, J.; Wetzstein, H. y Wolf, J. (2003). Enhanced Seed Germination and Seedling Growth of *Tillandsia Eizii* In Vitro. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 38, 101-104. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.38.1.101>
- Pinheiro, F. y Borguetti, F. (2003). Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesbach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schultes F.) Mez (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasílica*, 17(1), 27-35.
<https://www.scielo.br/j/abb/a/MWM844GtvL6BrcpMtVmKDDp/>
- Pompelli, M. F. (2006). Germinação de *Dyckia encholirioides* var *encholirioides* (Bromeliaceae, Pitcairnioideae). *Floresta y Ambiente*, 13, 1-9.
https://www.researchgate.net/publication/230736425_Germinacao_de_Dyckia_encholirioides_var_encholirioides_Bromeliaceae_Pitcairnioideae



- Pompelli, M. F.; Fernandes, D. y Guerra, M. P. (2006). Germinación de *Dyckia encholirioides* (Gaudichaud) Mez var. encholirioides en condiciones salinas. *Ciencia y tecnología de semillas* 34, 759–763. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2006.34.3.24>
- Recinas, S., Marquez, J. y Orozco-Segovia, A. (2012). Temperature and water requirements for germination and effects of discontinuous hydration on germinated seed survival in *Tillandsia recurvata* L.. *Plant Ecology*, 213 (7), 1069-1079 <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-012-0066-9>
- Silvertown, J. y Lovett, D. (1993). Introduction to plant population biology. *Blackwell Scientific Publications*, 75(1), 0-101. [https://doi.org/10.1016%2FS0305-7364\(05\)80014-9](https://doi.org/10.1016%2FS0305-7364(05)80014-9)
- Smith, L. y Downs, R. J. (1974). Pitcairnioideae (Bromeliaceae). – *Fl. Neotrop. Monogr.* 14(1), 1 – 662. <https://www.jstor.org/stable/4393694>
- Smith, L. y Downs, R. J. (1977) Tillandsioideae (Bromeliaceae). – *Fl. Neotrop. Monogr.* 14(2), 663 – 1492.
- Smith, L. y Downs, R. J. (1979) Bromelioideae (Bromeliaceae). – *Fl. Neotrop. Monogr.* 14(3), 1493 – 2142.
- Talley, S.M. y Jackes, B.R. (1996). Host associations of two adventitious root-climbing vines in a North Queensland tropical rainforest. *Biotropica*, 28, 356-366. https://epublications.marquette.edu/liana_articles/179/
- Turner I. M., Tal, W., Ibrahim, A., Chew, P. T. y Corlett, R. T. (1994). A study of plant species extinction in Singapore: almacenamiento de semillas de *Nidularium innocentii* (Lem.). *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 36-41. [10.1046/j.1523-1739.1994.08030705.x](http://www.scielo.br/rbs/10.1046/j.1523-1739.1994.08030705.x)
- Valencia, S., Ventura, E., Jiménez, A. y Flores, A. (2007). Factores ambientales que influyen en la germinación de semillas de orquídeas y bromelias epífitas. *Biótica* 4, 15-26.
- Valencia-Díaz, S., Flores-Palacios, A., Rodríguez-López, V., Ventura-Zapata, E., y Jiménez-Aparicio, A. R. (2010). Effect of host-bark extracts on seed germination in *Tillandsia recurvata*, an epiphytic bromeliad. *Journal of Tropical Ecology*, 26(6), 571–581. <http://www.jstor.org/stable/40925438>
- Varela, S. A. y V. Arana. 2010. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 3, 1-10. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3ndesemillas.pdf>
- Vieira, B. C. y Silveira, F. A. O. (2010). Reproductive phenology, seed germination and ex situ conservation of *Pseudananas sagemarius* in a semideciduous tropical forest fragment. *Plant Species Biology*, 25, 214-220. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00292.x>
- Winkler, M., Hulbert, K., García, J. y Hietz, P. (2005). Herbivoría en bromelias epífitas, orquídeas y helechos en un bosque montano mexicano. *Revista Diario del Tropical Ecología*, 21, 147-154
- Zotz, G. y Bader, M. (2009). Epiphytic plants in a changing world: Global change effects on vascular and non-vascular epiphytes. *Progr. Bot.* 70, 147–170. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-68421-3_7
- Zotz, G. y Rodriguez-Quiel, C. (2022). Is *Pictaria halophila* really a halophyte? Evidence from a germination and growth experiment. *Journal of Tropical Ecology* 38, 233-240. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467422000116>
- Zotz, G. (2005). Diferencias en las tasas demográficas vitales en tres poblaciones de la bromelia epífita *Werauhia sanguinolenta*. *Acta Oecológica* 28, 306–312.
- Zotz, G. (2016). *Plants on plants-the biology of vascular epiphytes*. Springer. 282. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-39237-0>