



Revista Semilla del Este



Vol. 7, (1), Octubre 2026 - Marzo 2027 / ISSN L: 2710-7469
Centro Regional Universitario Panamá Este



REVISTA ESPECIALIZADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este



PORTADA

Revista Semilla del Este

Vol. 7, No. 1

Octubre 2026- marzo 2027

ISSN L: 2710-7469

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este

**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Arnold Muñoz
Vicerrector Administrativo

Mgter. Mayanin Rodríguez
Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Ricardo Him
Vicerrector de Extensión

Mgter. Ricardo A. Parker
Secretario General

Mgter. José Luis Solís
Director General de los Centros Regionales Universitarios

Directores de la Revista

Magister Yecenia Edid Brandao Otero. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Panamá Este. Panamá.

yecenia.brandao@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0008-0027-3507>

Editor Jefe de la Revista

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

santosmurgasa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

Secretario Técnico de la Revista

Ing. Alexander Santana. Universidad de Panamá, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas, Panamá.

alexander.santana@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0455-0996>

Equipo Editorial de la Revista

Licenciada Zaira Delgado. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

zaira.delgado@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0634-714X>

Dr. Francisco Farnum Castro. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

francisco.farnum@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-5879-2296>

Ingeniero Edgar J. Pérez. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

edgar.perezr@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0466-001X>

Dra. Damaris V. Tejedor-De León. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

damaris.tejador@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4350-196X>

Contacto

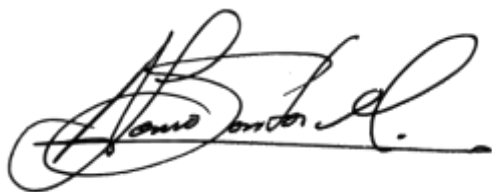
semilladeleste@up.ac.pa

EDITORIAL

La Revista Semilla del Este, medio de publicación científica indexada; especializada en Gestión Ambiental de la Universidad de Panamá, se complace en presentarles el segundo número del séptimo volumen (2026-2027), el cual cuenta con un total de 7 contribuciones originales en materia de investigación y gestión ambiental desarrollados en el territorio nacional. En esta ocasión la revista ha priorizado la Gestión Ambiental y Sostenible de Recursos Naturales y la Biodiversidad, recibiendo trabajos en materia de: Macro-moluscos invasores en el lago Gatún: un afluente importante del Canal Interoceánico de Panamá; Monitoreo agroclimático con IoT para determinar la viabilidad y potenciar el cultivo de hortalizas en La Peña, Herrera, Panamá; Dinámica Reproductiva, Biometría y Composición Bioquímica de la ostra *Crassostrea corteziensis* en el Pacífico de Panamá; Diversidad faunística de mamíferos silvestres en fragmentos boscosos de Santa Ana, Los Santos, Panamá; Supervivencia del Roble de Sabana (*Tabebuia rosea*): bajo la influencia del viento y la germinación; Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua del río Zaratí, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá; Calidad del agua del Río San Pablo en el sector de Soná (Panamá): estudio microbiológico 2014.

En esta ocasión deseo extender mis más sinceros agradecimientos a los lectores, autores, revisores y en especial, al Equipo Editorial de la Revista Semilla del Este, por todo el apoyo brindado durante la conformación de este volumen.

Esperando que este número despierte el interés de todos los lectores y autores.



Profesor, Alonso Santos Murgas, PhD.

Editor jefe, Revista Semilla del Este

ÍNDICE GENERAL

	Página
Invasive Macro-mollusks in Lake Gatun: A Major Tributary of the Panama Interoceanic Canal	8
Macro-moluscos invasores en el lago Gatún: un afluente importante del Canal Interoceánico de Panamá Por: Darío Córdoba González	
Monitoreo agroclimático con IoT para determinar la viabilidad y potenciar el cultivo de hortalizas en La Peña, Herrera, Panamá	19
Agroclimatic monitoring with IoT to determine the viability and enhance vegetable cultivation in La Peña, Herrera, Panama Por: Alexis D. Camargo C., Félix H. Camarena Q. y Isabel G. García G.	
Reproductive Dynamics, Biometrics and Biochemical Composition of the Oyster <i>Crassostrea corteziensis</i> (Hertlein, 1951) in the Pacific of Panama	30
Dinámica Reproductiva, Biometría y Composición Bioquímica de la ostra <i>Crassostrea corteziensis</i> (Hertlein, 1951) en el Pacífico de Panamá Por: Darío Córdoba González	
Fauna diversity of wild mammals in forest fragments on Santa Ana, Los Santos, Panamá	41
Diversidad faunística de mamíferos silvestres en fragmentos boscosos de Santa Ana, Los Santos, Panamá Por: Virgilio Villalaz, Hedilberto Villalaz y Félix Camarena	
Supervivencia del Roble de Sabana (<i>Tabebuia rosea</i>): bajo la influencia del viento y la germinación	60
Survival of the Savanna Oak (<i>Tabebuia rosea</i>): Under the Influence of Wind and Germination Por: Lidia G. Chávez S., Alexis Camargo, Félix H. Camarena Q. y Ricardo A. Calderón R.	
Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua del río Zaratí, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá	76
Diversity of aquatic insects and water quality in of the Zarati river, Penonomé, Coclé province, Panama. Por: Marta Higuera Gómez, Paola Diaz, Andreanis Jiménez,	

Manuel Barragán e Ismael Navarro

**Calidad del agua del Río San Pablo en el sector de Soná
(Panamá): estudio microbiológico 2014**

89

Water quality of the San Pablo River in the Soná sector
(Panama): microbiological study 2014

**Por: José J. Him Fábrega, Susana Amores y Leydis
González**

Invasive macro-mollusks in lake Gatun: a major tributary of the Panama Interoceanic Canal

Macro-moluscos invasores en el lago Gatún: un afluente importante del Canal Interoceánico de Panamá

Darío Córdoba González

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá.
dario.cordoba@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0693-4176>

Recepción: 14 de febrero de 2026. Aprobación: 30 de agosto de 2026

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11386>

Abstract

Biological invasions represent a significant threat to the ecological integrity and economic functionality of the Panama Canal watershed. This study reports, for the first time, the occurrence and distribution of four invasive mollusk species, the bivalves *Corbicula fluminea* and *Potamocorbula amurensis*, and the gastropods *Melanoides tuberculata* and *Pomacea canaliculata*—within Lake Gatun and its surrounding tributaries (La Arenosa and Playa Leona). Monthly sampling conducted throughout 2025 at depths of up to 3 m yielded 9,800 specimens. Taxonomic identification confirmed the presence of *M. tuberculata* (n = 3,000), *P. canaliculata* (n = 3,100), *C. fluminea* (n = 2,500), and *P. amurensis* (n = 1,200). These species exhibit high reproductive plasticity and rapid colonization rates, potentially altering benthic nutrient cycling and posing a significant biofouling risk to the Panama Canal's hydraulic infrastructure. Our findings emphasize the urgent need for integrated management strategies and enhanced ballast water regulations to mitigate further ecological displacement in this globally significant transit corridor.

Keywords: Bivalves, clam, exotic species, invasive, Lake Gatun, Panama Canal

Resumen

Las invasiones biológicas representan una amenaza significativa para la integridad ecológica y la funcionalidad económica de la cuenca del Canal de Panamá. Este estudio reporta, por primera vez, la ocurrencia y distribución de cuatro especies de moluscos invasores —los bivalvos *Corbicula fluminea* y *Potamocorbula amurensis*, y los gasterópodos *Melanoides tuberculata* y *Pomacea canaliculata*— en el Lago Gatún y sus afluentes circundantes (La Arenosa y Playa Leona). Los muestreos mensuales realizados a lo largo de 2025 a profundidades de hasta 3 m arrojaron 9,800 especímenes. La identificación taxonómica confirmó la presencia de *M. tuberculata* (n = 3,000), *P. canaliculata* (n = 3,100), *C. fluminea* (n = 2,500) y *P. amurensis* (n = 1,200). Estas especies exhiben una alta plasticidad reproductiva y rápidas tasas de colonización, alterando potencialmente el ciclo de nutrientes bentónicos y representando un riesgo significativo de bioincrustación para la infraestructura hidráulica del Canal de Panamá. Nuestros hallazgos enfatizan la necesidad urgente de estrategias de manejo integrado y regulaciones mejoradas del agua de lastre para mitigar un mayor desplazamiento ecológico en este corredor de tránsito de importancia global.

Palabras clave: Bivalvos, almejas, especies exóticas, invasores, Lago Gatún, Canal de Panamá

Introduction

Lake Gatun is currently facing an unprecedented invasion of non-native mollusks and marine fish, facilitated by the expansion of the Panama Canal and increased seawater intrusion. Biological invasions represent one of the most significant ecological alterations on a global scale (Crespo et al., 2015). Within the context of current global changes, these invasions emerge as primary drivers of ecosystem shifts (Simberloff et al., 2013). Transitional ecosystems, particularly estuaries and artificial reservoirs, are highly susceptible to such events due to the density of human activities, including fisheries, ballast water discharge, and aquaculture (Cohen & Carlton, 1998; Williams & Grosholz, 2008). These areas serve as functionally important, highly productive habitats that dictate the river continuum dynamic (Vannote et al., 1980; Kennish, 2002; Sousa et al., 2010; Dolbeth et al., 2011; Hicks et al., 2011).

Because transitional waters are often characterized by low native diversity due to extreme physicochemical conditions and marine gradients (McLusky, 1993; Loo & Rosenberg, 1996; Kennish, 2002), the introduction of new species with highly competitive potential can have disproportionate effects on ecosystem functioning (Stachowicz & Byrnes, 2006; Sousa et al., 2008b; Pratt et al., 2014). The Asian clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Corbulidae), is among the most successful freshwater invaders globally (McMahon, 2002; DAISIE, 2008; Sousa et al., 2008a). It modifies the environment through energy assimilation and physical engineering, impacting hydrology, benthic communities, and biogeochemical cycles across the Neotropics and beyond (Phelps, 1994; Hakenkamp et al., 2001; Darrigran, 2002; Sousa et al., 2009; Atkinson et al., 2011). *C. fluminea* can tolerate salinities up to 10–14 (McMahon, 1983, 1999), allowing it to colonize upstream estuarine areas and establish satellite populations rapidly (Sousa et al., 2008b; Franco et al., 2012; Ilarri et al., 2014; Pascho et al., 2015).

Furthermore, *Potamocorbula amurensis* (Schrenck, 1861) has shown rapid expansion in systems like the San Francisco estuary, leading to critical decreases in phytoplankton biomass (Carlton et al., 1990; CABI, 2016). In Panama, gastropods such as *Melanoides tuberculata* (O. F. Müller, 1774) and *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1828) further complicate this landscape; the former acts as a vector for parasites

(Vogler et al., 2012), while the latter is a voracious herbivore that decimates aquatic vegetation (CABI, 2013). This study documents the presence of these species in Lake Gatun to predict their threat to the Panama Canal's freshwater extraction tunnels and overall hydraulic infrastructure.

Material and methods

Location of the study area: Lake Gatun (9°12' N, 79°4' W) is a critical artificial reservoir covering over 400 km². Sampling was focused on two primary sectors:

- La Arenosa: A freshwater sector in the district of Chorrera, used frequently for fishing and water activities.
- Playa Leona: A coastal-influenced area (08°50'50.53" N, 79°47'6.50" W) characterized by artisanal fishing and muddy sediments.

Field Methodology: Monthly sampling was performed throughout 2025. In Lake Gatun, specimens were collected via manual diving to depths of 3 m. At Playa Leona, bivalves were collected manually from the sediment of small streams and cattle farm pastures. All specimens were packaged in airtight containers and transported under refrigeration to the Museum of Malacology of the University of Panama (MUMAUP).

Laboratory Methodology: Following soft-tissue removal and oven-drying, specimens were identified based on shell morphology (aperture, siphonal canal, and muscle scars) using diagnostic keys by Keen (1971) and Coan and Valentich-Scott (2012). Taxonomic updates were verified via the World Register of Marine Species (WoRMS, 2026).

Results

A total of 9,800 individuals were analyzed. The distribution and characteristics of the identified species are detailed in Table 1.

Table 1.

Taxonomic classification, abundance, and key morphological features of invasive mollusks collected in the study areas.

Species	Class	Count (n)	Key Morphological Features
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)	Bivalvia	2,500	Triangular, heavy concentric ridges, glossy periostracum.
<i>Potamocorbula amurensis</i> (Schrenck, 1861)	Bivalvia	1,200	Thin, smooth valves; right valve overlaps left.
<i>Melanooides tuberculata</i> (O. F. Müller, 1774)	Gastropoda	3,000	Conical, elongated shell; black body; operculated.
<i>Pomacea canaliculata</i> (Lamarck, 1828)	Gastropoda	3,100	Large, globose shell; thick operculum; amphibious respiration.

***Corbicula fluminea* (Asian Clam):** Identified by a triangular, rounded shell with prominent concentric striations and a glossy, golden-brown to black periostracum. The interior is pearly, ranging from white to purple. This species possesses high phenotypic plasticity, with shell characteristics varying across geographically close systems (Sousa et al., 2007; Vohmann et al., 2010; Rosa et al., 2012). Its dispersal is often facilitated by water currents and flotation mechanisms (Prezant & Chalermwat, 1984), while its capacity for androgenesis and self-fertilization ensures rapid establishment (Pigneur et al., 2011).

***Potamocorbula amurensis* (Amur River Clam):** Specimens were small (2–3 cm) with thin, yellowish-beige valves. The right valve slightly overlaps the left. Their introduction is likely linked to ship ballast water. *P. amurensis* shows high physiological tolerance to salinity variations and potential toxicants in both adult (Werner et al., 2003) and larval (Nicolini & Penry, 2000) stages. Its impact is severe due to its ability to colonize various habitats (Carlton et al., 1990) and withstand low oxygen levels (McEnnulty et al., 2001, as cited in GISD, 2005).

***Melanooides tuberculata* (Trumpet Snail):** Characterized by an elongated, conical shell with deep grooves. This parthenogenetic gastropod can reach densities of several thousand individuals per m² (Dundee & Paine, 1977, as cited in CABI, 2013). First reported in the Miraflores Locks in 1971, it has now dispersed throughout the watershed, potentially displacing native snails and serving as a vector

for zoonotic parasites (Vogler et al., 2012).

***Pomacea canaliculata* (Apple Snail):** A large, globose snail (up to 100 mm) native to the Lower Paraná and La Plata basins. It is considered one of the "100 worst invasive species" due to its voracious herbivory. Unlike its relative *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856), which is relatively safe for aquatic plants, *P. canaliculata* is an agricultural pest that consumes essential local vegetation, altering the habitat structure.

Discussion

Management and Control Strategies

The Panama Canal as a Global Invasion Corridor: The presence of these four invasive taxa in Lake Gatun underscores the role of the Panama Canal as a high-pressure "bridgehead" for biological invasions. Unlike isolated freshwater bodies, Lake Gatun is a dynamic transit hub where high propagule pressure from international shipping intersects with a wide range of ecological niches. In the context of the Canal's expansion, the increased frequency of transits has accelerated the introduction of larvae via ballast water, directly facilitating the establishment of highly adaptable species like *P. amurensis* (Carlton et al., 1990; CABI, 2016).

Ecosystem Engineering and Trophic Cascades: The documented densities of *C. fluminea* and *P. amurensis* suggest a fundamental shift in benthic architecture. *C. fluminea* acts as an ecosystem engineer, modifying the sediment matrix through bioturbation and the production of empty shells, which alters benthic anthropogenic dynamics and creates new microhabitats (Teixeira et al., 2008; Ilarri et al., 2012, 2014). Furthermore, their high filtration rates can lead to significant phytoplankton depletion, outcompeting native mussels and altering reservoir nutrient cycling (Sousa et al., 2008a; Atkinson et al., 2011).

The gastropod component is equally disruptive. *P. canaliculata* poses a direct threat to the macrophyte communities stabilizing the lake's banks, risking a trophic cascade marked by increased turbidity and habitat loss for juvenile fish. Simultaneously, *M. tuberculata* reaches densities that displace native

snails through sheer biomass dominance (Vogler et al., 2012; CABI, 2013).

Synergistic Effects: Salinity and Climate Resilience: A critical factor in these invasions is the changing physicochemical profile of Lake Gatun. Increasing salinity gradients—driven by seawater intrusion and prolonged droughts—favor euryhaline invaders. *C. fluminea* exhibits notable resilience to environmental stressors, including copper toxicity, temperature fluctuations, and extreme flooding (Foe & Knight, 1985; Sousa et al., 2012b). While primarily a freshwater species, its tolerance to salinities up to 14 allows it to thrive in the transitional waters of the Canal's locks (McMahon, 1983, 1999). However, massive mortality events of *C. fluminea* under specific extreme conditions have been recorded elsewhere, which can temporarily degrade water quality through sudden organic loading (Sousa et al., 2012a).

Economic Implications and Biofouling: The "macrofouling" behavior of *C. fluminea* disables industrial water systems by clogging pipes and filters (Mattice, 1977; Rosa et al., 2011). In Lake Gatun, the accumulation of these mollusks in freshwater extraction tunnels and cooling systems necessitates integrated management to mitigate economic impacts (Table 2).

Management and Policy Recommendations: Eradication in an open system is often unfeasible once species reach the "establishment" phase. Management must focus on functional suppression:

- Ballast Water Management: Rigorous enforcement of international standards is the first line of defense (MAF, 2008).
- Early Detection and Rapid Response (EDRR): Utilizing the National Reference Collection at MUMAUP for regular monitoring.
- Public Education: Preventing accidental release from the aquarium trade is essential.

Table 2.

Integrated management strategies for controlling invasive mollusks in hydraulic infrastructure.

Method Type	Techniques	Targeted Species
Physical	Thermal control (hot water), suction/dredging, desiccation, mechanical filters.	<i>C. fluminea</i> , <i>P. amurensis</i>
Chemical	Oxidizing biocides (chlorine) and pH/salinity alteration in closed systems.	All (primarily infrastructure)
Biological	Introduction of natural predators (e.g., <i>Anentome helena</i> , <i>Botia</i> spp.).	<i>M. tuberculata</i> , <i>P. canaliculata</i>
Preventative	Ballast water treatment, equipment disinfection, aquarium release bans.	All

Conclusion

The establishment of these four invasive taxa in Lake Gatun poses a significant risk to the Panama Canal's operational efficiency and regional biodiversity. The mass reproduction of *C. fluminea* and *P. amurensis* represents a critical threat to cooling systems and water intakes. Continued monitoring and strict enforcement of ballast water management protocols (MAF, 2008; GISD, 2005) are essential to prevent the collapse of local aquatic ecosystems.

References

- Atkinson, C. L., Vaughn, C. C., Forshay, K. J., & Cooper, J. T. (2011). Aggregated filter-feeding consumers (Bivalvia: Unionidae) determine nutrient cycling in a freshwater system. *Journal of the North American Benthological Society*, 30, 210–221.
- CABI. (2013). *Melanoides tuberculata*. In: Invasive Species Compendium. CAB International, Wallingford, UK. www.cabi.org/isc
- CABI. (2016). *Potamocorbula amurensis*. In: Invasive Species Compendium. CAB International, Wallingford, UK. www.cabi.org/isc
- Carlton, J. T., Thompson, J. K., Schemel, L. E., & Nichols, F. H. (1990). Remarkable invasion of San Francisco Bay (California, USA) by the Asian clam *Potamocorbula amurensis*. I. Introduction and dispersal. *Marine Ecology Progress Series*, 66, 81–94.
- Coan, E. V., & Valentich-Scott, P. (2012). *Bivalve Seashells of Western South America: Marine Bivalve Mollusks from Northern Peru to Southern Chile*. Santa Barbara Museum of Natural History.
- Cohen, A. N., & Carlton, J. T. (1998). Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science*, 279, 555–558.
- Crespo, D., Dolbeth, M., Leston, S., Sousa, R., & Pardal, M. A. (2015). Distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Mondego estuary (Portugal): five years after its first record. *Aquatic Invasions*,

10, 377–389.

- DAISIE. (2008). *Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe*. European Commission, Sixth Framework Programme.
- Darrigran, G. (2002). Potential impact of filter-feeding invasive freshwater bivalves on benthic communities in the Neotropical Region. *Biological Invasions*, 4, 145–156.
- Dolbeth, M., Cusson, M., Sousa, R., & Pardal, M. A. (2011). Secondary production as a tool for better understanding of aquatic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68, 1230–1253.
- Dundee, D. S., & Paine, A. C. (1977). Ecology of the snail *Melanoides tuberculata* (Muller), intermediate host of the human liver fluke (*Opisthorchis sinensis*) in New Orleans, Louisiana. *The Nautilus*, 91, 17–20.
- Foe, C., & Knight, A. (1985). Further studies of the toxicity of copper to *Corbicula fluminea* with notes on its interactions with temperature and salinity. *Hydrobiologia*, 120, 81–88.
- Franco, J. N., Ceia, F. R., Patrício, J., Modesto, V., Thompson, J., Marques, J. C., & Neto, J. M. (2012). Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in south-western Europe reveals anthropogenic impact. *Marine Environmental Research*, 80, 31–39.
- GISD. (2005). *Global Invasive Species Database*. Invasive Species Specialist Group (ISSG) of the IUCN Species Survival Commission.
- Hakenkamp, C. C., Ribblett, S. G., Palmer, M. A., Swan, C. M., Reid, J. W., & Goodison, M. R. (2001). The impact of an introduced bivalve (*Corbicula fluminea*) on the benthos of a sandy stream. *Freshwater Biology*, 46, 1107–1114.
- Hicks, N., Bulling, M. T., Solan, M., Paterson, D. M., Pieromeni, M., Arndt, S., & Stahl, H. (2011). Impact of climate change on the biodiversity-ecosystem function nexus in anthropogenic coastal ecosystems. *Environmental Science & Technology*, 45, 9144–9151.
- Ilarri, M. I., & Sousa, R. (2012). *Corbicula fluminea* Müller (Asian clam). In R. A. Francis (Ed.), *A Handbook of Global Freshwater Invasive Species* (pp. 173–183). Earthscan.
- Ilarri, M. I., Antunes, C., Guilhermino, L., & Sousa, R. (2012). Massive mortality of the Asian clam *Corbicula fluminea* in a highly invasive population. *Biological Invasions*, 14, 2019–2024.
- Ilarri, M. I., Souza, A. T., Modesto, V., Guilhermino, L., & Sousa, R. (2014). Influence of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* on vertical distribution of mobile benthic fauna. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24, 610–621.
- Keen, A. M. (1971). *Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Peru* (2nd ed.). Stanford University Press.
- Kennish, M. J. (2002). Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29, 78–107.

- Loo, L. O., & Rosenberg, R. (1996). Anthropogenic organic enrichment and nutrients — some effects on the herbivorous macrofauna in the Gullmarsfjord, western Sweden. *Oceanologica Acta*, 19, 115–126.
- MAF. (2008). *Biosecurity New Zealand: Early detection and monitoring of Potamocorbula amurensis*. Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington.
- Mattice, J. S. (1977). Interactions of submerged macromolecules with the surfaces of *Corbicula*. *Proceedings of the First International Corbicula Symposium*, Texas Christian University, Fort Worth.
- McEnnulty, F. R., Bax, N. J., Schaffelke, B., & Campbell, M. L. (2001). *A review of rapid response options for the control of ABWMAC listed introduced marine pest species and related taxa in Australian waters*. Centre for Research on Introduced Marine Pests.
- McLusky, D. S. (1993). Marine and estuarine gradients — An overview. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 27, 489–493.
- McMahon, R. F. (1983). Ecology of an invasive pest bivalve, *Corbicula*. In W. D. Russell-Hunter (Ed.), *The Mollusca, Vol. 6, Ecology* (pp. 505–561). Academic Press.
- McMahon, R. F. (1999). Invasive characteristics of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. In R. Claudi & J. H. Leach (Eds.), *Nonindigenous Freshwater Organisms: Vectors, Biology and Control* (pp. 315–346). Lewis Publishers.
- McMahon, R. F. (2002). Evolutionary and physiological adaptations of aquatic invasive animals: r-selection versus resistance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1235–1244.
- Nicolini, M. H., & Penry, D. L. (2000). Spawning, fertilization, and larval development of *Potamocorbula amurensis* (Mollusca: Bivalvia) from San Francisco Bay, California. *Pacific Science*, 54, 377–388.
- Pascho, L. M., Andrade, D. P., & Pires-Junior, O. R. (2015). First record of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Paranoá Lake, Brasília, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75, 101–107.
- Phelps, H. L. (1994). The Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) invasion and system-level ecological change in the Potomac River Estuary near Washington, D.C. *Estuaries*, 17, 614–621.
- Pigneur, L. M., Hedtke, S. M., Etoundi, E., & Van Doninck, K. (2011). Androgenesis: a strategy to avoid genetic load in invasive *Corbicula* clams? *Heredity*, 107, 15–25.
- Pratt, D. R., Lohrer, A. M., Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Townsend, M., & Reed, J. (2014). Assessing disturbance history using biodiversity-ecosystem function relationships. *Ecosphere*, 5, 1–18.
- Prezant, R. S., & Chalermwat, K. (1984). Flotation of the bivalve *Corbicula fluminea* as a means of dispersal. *Science*, 225, 1491–1493.
- Rosa, I. C., Garrido, R., Inda, S., Rocha-Barreira, C. A., Angelini, N., & Casanueva, M. E. (2011). Biofouling

- by *Corbicula fluminea* in a hydroelectric power plant in southern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 83, 1–12.
- Rosa, I. C., Pereira, J. L., Costa, R., Gonçalves, F., & McManus, J. (2012). The influence of temperature on the behavior and survival of the invasive bivalve *Corbicula fluminea*. *Journal of Thermal Biology*, 37, 233–239.
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Courchamp, F., ... & Vilà, M. (2013). Impacts of biological invasions: what's next? *Trends in Ecology & Evolution*, 28, 58–66.
- Sousa, R., Antunes, C., & Guilhermino, L. (2007). Variation of the physiological condition of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Minho River estuary (NW Iberian Peninsula). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73, 551–557.
- Sousa, R., Antunes, C., & Guilhermino, L. (2008a). Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 44, 85–94.
- Sousa, R., Nogueira, A. J., Gasper, M. C., Antunes, C., & Guilhermino, L. (2008b). Growth and changes in condition index of *Corbicula fluminea* (Müller 1774) in the Minho estuary: anthropogenic and natural influences. *Iheringia, Série Zoologia*, 98, 204–211.
- Sousa, R., Ilarri, M., Guilhermino, L., & Antunes, C. (2009). Ecology of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the River Minho estuary: a review after 20 years of invasion. *Aquatic Invasions*, 4, 277–289.
- Sousa, R., Dias, S., & Antunes, C. (2010). Spatial and temporal distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the River Minho estuary. *Scientia Marina*, 74, 111–120.
- Sousa, R., Varandas, S., Cortes, R., Teixeira, A., Lopes-Lima, M., Machado, J., & Guilhermino, L. (2012a). Massive mortality of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in a European river: causes and ecological consequences. *Science of the Total Environment*, 435, 156–161.
- Sousa, R., Novais, A., Costa, R., & Guilhermino, L. (2012b). Effects of extreme floods on the distribution of *Corbicula fluminea*. *Hydrobiologia*, 696, 1–9.
- Stachowicz, J. J., & Byrnes, J. E. (2006). Species diversity, invasion success, and ecosystem functioning: disentangling the influence of resource competition, facilitation, and extrinsic factors. *Marine Ecology Progress Series*, 311, 251–262.
- Teixeira, H., Salas, F., & Marques, J. C. (2008). A benthic perspective of the anthropogenic changes in the Mondego estuary (Portugal) over the last two decades. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 648–665.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130–137.
- Vogler, R. E., Beltramino, A. A., Sede, M. M., Gregoric, D. E. G., Núñez, V., & Rumi, A. (2012). The invasive apple snail *Pomacea canaliculata* in Paraguay: morphology, DNA barcoding, and its role as a potential

vector of *Angiostrongylus cantonensis*. *Check List*, 8, 229–233.

- Vohmann, A., Borcharding, J., Kureck, A., Deneke, A., & Arndt, H. (2010). Strong impact of the invasive clam *Corbicula fluminea* on vertical distributions of sediment micro-organisms and meiofauna. *Biological Invasions*, 12, 1367–1377.
- Werner, I., Clark, S. L., & Hinton, D. E. (2003). Biomarkers of sublethal stress in the invasive bivalve *Potamocorbula amurensis* from the San Francisco Bay Estuary, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 481–490.
- Williams, S. L., & Grosholz, E. D. (2008). The invasive species challenge in estuarine and coastal environments: Marrying management and science. *Estuaries and Coasts*, 31, 3–20.
- WoRMS Editorial Board. (2026). *World Register of Marine Species*. Accessed 08 April 2026. doi:10.14284/170.

Monitoreo agroclimático con IoT para determinar la viabilidad y potenciar el cultivo de hortalizas en La Peña, Herrera, Panamá

Agroclimatic monitoring with IoT to determine the viability and enhance vegetable cultivation in La Peña, Herrera, Panama

Alexis D. Camargo C.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero, Panamá.
alexis.camargo@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1801-0712>

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero, Panamá.
felix.camarena@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Isabel G. García G.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero, Panamá.
isabel1014garcia@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-1389-3343>

Recepción: 10 mayo 2026.

Aprobación: 16 agosto 2026.

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11387>

Abstract

This project evaluated how agroclimatic conditions recorded using IoT technology influence the viability of vegetable cultivation in La Peña, Las Minas district, Herrera province. Despite having a potentially favorable climate, the region does not have significant horticultural production, partly due to soil acidity and a lack of accurate climate information that limits agricultural planning. To address this problem, a SparkFun ESP32 MicroMod IoT weather station was installed, collecting data every five minutes for eight weeks, measuring variables such as temperature, soil moisture, precipitation, and wind speed. Simultaneously, experimental plots were established with five crops: celery, romaine lettuce, cucumber, chili peppers, and tomato. Plant growth and health were monitored weekly through direct observation and field measurements. The results revealed that cucumber, tomato, and chili peppers showed sustained growth and good adaptation to local conditions, even under high temperatures. In contrast, celery and lettuce showed greater sensitivity to heat and low relative humidity. Significant correlations were identified between climatic variables and plant development, allowing for the establishment of reference parameters to optimize horticultural production in the area. The research concludes that the use of IoT technology is an effective tool for generating accurate data, supporting agronomic decisions, selecting adapted crops, and proposing strategies such as smart

irrigation and heat mitigation, thus strengthening agricultural sustainability in rural communities.

Keywords: Agroclimate, Crops, Vegetables, Agricultural sustainability, IoT technology

Resumen

Este proyecto evaluó cómo las condiciones agroclimáticas registradas mediante tecnología IoT influyen en la viabilidad del cultivo de hortalizas en La Peña, distrito de Las Minas, provincia de Herrera. A pesar de contar con un clima potencialmente favorable, la región no presenta una producción hortícola significativa, en parte debido a la acidez del suelo y la falta de información climática precisa que limita la planificación agrícola. Para abordar este problema, se instaló una estación meteorológica IoT SparkFun ESP32 MicroMod que recolectó datos cada cinco minutos durante ocho semanas, midiendo variables como temperatura, humedad del suelo, precipitación y velocidad del viento. Simultáneamente, se establecieron parcelas experimentales con cinco cultivos: apio, lechuga romana, pepino, ajíes y tomate. Se realizó un seguimiento semanal del crecimiento y la sanidad de las plantas mediante observación directa y mediciones en campo. Los resultados revelaron que el pepino, tomate y ajíes presentaron un crecimiento sostenido y buena adaptación a las condiciones locales, incluso bajo temperaturas elevadas. En contraste, el apio y la lechuga mostraron mayor sensibilidad al calor y a la baja humedad relativa. Se identificaron correlaciones significativas entre variables climáticas y desarrollo vegetal, lo que permitió establecer parámetros de referencia para optimizar la producción hortícola en la zona. La investigación concluye que el uso de tecnología IoT es una herramienta eficaz para generar datos precisos, apoyar decisiones agronómicas, seleccionar cultivos adaptados y proponer estrategias como riego inteligente y mitigación térmica, fortaleciendo la sostenibilidad agrícola en comunidades rurales.

Palabras clave: Agroclima, Cultivos, Hortalizas, Sostenibilidad agrícola, Tecnología IoT

Introducción

La agricultura sigue siendo una de las principales actividades económicas en muchas comunidades rurales de Panamá, como es el caso de La Peña, en el distrito de Las Minas, provincia de Herrera. En esta región, la producción agrícola depende en gran medida de las condiciones climáticas locales, las cuales pueden variar significativamente en cortos periodos de tiempo (Mubenga-Tshitaka et al., 2023). Esta variabilidad influye directamente en factores esenciales para el desarrollo vegetal, como la temperatura, la humedad relativa, la humedad del suelo y la incidencia solar, haciendo necesario un monitoreo más preciso y continuo de estas variables (Meteo Tech, 2025).

Actualmente, los cambios en los patrones climáticos y la irregularidad de las lluvias plantean desafíos adicionales para los productores, quienes deben adaptar sus prácticas para minimizar riesgos y evitar pérdidas. Según la FAO (2020), el cambio climático afecta la seguridad alimentaria al alterar las condiciones óptimas para el cultivo de alimentos, lo que exige nuevas formas de gestión agronómica. En respuesta a esta realidad, las tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) ofrecen

herramientas innovadoras para la recolección automatizada de datos ambientales, mejorando la toma de decisiones en el campo (CINTEL - CoC AGROTECH, 2025).

La incorporación de estaciones meteorológicas inteligentes permite obtener información en tiempo real sobre las condiciones del entorno, lo que representa una ventaja importante frente a los métodos tradicionales de observación. En estudios recientes, se ha demostrado que los sensores IoT contribuyen a detectar a tiempo factores de estrés ambiental y optimizar recursos como el agua y los fertilizantes (Chanchí-Golondrino et al., 2022). Estas tecnologías también facilitan el análisis de patrones climáticos a nivel local, lo cual es clave para adaptar la producción hortícola en zonas con condiciones diversas o inestables.

En este contexto, el presente estudio se propuso evaluar la respuesta de cinco cultivos hortícolas (apio, lechuga romana, pepino, ajíes y tomate) ante las condiciones agroclimáticas propias de la comunidad de La Peña. Para ello, se instaló una estación meteorológica IoT con sensores de temperatura, humedad del aire y del suelo, velocidad del viento y presión atmosférica, cuyos datos fueron analizados junto con registros semanales del crecimiento de las plantas durante ocho semanas. Esta experiencia busca aportar información útil para futuros proyectos de agricultura inteligente en comunidades rurales con potencial hortícola.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en la comunidad de La Peña, ubicada en el distrito de Las Minas, provincia de Herrera, a una altitud de 669 metros sobre el nivel del mar. Este sitio forma parte de la reserva forestal El Montuoso y presenta temperaturas promedio entre 18 °C y 25 °C.

Figura 1.

Ubicación de la estación base de monitoreo y parcelas de hortalizas en la Peña, distrito de las Minas.



Fuente: Google Maps

Diseño experimental

Se establecieron cinco parcelas experimentales bajo condiciones protegidas con malla saran al 80 %, cada una destinada al cultivo de una hortaliza específica: apio, lechuga romana, pepino, ajíes y tomate. Previamente, se realizó un análisis del suelo que mostró acidez elevada y deficiencia de nutrientes, por lo que se aplicó cal para neutralizar el pH y materia orgánica para enriquecer la tierra. Las prácticas de cultivo se ajustaron de acuerdo con las necesidades agronómicas de cada especie.

Monitoreo agroclimático

Para el registro continuo de variables ambientales, se instaló una estación meteorológica IoT SparkFun ESP32 MicroMod. Esta estación recolectó datos cada cinco minutos durante ocho semanas, registrando temperatura del aire, humedad relativa, humedad del suelo, precipitación y velocidad del viento. Los datos se enviaron automáticamente a la plataforma ThingSpeak, donde fueron almacenados y luego exportados para su análisis.

Figura 2.

Estación meteorológica SparkFun ESP32 MicroMod utilizada en el estudio.



Fuente: https://cdn.bodanius.com/media/1/13e154905_sparkfun-arduino-iot-weather-station_x.jpg

Técnicas de recolección de datos

Las variables climáticas se registraron automáticamente mediante sensores específicos conectados a la estación meteorológica. A la vez, se realizó un monitoreo semanal del desarrollo de los cultivos utilizando observación directa, medición de altura de plantas, conteo de hojas y registro de presencia de plagas o enfermedades.

Tabla 1.

Principales características de la estación SparkFun ESP32 MicroMod

Característica	Descripción
Procesador	MicroMod ESP32 (WiFi y Bluetooth integrados)
Conectividad	WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth BLE
Puertos para sensores	3 conectores RJ11 para viento y lluvia
Sensor ambiental recomendado	Bosch BME280 (temperatura, humedad y presión)
Sensor de lluvia	Pluviómetro tipo balancín (reed switch, RJ11)
Sensor de viento	Anemómetro y veleta (reed switch y salida analógica)
Humedad del suelo	Sensor capacitivo/resistivo (entrada analógica)
Almacenamiento	Ranura microSD

Fuente: Los Autores

Resultados y discusión

Durante el periodo de monitoreo de ocho semanas, se recolectaron datos climáticos y de desarrollo de cultivos que permitieron establecer relaciones entre las condiciones ambientales y el crecimiento de cinco hortalizas: apio, lechuga romana, pepino, ajíes y tomate.

Condiciones climáticas registradas

Las temperaturas promedio oscilaron entre 23,4 °C y 26,1 °C. La humedad relativa mostró un rango de 59,1 % a 78,4 %, mientras que la humedad del suelo se mantuvo elevada (95,1 %-98,7 %) gracias al riego manual. La velocidad del viento fue baja (4,3-6,7 km/h) y la precipitación fue mínima, menor a 1 mm semanal durante la mayor parte del estudio.

Tabla 2.

Variables climáticas semanales (promedio semanal)

Semana	Temp. (°C)	Humedad Rel. (%)	Presión (hPa)	Humedad Suelo (%)	Vel. Viento (km/h)	Precipitación (mm)
1	24,1	78,4	926,9	95,1	6,7	0,1
2	23,8	77,1	932,0	95,6	4,3	0,1
3	23,9	73,6	948,2	95,4	5,7	0,2
4	24,2	70,9	938,0	95,5	5,7	0,6
5	23,9	75,4	936,2	96,7	6,2	0,3
6	24,3	73,2	936,5	98,2	5,3	0,1
7	23,4	73,8	938,3	98,1	6,1	0,3
8	26,1	59,1	943,4	98,7	5,6	0,5

Crecimiento de cultivos

Los cultivos mostraron patrones de crecimiento diferenciados. El pepino fue el de mayor desarrollo con 202 cm al final del periodo, seguido por el tomate (72 cm) y los ajíes (52 cm). El apio y la lechuga presentaron un crecimiento más lento, posiblemente por su sensibilidad al calor.

Tabla 3.*Crecimiento promedio semanal por cultivo*

Semana	Pepino (cm)	Apio (cm)	Ajíes (cm)	Lechuga (cm)	Tomate (cm)
1	10	11	13	5	4
2	17	14	15	8	9
3	21	20	20	9	11
4	46	28	26	11	15
5	89	39	34	14	28
6	136	58	40	16	40
7	180	69	49	18	60
8	202	74	52	19	72

Los resultados obtenidos del monitoreo agroclimático mediante la estación IoT SparkFun ESP32 MicroMod y el registro del crecimiento de los cultivos en La Peña, Herrera, revelaron correlaciones significativas entre las variables ambientales y el desarrollo de las hortalizas.

El pepino fue el cultivo de mayor crecimiento (202 cm), seguido por el tomate (72 cm) y los ajíes (52 cm), mostrando una buena adaptación a las condiciones locales. Este patrón puede explicarse por su mayor tolerancia térmica. Di Fabio et al. (s.f.) afirman que cultivos como el pepino y el ají hacen un uso más eficiente de la radiación solar y toleran temperaturas elevadas, lo cual se evidenció en este estudio. En contraste, el apio y la lechuga romana fueron más sensibles al calor. Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto (2017) reportan que el estrés por calor reduce significativamente el crecimiento en estas especies, especialmente cuando las temperaturas superan los 25 °C.

El caso de la lechuga romana fue particularmente revelador: en la semana 8, cuando la temperatura alcanzó los 26,1 °C y la humedad relativa descendió al 59,1 %, su crecimiento se redujo casi completamente. Cherlinka (2025) agrega que un exceso de temperatura combinado con baja humedad altera el equilibrio hídrico y la absorción de nutrientes, limitando el desarrollo vegetal. En este contexto, se hace evidente la necesidad de aplicar técnicas de manejo como el sombreado o el riego especializado para este tipo de cultivos.

En el caso del pepino, su crecimiento constante incluso en la semana más calurosa confirmó lo planteado por Valdez-Aguilar et al. (2024), quienes señalan que el pepino requiere suelos

permanentemente húmedos para lograr un crecimiento óptimo, lo cual fue posible gracias al monitoreo continuo de humedad mediante sensores IoT. CINTEL - CoC AGROTECH (2025) resalta precisamente que esta tecnología permite ajustar parámetros en tiempo real para mantener condiciones favorables de cultivo.

El crecimiento del apio también fue limitado por el calor. Cherlinka (2023) advierte que este cultivo sufre estrés cuando la temperatura supera los 25 °C. Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo et al. (2005) subraya que el apio necesita condiciones muy específicas de pH, materia orgánica y humedad, lo cual coincide con los desafíos encontrados en este proyecto, donde fue necesario aplicar cal y compost para mejorar el suelo.

Los ajíes, aunque no alcanzaron el tamaño del pepino o el tomate, mostraron un crecimiento estable. Kim et al. (2023) indican que el ají se desarrolla bien entre 20 °C y 30 °C si cuenta con suficiente luz solar. Además, Rázuri et al. (2009) señalan que un buen manejo del riego es clave para evitar retrasos en el desarrollo, como se observó en las semanas de mayor estrés térmico. Según Torres y Rojas (2024), el uso de sensores IoT en este tipo de cultivos tropicales permite tomar decisiones oportunas frente a condiciones adversas, lo cual se validó en esta investigación.

El tomate mostró un crecimiento más lento en las primeras semanas, pero se aceleró a partir de la semana cinco, coincidiendo con niveles altos de humedad del suelo. Jaramillo Noreña et al. (s.f.) afirman que esta especie puede adaptarse a climas cálidos si se garantiza buena ventilación y riego. Ferreira (2024) complementa que, además del control térmico, es esencial evitar enfermedades por hongos mediante una adecuada gestión de humedad ambiental. En este estudio no se presentaron enfermedades, probablemente gracias a la baja humedad relativa y ventilación natural. Chanchí-Golondrino et al. (2022) refuerzan que el monitoreo ambiental con IoT permite anticiparse a riesgos fitosanitarios, especialmente en cultivos exigentes como el tomate.

En conjunto, estos resultados muestran que el uso de herramientas tecnológicas como IoT, combinado con prácticas agronómicas adaptadas, permite optimizar la producción hortícola en zonas rurales con condiciones agroclimáticas desafiantes.

Conclusiones

La instalación de la estación meteorológica IoT permitió obtener registros continuos y confiables de variables climáticas en tiempo real, cumpliéndose así el objetivo de monitoreo agroclimático en la comunidad de La Peña, Las Minas, Herrera.

El seguimiento del desarrollo de los cultivos de estudio (apio, lechuga romana, pepino, ajíes y tomate) evidenció diferencias en su adaptación a las condiciones locales. El pepino, el tomate y los ajíes presentaron un crecimiento constante y sostenido, lo que demostró una mayor tolerancia a temperaturas elevadas y a la variabilidad de la humedad relativa.

Por el contrario, el apio y la lechuga romana mostraron una menor capacidad de adaptación, con un crecimiento más lento en las semanas de mayor temperatura y menor humedad. Esto confirmó que estos cultivos son más sensibles al estrés térmico, lo que limita su viabilidad bajo condiciones no modificadas.

Se confirmaron correlaciones entre variables climáticas y el desarrollo vegetal, en especial la relación inversa entre temperatura y humedad relativa, y su impacto en cultivos sensibles. Estas relaciones permitieron establecer parámetros de referencia útiles para la planificación hortícola en la región.

Si bien las condiciones agroclimáticas locales permitieron el desarrollo de algunos cultivos, no todas las especies evaluadas alcanzaron un rendimiento óptimo sin ajustes en el manejo.

Finalmente, este estudio generó una base de datos inédita sobre las condiciones agroclimáticas y la respuesta de cultivos hortícolas en La Peña, lo cual constituye una herramienta valiosa para orientar decisiones agronómicas en comunidades rurales con condiciones similares.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero proporcionado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá, a través de su programa Jóvenes Científicos. Se expresa agradecimiento a SENACYT por su compromiso con el desarrollo científico y el fomento de la investigación en jóvenes investigadores, brindando la oportunidad de contribuir al

avance del conocimiento en Tecnología y la Agricultura.

Referencias

- Arenas, A. L. O., Ochoa, M. R., & Miranda, J. P. R. (2017). Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. <https://www.redalyc.org/journal/5177/517752178008/html/>
- Banco Interamericano de Desarrollo, Casaca, Á. D., Sierra, E., Cruz, J., & Casaca, Á. D. (2005). Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-pepino,-F.pdf>
- Chanchí-Golondrino, G. E., Ospina-Alarcón, M. A., y Saba, M. (2022). Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Revista Científica*, 44(2), 257-271. <https://doi.org/10.14483/23448350.18470>
- Chaves-Barrantes, N. F., & Gutiérrez-Soto, M. V. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. <https://www.redalyc.org/journal/437/43748637020/html/>
- Cherlinka, V. (2023, December 15). Estrés térmico en plantas: causas y síntomas. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/estres-termico-en-plantas/>
- Cherlinka, V. (2025, July 3). Cultivo de lechuga: pasos de la siembra a la cosecha. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-lechuga/>
- CINTEL - CoC AGROTECH. (2025). Agricultura de precisión: Monitoreo inteligente con sensores. https://cintel.co/wp-content/uploads/2025/02/AGRICULTURA-DE-PRECISION-Monitoreo-inteligente-con-sensores_v2.pdf
- Di Fabio, A., Lozoya-Gloria, E., & dos Santos-Olivera, F. (s.f.). Producción y manejo del cultivo de pimientos. Intercoonecta. <https://intercoonecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/0029-3%20Cultivo%20de%20pimientos.pdf>
- FAO. (2019). Evapotranspiración del cultivo. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- FAO. (2020). Clima y agricultura: guía para la acción climática en el sector agropecuario. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ferreira, M. (2024, December 21). Guía Práctica para el Cultivo del Tomate. Huertox. <https://huertox.com/cultivo-del-tomate-guia-completa/>

- Jaramillo Noreña, J. E., Rodríguez, V. P., & Aguilar Aguilar, P. A. (s.f.). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1381/Ver_documento_1381.pdf
- Kim, M. K., Jeong, H. B., Yu, N., Park, B. M., Chae, W. B., Lee, O. J., Lee, H. E., & Kim, S. (2023). Comparative heat stress responses of three hot pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes differing temperature sensitivity. *Scientific Reports*, 13(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-41418-5>
- Meteo_Admin. (2025, January 15). Los 5 factores climáticos clave que afectan a tus cultivos. Meteo.Tech. <https://meteo.tech/blog/5-factores-climaticos-clave-que-afectan-a-tus-cultivos/>
- Mubenga-Tshitaka, J., Dikgang, J., Mwamba, J. W. M., & Gelo, D. (2023). Climate variability impacts on agricultural output in East Africa. *Cogent Economics & Finance*, 11(1).
<https://doi.org/10.1080/23322039.2023.2181281>
- Rázuri, L., Pérez, A. T., Hernández, J. D., Rosales, J. G., CIDIAT-ULA, & IMDERURAL Mérida-Venezuela. (2009). Manejo del agua en el cultivo del ají (*Capsicum chinense* Jacq) a través de tensiómetro y tina de evaporación, utilizando riego localizado. *Academia*, VIII-VIII(15), 2-17. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/view/6048/5853>
- Rotoplas. (2025, mayo 21). Estrategias de gestión integral del agua en el riego de cultivos. <https://rotoplas.com.mx/estrategias-de-gestion-integral-del-agua-en-el-riego-de-cultivos/>
- Torres, F., & Rojas, C. (2024). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual y su aplicación mediante un prototipo. *Revista Iberoamericana de Sistemas e Ingeniería de Tesis*, (53), 106-121. <https://scielo.pt/pdf/rist/n53/1646-9895-rist-53-106.pdf>

Reproductive dynamics, biometrics and biochemical composition of the oyster *crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) in the Pacific of Panama

Dinámica reproductiva, biometría y composición bioquímica de la ostra *crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) en el Pacífico de Panamá

Darío Córdoba González

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá.
dario.cordoba@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0002-0693-4176>

Recepción: 14 de febrero de 2026

Aprobación: 30 de agosto de 2026.

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11388>

Abstract

This study examines the reproductive dynamics, biometric relationships, and biochemical composition of the oyster *Crassostrea corteziensis* in the Panamanian Pacific. From February to December, specimens collected in Puerto Caimito were monitored using a suspended culture system at Naos Island. The results indicate that the species exhibits a continuous reproductive cycle with synchronous maturity peaks during the dry season (February–April) and a secondary phase during the rainy season (July–October). Shell growth in length was found to be more accelerated in juvenile stages during the dry season, coinciding with coastal upwelling and higher chlorophyll availability (0.91 mg/m^3). Biochemical analysis identified the digestive gland-gonad and the adductor muscle as the primary storage centers for energy substrates (proteins and lipids), which are mobilized to support gametogenesis. Carbohydrate levels peaked in February (82.5% in the mantle) and decreased sharply during the March spawning period, confirming their role as a rapid energy source for gamete release. It is concluded that environmental fluctuations in temperature and salinity regulate energy storage efficiency and reproductive success for this species within the estuarine ecosystem of the Gulf of Panama.

Keywords: Biometrics, biochemical composition, *Ostrea corteziensis*, gonadic cycle, upwelling, Panama

Resumen

Este estudio analiza la dinámica reproductiva, las relaciones biométricas y la composición bioquímica de la ostra *Crassostrea corteziensis* en el Pacífico de Panamá. Entre febrero y diciembre, se monitorearon ejemplares en un sistema de cultivo suspendido en Isla Naos, tras su colecta en Puerto Caimito. Los resultados indican que la especie presenta un ciclo reproductivo continuo con picos de madurez sincrónica durante la temporada seca (febrero-abril) y una fase secundaria en la temporada lluviosa (julio-octubre). Se observó que el crecimiento en longitud es más acelerado en etapas juveniles durante la época seca, coincidiendo con el afloramiento costero y una mayor disponibilidad de clorofila *a* (0.91 mg/m^3). El análisis bioquímico identificó a la glándula digestiva-gónada y al músculo aductor como los principales centros de almacenamiento de sustratos energéticos (proteínas y lípidos), los cuales son movilizados para sostener la gametogénesis. Los niveles de carbohidratos alcanzaron su máximo en febrero (82.5% en el manto), descendiendo drásticamente durante el desove de marzo, lo que confirma su uso como fuente de energía rápida para la liberación de gametos. Se concluye que las

fluctuaciones ambientales de temperatura y salinidad regulan la eficiencia del almacenamiento energético y el éxito reproductivo de la especie en el ecosistema estuarino del Golfo de Panamá.

Palabras clave: Biometría, composición bioquímica, *Ostrea corteziensis*, ciclo gonádico, afloramiento, Panamá

Introduction

The natural resources traditionally exploited show a certain depletion, as demand increases alongside the human population, creating an imbalance between available resources and consuming organisms (especially humans). Consequently, we are compelled to seek alternatives to address this urgency. This highlights the nutritional, economic, ecological, and even medical importance that certain marine resources, such as mollusks, have generated since humans first utilized an interest that grows every day.

Countries with technological advancements and greater economic resources for research, such as Japan, the United States, and Spain, have successfully ventured into experimenting with these resources, particularly bivalves (Odum, 1971). When evaluating the possibilities in our country, which faces significant limitations in this research field, enormous challenges remain, beginning with the awareness needed to manage this aquaculture potential as a scientific and technological opportunity.

Above all, economic demand was the primary driver for increasing oyster production in estuarine waters through highly efficient and productive aquaculture techniques (Odum, 1968; Odum, 1971). Consequently, the reproductive biology of oysters in temperate zones has been the subject of numerous studies, most notably those conducted on the American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) and the Japanese oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Hopkins, 1937; Loosanoff, 1942; Bargenton, 1943; Imai & Sakai, 1961; Kennedy & Battle, 1964; LeDantec, 1968; Dinamani, 1974).

In our tropical waters, one species gaining commercial importance is *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), distributed along the Caribbean coast (Mattox, 1949; Sáenz, 1965; Bacon, 1971; Angel, 1972; Vélez, 1976). Studies on this species provide insight into oysters from tropical and subtropical waters.

The species under study, *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951), morphologically possesses an elongated, somewhat triangular, slightly curved shell with a compact ligament area and a posterior adductor muscle that attaches the valve to the center. The shell lacks projection or "ear" and is attached by the external surface of the left valve to rocks, mangrove roots, or similar surfaces; the interior of the shell is white and slightly pearly. Its average size is 150 mm in length by 100 mm in width, resembling *Ostrea chilensis* Küster, 1844 (Philippi, 1984). Its geographic distribution ranges from the upper Gulf of California, USA, to Panama (Keen, 1971).

Given its morphological, physiological, and reproductive conditions, this oyster could be considered for study in the cultivation and exploitation industry if managed properly, as it is currently harvested by coastal inhabitants of the Pacific for consumption and trade.

According to Sastry (1975), the biological characteristics of marine invertebrates like oysters indicate that their reproduction is linked to a physiological-cyclic phenomenon related to external environmental changes and feeding, from the onset of gametogenesis to maturity.

Based on these studies, regarding oyster nutrition, these organisms are generally classified as benthic organisms without swimming capacity; from the larval stage, they feed on suspended particles and organic detritus. It is essential to recognize the sedentary life of oysters to compare various energy sources, such as phytoplankton, which can meet the energy requirements for reproduction and allow them to utilize their own energy substrates: proteins, carbohydrates, and lipids, subject to environmental variations such as temperature and salinity.

Global literature highlights various studies on the reproductive cycle and its relationship with external factors, larval settlement, growth, and feeding in species such as *C. rhizophorae* (Angel, 1972), *Magallana bilineata* (Röding, 1798) (Stephen, 1980), *C. corteziensis* (Ruiz, 1980), and *Ostrea puelchana* A. d'Orbigny, 1842 (Fernández and Mattio, 1987).

In this regard, this work aims to expand the knowledge of these bivalve mollusks using the species *C. corteziensis* from the Panamanian Pacific, which has not been studied regarding its physiology and

reproduction, despite an initial study on the gonadal cycle by Ruiz (1980).

Material and methods

Description of the Study Area: Collection Area: Oysters were collected in Puerto Caimito, located in the La Chorrera district on the Pacific coast of the Gulf of Panama (8°51'05" - 8°52'05" N and 79°42' - 79°43' W), approximately 30 km from the experimental site. This area features an estuarine system where the Caimito River discharges.

Experimental Area: The study was conducted at the marine laboratories of the University of Panama on Naos Island, Panama Bay (8°54' - 8°56' N and 79°32' - 79°33' W). The Smithsonian Tropical Research Institute (S.T.R.I.) pier facilities were used to place the samples.

Field Methodology: In February 1992, 600 oysters (*C. corteziensis*) were collected and transferred to the marine laboratories. They were placed in tanks with filtered, recycled, and aerated seawater for 48 hours for acclimation and depuration. Subsequently, they were placed in lantern nets and moved to the pier. Each net (1.70 m long, 0.50 m diameter) was divided into five sections containing nylon baskets with 20 specimens each. The nets were maintained at a depth of 3 to 4 meters, ensuring 6 hours of exposure during low tide and 6 hours of immersion during high tide.

Weekly measurements were taken for temperature, salinity, and chlorophyll *a*. Temperature was measured with a mercury thermometer (-4 °C to 100 °C), salinity (‰) with an American Optical Scientific Instruments field refractometer, and chlorophyll *a* following the methodology of Strickland and Parsons (1972).

Laboratory Methodology: Thirty oysters were sampled during the last week of each month for biomass, biochemical components, and histology. Each test required 10 individuals. Before sacrifice, biometric measurements (length, width, and thickness) were taken, and specimens were weighed on a Mettler PC 2000 balance (0.01 g precision). Shell and soft tissue weights (wet weight) were recorded.

Biomass Analysis: For this test, 10 individuals were dissected into compartments: muscle, mantle,

gills, and digestive gland-gonad. Wet weight and dry weight (oven-dried at 80 °C–90 °C until constant weight) were determined. Tissues were placed in pre-weighed crucibles and calcined in a muffle furnace at 450 °C for one hour to obtain ash weight, following Jorgensen (1976). Shells were analyzed similarly, though drying took 30 to 40 days.

Biochemical Analysis: Ten individuals were used to determine concentrations of proteins, carbohydrates, and total lipids in the compartments. Tissues were homogenized, and aliquots were taken for each test.

- Carbohydrates: Following a modified protocol by Dubois et al. (1956), 0.5 g of homogenized wet tissue was mixed with 6 ml of distilled water and 3 ml of 15% TCA. After 24 hours, the supernatant was tested using phenol (5%) and sulfuric acid (10 N). Absorbance was read at 490 nm against glucose standards.
- Proteins: Following the BioRad method, 0.1 g of homogenized tissue was digested in NaOH (0.1 M) for 48 hours. Absorbance was read at 595 nm using Bovine Serum Albumin as a standard.
- Total Lipids: Extraction followed Bligh & Dyer (1959) with modifications by Gómez (1991), using a Chloroform/Methanol (2:1) mixture. After separation with NaCl and evaporation with nitrogen, the total lipid weight was determined.

Histological Analysis: Ten individuals were selected monthly. Sections were made at the digestive gland-gonad level and fixed in Davidson's solution for 48 hours. Samples were processed through graded alcohols and embedded in paraffin. 7-micron sections were cut using an American Optical microtome and stained with Ehrlich's hematoxylin and Putt's eosin. Sex and reproductive status were determined according to Ruiz (1980). Linear regression (weight/length) and index/weight correlation between tissues were performed for all specimens.

Results and discussion

Environmental Parameters

- Temperature: During the 1992 dry season (Feb–Apr), temperatures ranged from 22.5 °C to 27.0 °C. During the rainy season, they ranged from 26.4 °C to 29.5 °C. The average temperature was higher in the rainy season (28.2 °C) than in the dry season (24.8 °C).

- Salinity: Highest salinity was recorded in the dry season (33%). In the rainy season, it peaked in June (32%) and dropped to its lowest in October and November (27%).
- Chlorophyll *a*: Values were higher in the dry season (up to 0.91 mg/m³ in March) compared to the rainy season (0.11 mg/m³ in October).

Biometric Relationships

- Shell Length: Average size was 6.8 cm in the dry season and reached a maximum of 7.2 cm in October.
- Length vs. Weight: Regression analysis showed a strong proportional relationship ($r = 0.78$).

Biomass

All tissues (gills, digestive gland-gonad, mantle, and muscle) followed the same pattern: an increase in dry biomass in April and June, followed by a decline toward the end of the year. The digestive gland-gonad showed the highest biomass (up to 10470 mg in June).

Biochemical Analysis

- Proteins: The primary substrate in the digestive gland-gonad and muscle, peaking in August.
- Carbohydrates: Reached a maximum in the mantle in February 82.5%, then decreased significantly, indicating utilization during spawning.
- Lipids: Peaked in the digestive gland-gonad in March 38% (Figure 1).

Histology and Reproductive Dynamics: Of 100 individuals, 91 were sexed (36 males, 55 females). Spawning (Stage IV) was observed throughout the year but was most intense during the dry season February–March (Figure 2). *C. corteziensis* exhibits its most intense reproductive period when temperatures drop below 20 °C and salinity rises due to the upwelling caused by trade winds in the Gulf of Panama.

Figure 1.

Comparative summary of biochemical peak: maximum levels and tissue distributions.

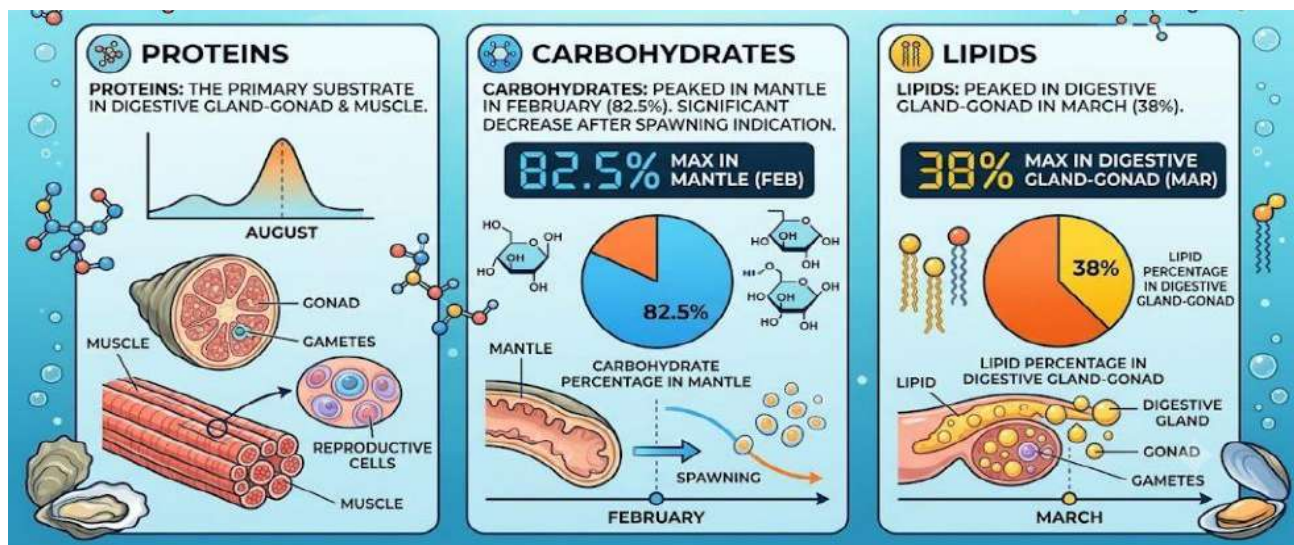
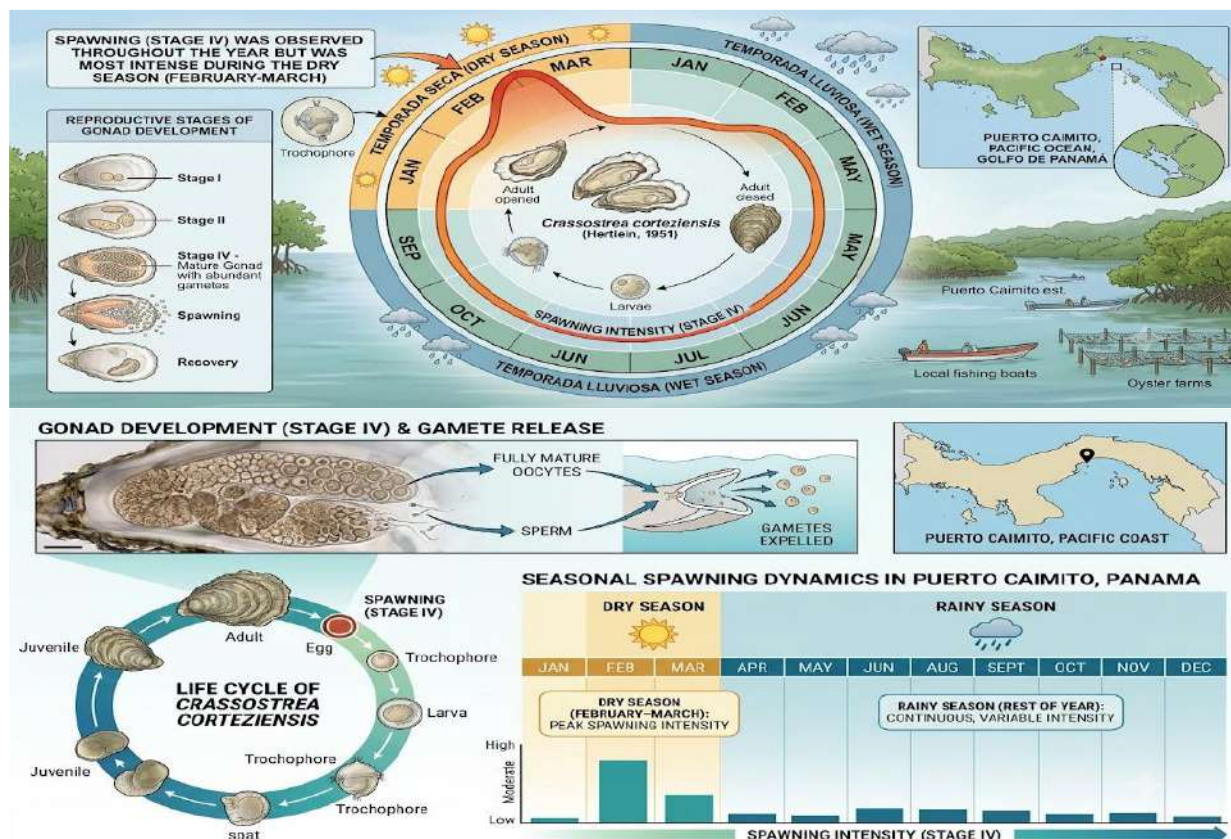


Figure 2.

Most intense breeding period of *Crassostrea corteziensis* in Puerto Caimito, Chorrera, in the Pacific of Panama.



Conclusions

Digestive gland and the adductor muscle are the primary nutrient storage structures for *C. corteziensis*. There is a direct relationship between these two organs in the reproductive process. During the summer upwelling, the abundance of nutrients allows the oysters to reach their maximum reproductive development. In the rainy season, while the muscle accumulates energy, the digestive gland-gonad maintains low nutrient levels, suggesting the construction of new reproductive tissue while storing energy for the final stages of reproduction.

Bibliographic

- Angel, C. (1972). Maduración gonádica y fijación de *Crassostrea rhizophorae* en una laguna hipersalina del Nororiente de Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 23, 215-240.
- Bacon, P. (1971). Studies on the biology and cultivation of the mangrove oyster in Trinidad with another shellfish resources. *Tropical Science*, 12, 265-278.
- Barber, B. J., & Blake, N. J. (1981). Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 52, 121-134.
- Bargenton, M. (1943). Modifications histologiques de la zone des gonades après la ponte chez *Gryphaea angulata* Lamk. *Bulletin Biologique de la France et de la Belgique*, 77, 97-103.
- Batista, M., & Morales, L. (1992). *Efecto de la luz en un modelo simplificado para la cuantificación del fitoplancton bentónico y su importancia sobre bivalvos marinos de valor comercial* [Tesis de licenciatura, Universidad de Panamá]. 93 pp.
- Bayne, B. L. (1976). *Marine mussels: Their ecology and physiology*. Cambridge University Press. 506 pp.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. F. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.
- D'Croz, L., Del Rosario, J. B., & Gómez, J. A. (1991). Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Revista de Biología Tropical*, 39(2), 233-241.
- Dinamani, P. (1974). Reproductive cycle and gonadal changes in the New Zealand rock oyster, *Crassostrea glomerata*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 8(1), 39-65.

- Dubois, M. K., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- Fay, C. N., & Pardure, G. (1983). *Bay Scallop*. Fish and Wildlife Service.
- Fernández, N., & Mattio, V. N. (1987). Biochemical composition, condition index, and energy value of *Ostrea puelchana*, relationships with the reproductive cycle. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 108(2), 113-126.
- Forsberg, E. (1969). On the climatology, oceanography and fisheries of the Panama Bight. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 14(2), 49-109.
- Gabbott, P. A. (1975). Storage cycles in marine bivalve molluscs: a hypothesis concerning the relationship between glycogen metabolism and gametogenesis. En H. Barnes (Ed.), *Ninth European Marine Biology Symposium* (pp. 191-211). Aberdeen University Press.
- Gabbott, P. A. (1983). Development and seasonal metabolic activities in marine molluscs. En P. W. Hochachka (Ed.), *The Mollusca, Vol 2* (pp. 165-217). Academic Press.
- Giese, A. C. (1959). Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Annual Review of Physiology*, 21, 547-576.
- Giese, A. C. (1966). Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiological Reviews*, 46(2), 244-298.
- Giese, A. C. (1967). Some methods for study of the biochemical constitution of marine invertebrates. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 5, 159-186.
- Gómez, J. A. (1991). *Inducción a la reproducción y cambios en la composición química en Pecten ziczac, acondicionados a los períodos de reproducción activa y reposo sexual de las poblaciones naturales* [Tesis de maestría, Universidad de Oriente, Instituto de Oceanografía de Venezuela]. 80 pp.
- Gómez, J. A., & Villaláz, J. R. (1988). Ciclo anual de maduración sexual de la conchuela *Argopecten circularis*. *Scientia*, 3(1), 67-77.
- Gómez, J. A., & Villaláz, J. R. (1989a). *Estudio del crecimiento en cautiverio y en forma natural de juveniles de conchuela Argopecten circularis* (Informe final). CIDCYT, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá. 14 pp.
- Gómez, J. A., & Villaláz, J. R. (1989b). *Análisis de los métodos utilizados en la determinación de proteína y carbohidratos en las conchuelas Argopecten circularis y Argopecten irradians*. CIDCYT, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá. 1-29 pp.

- Hopkins, A. E. (1937). Experimental observations on spawning, larval development and settling in the Olympia Oyster *Ostrea lurida*. *Bulletin of the Bureau of Fisheries*, 48(23), 439-503.
- Humason, G. L. (1972). *Animal tissue techniques* (3ra ed.). W. H. Freeman & Co. 149 pp.
- Imai, T., & Sakai, S. (1961). Study of breeding of japanese oyster (*Ostrea gigas* Thunberg). *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 12, 125-163.
- Jørgensen, C. B. (1976). Growth efficiencies and factors controlling size in some mytilid bivalves, especially *Mytilus edulis* (L.): Review and interpretations. *Ophelia*, 15(2), 175-192.
- Keen, A. M. (1971). *Sea shells of tropical West America*. Stanford University Press. 1064 pp.
- Kennedy, A. V., & Battle, H. I. (1964). Cyclic changes in the gonad of the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Canadian Journal of Zoology*, 42(2), 305-321.
- Le Dantec, J. (1968). Écologie et reproduction de l'huître portugaise (*Crassostrea angulata* Lamarck) dans le bassin d'Arcachon et sur la rive gauche de la Gironde. Seconde Partie. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 32(3), 301-359.
- Loosanoff, V. L. (1942). Seasonal gonadal changes in the adult oysters, *Ostrea virginica*, of Long Island Sound. *The Biological Bulletin*, 82(2), 195-206.
- Mattox, N. T. (1949). Studies on the biology of the edible oyster, *Ostrea rhizophorae* Guilding, in Puerto Rico. *Ecological Monographs*, 19(4), 339-356.
- Muñoz, E. (1984). *Métodos para calcular la producción de la almeja Protothaca asperrima de la Bahía de Panamá*. Conferencia en el III Encuentro Científico de Estudiantes de Biología, Universidad de Panamá.
- Odum, E. P. (1968). Energy flow in ecosystems: A historical review. *American Zoologist*, 8(1), 11-18.
- Odum, E. P. (1971). *Environment, Power, and Society*. Wiley. 331 pp.
- Pratt, D. M., & Campbell, D. A. (1956). Environmental factors affecting growth in *Venus mercenaria*. *Limnology and Oceanography*, 1(1), 2-17.
- Quayle, D. B. (1980). *Ostras tropicales: Métodos de cultivo*. CIID. 84 pp.
- Ruíz, M. F. (1980). Ciclo gonádico de la *Ostrea corteziensis*. *Memoria del 2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura*, Tomo II, 1231-1280.
- Sáenz, B. A. (1965). El ostión antillano *Crassostrea rhizophorae* y su cultivo experimental en Cuba. *Boletín del Centro de Investigaciones Pesqueras (Cuba)*, 6, 1-32.



- Sastry, A. N. (1974). Pelecypoda: Reproduction. En A. C. Giese & J. S. Pearse (Eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates: Volume V* (pp. 279-293). Academic Press.
- Sastry, A. N. (1975). Physiology and ecology of reproduction in marine invertebrates. *Physiological Zoology*, 45, 46-47.
- Stephen, D. (1980). The reproductive biology of the Indian oyster, *Crassostrea madrasensis* (Preston). II. Gametogenic cycle and biochemical levels. *Aquaculture*, 21(2), 147-153.
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, 167, 310 pp.
- Vélez, A. R. (1976). Crecimiento, edad y madurez sexual del ostión *Crassostrea rhizophorae* de la Bahía de Mochima. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*, 15(1), 65-72.
- Vélez, A. R. (1977). Ciclo anual de reproducción del ostión *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) de la Bahía de Mochima. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*, 16(1-2), 87-98.
- Vélez, A. R., & Epifanio, C. E. (1981). Effects of temperature and ration on gametogenesis and growth in the tropical mussel *Perna perna* (L.). *Aquaculture*, 22, 21-26.
- Villaláz, J. R., & Gómez, J. A. (1984). *Efecto combinado de luz y temperatura sobre las tasas de crecimiento de Isochrysis aff. galbana (T-ISO) y Chaetoceros gracilis*. CIDCYT, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá. 10 pp.
- Wilson, B. R., & Hodgkin, E. P. (1967). A comparative account of the reproductive cycles of five species of marine mussels (Bivalvia: Mytilidae) in the vicinity of Fremantle, Western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 18(2), 175-203.

Fauna diversity of wild mammals in forest fragments on Santa Ana, Los Santos, Panamá

Diversidad faunística de mamíferos silvestres en fragmentos boscosos de Santa Ana, Los Santos, Panamá

Virgilio Villalaz

Universidad de Panamá, Panamá

virgilio.villalaz@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0692-1420>

Hedilberto Villalaz

Cooperativa Salineros Santeños S.A., Panamá

hedilbertovillalaz@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-3734-3402>

Félix Camarena

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Panamá

felix.camarena@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Recepción: 23 abril de 2026

Aprobación: 18 agosto 2026.

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11389>

Abstract

This work studies the faunal diversity in forest fragments of Santa Ana, Los Santos, Panama. Focuses on the study of biodiversity. Sampling was carried out at 12 different stations, each located in tropical dry forest fragments in the area. In total, 11 species, 10 genera, and 8 families of wild mammals were recorded by camera traps, and 208 individuals were reported. Of these, 60 (29%) were common opossums, followed by armadillos with 48 (23%), and murids with 32 (15%). The least abundant were the gray fox and the Central American squirrel, both with a single individual. These forest fragments are in different stages of fragmentation, allowing an assessment of how fragmentation affects biodiversity. This study contributes to the understanding of the impacts of deforestation and the identification of strategies for their conservation and restoration.

Keywords: deforestation, diversity, ethology, fragmentation, Santa Ana de Los Santos.

Resumen

Este trabajo estudia la diversidad faunística en fragmentos boscosos de Santa Ana, Los Santos, Panamá. Se centra en el estudio de la biodiversidad. Se realizaron muestreos en 12 estaciones diferentes, cada una situada en fragmentos de bosque seco tropical de la zona. En total, se registraron 11 especies, 10 géneros y 8 familias

de mamíferos silvestres en cámara trampa y se reportaron 208 individuos de los cuales 60 (29%) eran Zarigüeyas comunes, seguidas de Armadillos con 48 (23%) y Múridos con 32 (15%). Los menos abundantes fueron el Zorro gris y la Ardilla centroamericana, ambos con un solo individuo. Estos fragmentos de bosque se encuentran en diferentes etapas de fragmentación, lo que permite evaluar cómo la fragmentación afecta la biodiversidad. Este estudio contribuye a la comprensión de los impactos de la deforestación e identificación de estrategias para su conservación y restauración.

Palabras clave: Deforestación, diversidad, etología, fragmentación, Santa Ana de Los Santos.

Introducción

La biodiversidad es un tema de gran relevancia en la actualidad, ya que el cambio climático se ha convertido en una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en todo el mundo. Según un estudio reciente, el cambio climático podría convertirse en la principal causa del declive de biodiversidad, superando incluso el cambio de uso del suelo como la principal amenaza. Avia (2009). Este cambio climático tendrá importantes efectos sobre la biodiversidad en América Latina, acelerando la pérdida de especies de flora y fauna, el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de los bienes y servicios de los ecosistemas. Además, se prevé que el cambio climático provocará una pérdida generalizada de biodiversidad en el sur de Europa, donde la diversidad biológica es más vulnerable debido a la exposición a cambios climáticos más intensos. Alonso (2013). La fragmentación del bosque seco tropical en la Península de Azuero es un problema grave que ha sido causado principalmente por la agricultura y otros proyectos humanos, reduciendo el bosque a islas dispersas que obstaculizan los movimientos naturales de muchas especies. Proyecto Ecológico Azuero. (2020).

Un estudio en el Parque Nacional Santa Fé utilizando tecnologías avanzadas como drones, ha evidenciado la fragmentación de los bosques en esa área protegida, lo que tiene impactos negativos en la biodiversidad al aislar especies y hacerlas más vulnerables a la extinción. Camarena & Camargo, (2024) La fragmentación de los bosques en la Península de Azuero afecta la biodiversidad local, incluyendo especies amenazadas como el mono araña de Azuero. Para abordar esto, se está desarrollando un proyecto para crear un corredor biológico de 140 km que conecte diferentes fragmentos de bosque seco tropical, la fragmentación del bosque seco tropical es un problema grave en la Península de Azuero, Panamá, que requiere estrategias de conservación y restauración para mantener la integridad de estos ecosistemas y su biodiversidad. Mongabay (2014).

En el contexto específico de Panamá, el país cuenta con una biodiversidad única y rica, con una gran

variedad de ecosistemas y especies que se encuentran en peligro de extinción debido al cambio climático. El bosque seco tropical, en particular, es un ecosistema crítico que se encuentra en declive debido a la deforestación y la fragmentación, lo que afecta negativamente a la biodiversidad local. En este sentido, es fundamental estudiar y comprender la biodiversidad en estos ecosistemas para desarrollar estrategias efectivas para su conservación y restauración. Quintero (2016).

La presente investigación se centra en el estudio de la biodiversidad en el corregimiento de Santa Ana, Distrito de Los Santos, Provincia de Los Santos, Panamá. Se realizaron muestreos en 12 estaciones diferentes, cada una situada en fragmentos de bosque seco tropical que existen en la zona. Estos fragmentos de bosque se encuentran en diferentes etapas de fragmentación, lo que permite evaluar cómo la fragmentación afecta la biodiversidad en diferentes grados. Este estudio busca contribuir a la comprensión de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad en la región y a la identificación de estrategias efectivas para su conservación y restauración. Identificar diversidad faunística en fragmentos boscosos de Santa Ana, Los Santos, Panamá, debido al Cambio Climático.

Material y métodos

Ubicación

Figura 1

Ubicación del área de estudio y localización de las estaciones de campo.



Fuente: Extraído de Google Earth Pro-7.3.6.9796

Como muestra en la figura 1, esta investigación se realizó en el corregimiento de Santa Ana, Distrito de Los Santos, Provincia de Los Santos, Panamá, en 12 estaciones diferentes de muestreo, cada una situada en fragmentos de bosque seco tropical que existen en la zona.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó por medio de utilización de cámaras trampa en cada una de las estaciones de muestreo. Las cámaras se colocaron aleatoriamente con tiempo indefinido entre una estación y otra. Para colocarlas en primer lugar se buscó un lugar abierto dentro de la estación donde los animales pudieran caminar, luego se buscó el tronco de algún árbol o arbusto y se limpió el área donde iba la cámara, luego se amarró al tronco a aprox. 1 m de altura, se programó y encendió para que captara todos los animales que pasaran delante de ella durante los días que estuviera en funcionamiento. Una vez pasado un tiempo aprox. de 15 a 40 días, se desinstalaba la cámara. Una vez desinstalada se extraían los datos de la memoria micro SD, se analizaban, se guardaban las fotografías y se limpiaba la tarjeta en el caso que fuera necesario. Posteriormente se colocaban las tarjetas nuevamente en las cámaras y se llevaba a la siguiente estación de muestreo.

La metodología usada para la instalación y toma de datos de las cámaras se basó en la utilizada por Josué Ortega, Ortega, et al; (2021).

El estudio tuvo una duración total de 2 años y 7 meses, de diciembre de 2021 a julio de 2024, aunque las cámaras no grabaron corridamente, pues en ocasiones se desprogramaban mientras estaban colocadas o se demoraba un tiempo en colocarla de una estación a otra.

Se utilizaron dos cámaras de la marca Blaze Video camuflajeadas con sensores de calor, movimiento y luz infrarroja para la captura de los datos y fotografías de las especies. Estos se analizaron en computadoras portátiles de la marca Toshiba modelo Satélite y una Asus X515.

Resultados

Diversidad. A continuación, se muestran las distintas especies registradas durante el estudio

Tabla 1

Especies de mamíferos silvestres capturados con cámaras trampa en bosque fragmentados de Santa Ana, Los Santos Panamá

Infraclasse	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común
Marsupialia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis</i>	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorra, Zarigüeya común
			<i>Marmosa</i>	<i>M. robinsoni</i>	Zarigüeya lanuda
Placentalia	Cingulata	Dasyopodidae	<i>Dasyopus</i>	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas, Armao
	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua</i>	<i>Tamandua mexicana</i>	Hormiguero, hormiguero de chaleco
	Carnivora	Felidae	<i>Herpailurus</i>	<i>Herpailurus yagouarundi</i>	Yaguarundi, Panterita
		Procyonidae	<i>Procyon</i>	<i>P. lotor</i>	Mapache norteamericano, Gato conchero
				<i>P. cancrivorus</i>	Mapache Suramericano, Gato manglatero
		Canidae	<i>Canis</i>	<i>Canis latrans</i>	Coyote
			<i>Cerdocyon</i>	<i>C. thous</i>	Zorro gris, Perrito de la montaña
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus</i>	<i>Sylvilagus gabbi</i>	Conejo muleto
	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla Centroamericana
		Muridae			Ratones

En total se registraron 11 especies de mamíferos silvestres distribuidas en 10 géneros, 8 familias, 6 órdenes y 2 infraclass. Las familias más abundantes fueron, Didelphidae, Canidae, y Procyonidae con 2 especies cada una. El orden más diverso fue Carnivora con 3 familias, 4 géneros y 5 especies (45 %) del total. Cabe destacar que el reporte del Zorro gris es sumamente significativo, pues equivale al primer registro fotográfico en cámaras trampa de esta especie en Panamá, lo que indica la importancia de la zona como refugio para la fauna silvestre.

El índice de Shannon Wiener arrojó un valor de 1.998 lo cual indica que la diversidad es prácticamente media, aun localizándose en el arco seco de Azuero, la zona más devastada, caliente y seca del país. Por su parte el índice de dominancia de Simpson arrojó un total de 0.176, lo cual indica que la dominancia es baja y la diversidad arroja un total de 0.824, lo cual indica que la diversidad es alta, relacionada a la abundancia total.

Figura 2

En sentido de las agujas del reloj. Esquina superior derecha, Yaguarundi, *Herpailurus yagouarundi*, caminando; Armadillo, *Dasypus novemcinctus*, buscando comida entre la hojarasca; Múrido bajando por una rama de agallo; Zarigüeya común, *Didelphis marsupialis*, olfateando y observando el área; Hormiguero, *Tamandua mexicana*, olfateando en busca alimento; Mapaches norteamericanos, *Procyon lotor*, husmeando la cámara.



Figura 3

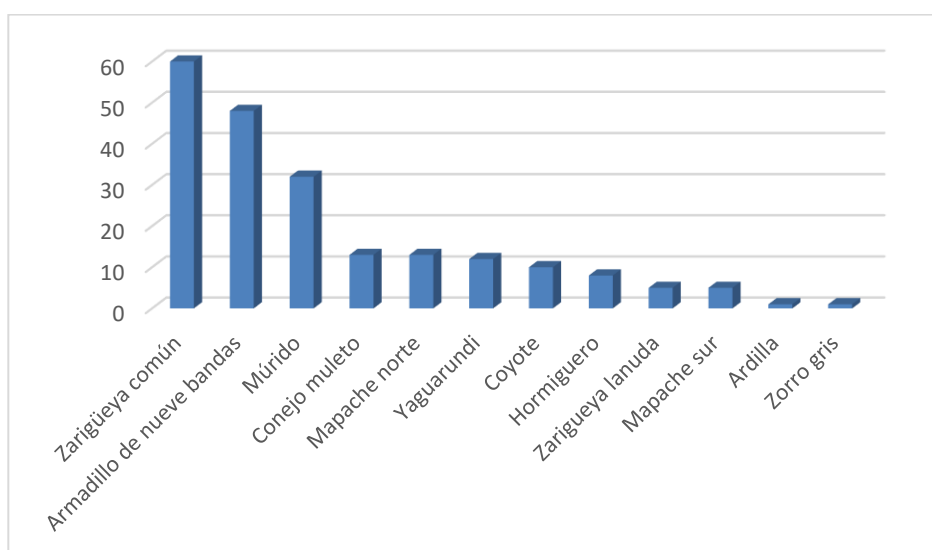
En sentido de las agujas del reloj. Esquina superior derecha. Conejo muleto, acicalándose; Zorro gris observando el área; Zarigueya lanuda, Marmosa robinsoni, escalando una rama; Ardilla centroamericana, *Sciurus variegatoides*, bajando de un árbol de agallo para cruzarse a otro árbol; Mapaches sudamericanos, *Procyon cancrivorus*, pasando por el área; Coyote trotando en el bosque.



Abundancia. En total se registraron 208 individuos de mamíferos silvestres en cámara, de los cuales 60 (29%) eran Zarigüeyas comunes, seguidas de armadillos con 48 (23%) y múridos con 32 (15 %). Los menos abundantes fueron el Zorro gris y la ardilla centroamericana, ambos con un solo individuo.

Figura 4

Abundancia de mamíferos silvestres capturados con cámaras trampa en bosque fragmentados de Santana, Los Santos Panamá.



Temporada. El año se dividió en 2 temporadas, seca, de diciembre a abril y lluviosa, de mayo a noviembre.

6 de las 11 especies (55 %), al igual que los múridos, se registraron tanto en temporada seca como lluviosa, estas fueron zarigüeya común, armadillo, hormiguero, coyote, yaguarundi, mapache norteamericano. El Zorro gris y conejo muleto solo documentaron en estación seca; por su parte la ardilla, el mapache sur y la zarigüeya lanuda solo se registraron en temporada lluviosa.

El animal con mayor presencia durante el año fue el armadillo registrándose 9 meses al año seguido de la zarigüeya común con 8 meses. Esto indica que las estaciones del año no influyen en la presencia de mamíferos silvestres.

Figura 5

Presencia de mamíferos silvestres capturados con cámaras trampa durante los meses del año en bosque fragmentados de Santa Ana, Los Santos Panamá

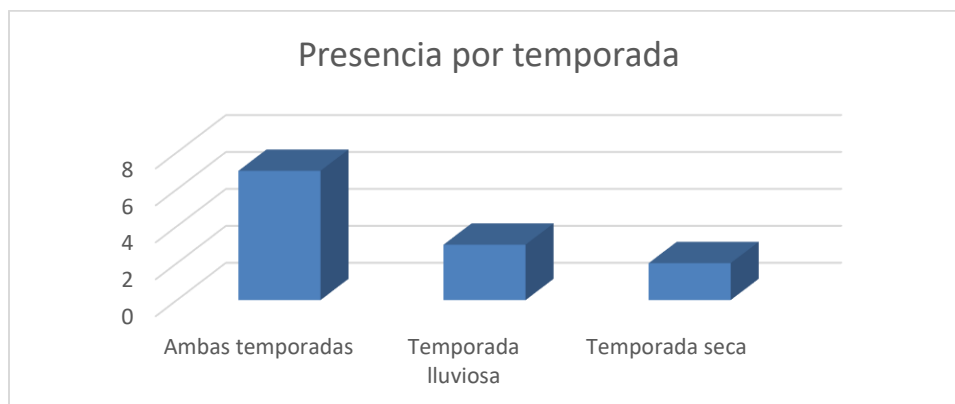


Figura 6

Presencia de mamíferos silvestres durante los meses del año



Horarios. Las horas de actividad se dividieron en 2 horarios, diurno, de 6: 30 am a 6: 30 pm y nocturno de 6: 31 pm a 6: 29 am.

Los múridos, zarigüeya, zorro gris, hormiguero, conejos muletos, zarigüeya lanuda y mapache sudamericano se registraron todos en horario nocturno.

Además, se registraron en horario nocturno los siguientes individuos de distintas especies: 47 de 48 armadillos (98%), 2 de 8 coyotes (80%) y 8 de 13 mapaches norteamericanos (62 %).

Los animales que prefieren horarios diurnos son el Yaguarundi con 10 de 12 individuos (83 %), pero todos se divisaron entre los 7: 59 am y antes de las 7:00 pm, lo que claramente indica que es una especie activa durante el día, y la ardilla centroamericana que el único individuo se registró de día. La especie con rango de horario más alto es el mapache norteamericano, documentándose tanto de día como de noche.

En total de los 208 individuos registrados, 189 (91 %) se documentaron en horario nocturno, lo que obviamente indica la preferencia de los mamíferos silvestres a ser activos durante la noche, probablemente para evitar a los humanos.

De esta manera, es más fácil leer y comparar los rangos de actividad de cada especie.

Tabla 2

Comparación de los rangos de actividad de cada especie.

Especie	Hora de Inicio	Hora de Fin
Múridos	7:22 pm	5:37 am
Zarigüeya	6:54 pm	5:57 am
Ardilla	9:51 am	-
Conejos muletos	6:42 pm	6:10 am
Mapaches	12:33 pm	6:42 am
Yaguarundi	7:59 am	6:34 pm
Zarigüeya lanuda	10:40 pm	1:25 am
Armadillo	7:31 pm	10:34 am
Hormiguero	7:47 pm	6:20 am
Coyote	8:11 pm	12:33 pm
Zorro gris	11:34 pm	-
Mapache sur	8:55 pm	1:22 am

Temperatura. los múridos, conejos muletos, armadillos, hormigueros, mapaches sudamericanos, zorro gris, zarigüeya lanuda y ardilla se registraron todos en temperaturas inferiores a los 30 °C; 59 de las 60 zarigüeyas (98%), 12 de los 13 mapaches norteamericanos (92%) y 9 de 10 coyotes (90 %) se registraron por debajo de 30 °C. El único mamífero que prefería las altas temperaturas fue el

Yaguarundi, con 8 de 12 (67%) individuos registrándose de 30 °C en adelante.

El rango de temperatura en el que se registraron los mamíferos va desde 21 °C, siendo la temperatura más baja, hasta 36 °C, con un rango de 15 °C.

De los 208 individuos de todo el estudio, 198 (95%) se registraron a T° inferiores a 30 °C, lo que muy claramente indica que las especies de mamíferos silvestres de la región son más activos a temperaturas frescas y más agradables.

Tabla 3

Rangos de temperaturas para cada especie estudiada

Especie	Rango de Temperatura (°C)
Múridos	22-29
Conejos muletos	23-29
Zarigüeya común	21-32
Armadillos	23-29
Mapache norte	23-29
Yaguarundi	25-36
Ardilla	26
Hormiguero	24-28
Coyote	24-32
Zarigueya lanuda	25-28
Mapache Sur	25-29
Zorro gris	26

Nota: Los rangos de temperatura se presentan en la columna "Rango de Temperatura (°C)"

Tabla 4

La etología de las especies observadas

Especie	Comportamiento Observado
Coyote	Pasaban trotando o caminando, una vez se vio observando el área. Una vez en grupo de 3 individuos uno detrás del otro.
Armadillo	Caminando, alimentándose entre la hojarasca
Zarigüeya común	De pasada, algunas veces olfateando el ambiente o la cámara, una vez nerviosa, con intención de subirse a un árbol. Se captó una hembra con una cría muy grande en su espalda. A veces buscando alimento.

Zarigüeya lanuda	Ya que es un animal arborícola esta se pudo captar gracias a un cebo de frutas de mango que se puso en la estación, bajaba atraída por el olor y rápidamente subía por las ramas.
Ardilla	Se captó un individuo que bajó del tronco de un árbol, curiosamente se subió al otro árbol, escalando por la cámara.
Conejos muletos	Tranquilos se veían con calma delante de la cámara, olfateando y buscando alimento, dando pequeños brincos, e inclusive acicalándose. Solo se vieron en una estación, que se encontraba muy cerca del poblado, posiblemente para evitar depredadores como coyotes y yaguarundis.
Yaguarundi	Caminando, corriendo, observando aves (posiblemente cazando)
Zorro gris	un individuo caminando, se detuvo a observar y estudiar el lugar.
Mapaches Norteamericanos	curiosos, varias ocasiones olfateaban y observaban la cámara, otras veces solo caminaban de paso, a veces en grupos de hasta 3 individuos.
Mapaches sudamericanos	Caminando (en pareja)
Múridos	Pasaban caminando o dando brincos delante de la cámara, posiblemente buscando alimento, inclusive escalando ramas
Hormiguero	Pasaban lentamente delante de la cámara, otras veces olfateando en busca alimento y observando el área

Discusión

En total se registraron 208 individuos de mamíferos silvestres en cámara, de los cuales 60 (32%) eran Zarigüeyas comunes, seguidas de armadillos con 48 (23%) y múridos con 32 (15 %). Los menos abundantes fueron el Zorro gris y la ardilla centroamericana, ambos con un solo individuo.

El estudio de los mamíferos silvestres en Panamá es donde centra en la importancia de la mastozoología para la conservación y el estudio de estas especies. Samudio y Pino, en su trabajo "Historia de la mastozoología en Latinoamérica, las Guayanas y el Caribe" de 2014, destacan la necesidad de una comprensión más profunda de la biodiversidad y la distribución de las especies en el país, lo que permitiría implementar estrategias efectivas para su conservación. La investigación en cámara registró un total de 183 individuos de mamíferos silvestres, con las Zarigüeyas comunes como las especies más comunes, seguidas de armadillos y múridos. Los menos abundantes fueron el Zorro gris y la ardilla centroamericana, ambos con un solo individuo. Estos resultados pueden ser utilizados

para identificar áreas críticas para la conservación y desarrollar planes de manejo que protejan a las especies más comunes y amenazadas. Los resultados pueden ser utilizados para identificar áreas críticas para la conservación y para desarrollar planes de manejo que protejan a las especies más comunes y amenazadas. Los resultados de la investigación en cámara son un paso importante hacia la implementación de estrategias efectivas para la conservación de estas especies.

Además, Guevara y Aguilar (2020); En su estudio sobre el inventario de mamíferos terrestres y arborícolas en la Reserva del Valle Mamoni, encontraron que la especie más abundante fue el ñeque, seguida de especies como el jaguar, puma, mono araña y perrito de monte. En contraste Araúz et al. (2001-2002); En su investigación sobre la riqueza de especies de mamíferos no voladores en la región central de Panamá, registraron 45 especies, incluyendo marsupiales, xenarthros, primates, roedores, carnívoros y ungulados. Entre estas especies, 28 están consideradas bajo algún grado de amenaza; otro estudio sobre la diversidad de mamíferos y los impactos humanos en el Parque Nacional Portobelo, encontraron que las especies dominantes fueron el ñeque y el mono araña, mientras que las especies raras fueron el jaguar y el puma. Fuentes, et al; (2024).

Yarugundi (2023); En su investigación sobre el uso de cámaras trampa para el estudio de la avifauna en la República de Panamá, registraron 13 especies de aves, pertenecientes a 10 familias y ocho órdenes, donde el orden Galliformes presentó la mayor riqueza de especies.

Las cámaras trampa han sido utilizadas en la región de Los Santos, Panamá, para monitorear y registrar la presencia de especies silvestres, incluyendo el yaguarundí (*Herpailurus yaguarondi*). El yaguarundí se encuentra en la región boscosa del istmo de Panamá, con pocos registros en la región de la península de Azuero, suroeste de Panamá. En particular, se ha registrado su presencia en el sitio de estudio Bosque Comunal el Colmón de Macaracas, ubicado en la provincia de Los Santos. Un estudio realizado en este sitio utilizó 4 cámaras trampa para registrar la presencia del yaguarundí. Durante un período de tres meses, se obtuvieron datos cada 15 días y se capturaron seis visuales del yaguarundí en cuatro de los siete sitios de observación. Arosemena, et al; (2022).

En cuanto a temporalidad podemos argumentar que La división del año en dos temporadas, seca y lluviosa, se menciona como sigue: Temporada seca: Diciembre a abril y Temporada lluviosa: Mayo a noviembre.

Se destacan las siguientes especies y sus patrones de presencia en cada temporada: Especies comunes en ambas temporadas: Zarigüeya, Armadillo, Hormiguero, Coyote, Yaguarundi, Mapache norte. Especies solo presentes en temporada seca: Zorro gris, Conejo muleto Especies solo presentes en temporada lluviosa: Ardilla, Mapache sur, Zarigüeya lanuda. Especies con mayor presencia durante el año: Armadillo (9 meses),

Zarigüeya (8 meses),

La etología de varias especies de animales, incluyendo su comportamiento, patrones de alimentación y movimientos. Para contrastar esta información con la literatura sobre etología, consideramos los siguientes puntos:

-Coyote: Los coyotes son animales sociales que viven en grupos familiares y que su comportamiento se caracteriza por la exploración y la caza lo que contrasta con Marc Bekoff, un etólogo estadounidense conocido por sus estudios sobre el comportamiento de los coyotes y otros animales. Bekoff ha publicado varios libros y artículos sobre la etología de los coyotes y ha descubierto que los cachorros de coyote pueden desarrollar habilidades morales y sociales complejas, como la cooperación y la empatía. Bekoff, M. (2007)

-Armadillo: son animales solitarios que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio. Salinas, R., & Stalin, O. (2023).

-Zarigüeya común: Son animales solitarios que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio. Sánchez, F. (2021). Oliveros, F. J. F., & Serna, C. V. (1902).

-Zarigüeya lanuda: Son animales arborícolas que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio. Bianchini, J. J., et al; (2020), Oliveros, F. J. F., & Serna, C. V. (1902).

-Ardilla: Son animales sociales que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio. Lajo Salazar, R. L. (2015).

-Conejos muleros: Son animales sociales que se alimentan de plantas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio. McBride, E. A. (2023).

-Yaguarundi: Son animales solitarios que se alimentan de pequeños mamíferos y aves y que su comportamiento se caracteriza por la caza y la defensa de su territorio. Arosemena et al (2022)

-Zorro gris: Basándose en Reid F., (2009), estos zorros son animales solitarios que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio.

-Mapaches Norteamericanos: La etología de los mapaches norteamericanos se ha estudiado en Reid F., (2009). Se menciona que son animales solitarios que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio.

-Mapaches sudamericanos: Arispe R. et. al. (2008) indica que esta especie habita desde bosques húmedos hasta secos, bordes de sabanas y otros hábitats cerca de ríos, arroyos o lagunas donde se alimenta de moluscos, artrópodos, anfibios, reptiles, aves, peces, y frutos

-Múridos: como indica Cantillo J. et. al. (2011) el desequilibrio ecológico provocado por el hombre al alterar los ecosistemas naturales, establecer monocultivos y destruir los hábitats de los depredadores de roedores, unido a otros fenómenos naturales han provocado el incremento de poblaciones, aumento en las áreas de dispersión, cambios en las distribuciones de roedores murinos.

-Hormiguero: Son animales solitarios que se alimentan de insectos y frutas y que su comportamiento se caracteriza por la búsqueda de alimento y la defensa de su territorio. (Reid F., 2009) En general, la información proporcionada coincide con la literatura sobre etología en cuanto a los patrones de comportamiento y alimentación de las especies estudiadas.

Las cámaras trampa han sido utilizadas en la región de Los Santos, Panamá, para monitorear y registrar la presencia, diversos comportamientos de las especies y su uso es fundamental para la conservación efectiva de la biodiversidad y el impulso del turismo rural comunitario. El cambio climático ha tenido un gran impacto en la naturaleza en general en los últimos años, las temperaturas y el nivel del mar han aumentado drásticamente, la precipitación por su parte ha disminuido y esto

sumado a la tala indiscriminada de los bosques tropicales, han ocasionado la pérdida de hábitat para distintas especies de mamíferos silvestres en toda Latinoamérica. Por esta razón es vital conservar los últimos refugios y fragmentos de bosque seco que quedan en el país.

Conclusiones

- En total se registraron 11 especies de mamíferos silvestres distribuidas en 10 géneros, 8 familias, 6 órdenes y 2 infraclasses
- Se documentaron 208 individuos de mamíferos silvestres en total captados en cámara
- Del total de individuos del estudio, el 95% se registraron a T° inferiores a 30 °C
- El 91 % de los mamíferos silvestres se documentaron en horario nocturno
- El 55 % de las especies, al igual que los múridos, se registraron tanto en temporada seca como lluviosa, 3 especies solo en lluviosa y dos especies solo en seca

Agradecimientos

Gracias al biólogo e investigador del Smithsonian Josué Ortega y a Andreina Pernía del Centro Regional Ramsar para el Hemisferio Occidental por la realización del taller de uso y colocación de cámaras trampa en Pedasí, del que se obtuvo la información necesaria para la realización de este trabajo y compartir sus vastos conocimientos sobre la fauna panameña. Gracias además a Kerlot Rodríguez, Esteban Gutierrez, Ángel Ortiz y Trinidad Delgado por participar en el estudio.

Referencias

- Alonso, J. A. (2013). *El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Editorial Club Universitario. [El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático ... - José Amestoy Alonso - Google Libros](#)
- Arispe, R., Venegas, C., & Rumiz, D. (2008). Abundancia y patrones de actividad del mapache (*Procyon cancrivorus*) en un bosque chiquitano de Bolivia. *Mastozoología neotropical*, 15(2), 323-333. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0327-93832008000200018&script=sci_arttext
- Arosemena, P., Lourdes, E., Saucedo, E., & Camarena, F. (2022). Macaracas, Los Santos, Panamá. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/224/2243351002/2243351002.pdf>
- Avia, M. L. (2009). El cambio climático global y su impacto en la biodiversidad mundial y española. *Cambio climático, ¿un desafío a nuestro alcance?: XIII Jornadas Ambientales JORNADAS AMBIENTALES (13a. 2008. Salamanca. España)*, 151, 105. [Cambio climático, ¿un desafío a nuestro alcance?: XIII Jornadas Ambientales ... - Jose Antonio Ruiz Díaz - Google Libros](#)
- Bekoff M. (2007). Etologia del gioco. Enciclopedia della Scienza e della Tecnica. [https://www.treccani.it/enciclopedia/etologia-del-gioco_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/etologia-del-gioco_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)
- Bekoff, M. Etologia del gioco. (2007)
- Bianchini, J. J., Cervino, C. O., Delupi, L. H., Affanni, J. M., & Iodice, O. H. (2020). Algunas observaciones sobre el comportamiento social de la zarigüeya sudamericana *Didelphis albiventris* (Marsupialia: Didelphidae) en cautiverio. <https://repositorio.unimoron.edu.ar/handle/10.34073/214>
- Camarena, F., & Camargo, A. D. (2024). Identificación de fragmentación boscosa con tecnologías robóticas avanzadas (vant) en un segmento del parque nacional santa fé, veraguas, panamá 2024. *Revista Semilla del Este*, 4(2), 54-67. [Identificación de fragmentación boscosa con tecnologías robóticas avanzadas \(vant\) en un segmento del parque nacional santa fé, veraguas, panamá 2024 - Dialnet \(unirioja.es\)](#)
- Cantillo J., Contreras, N. H., Ibañez, A. C., Álvarez, V. B., & Martínez, J. A. (2011). Dinámica poblacional de mурidos (ratas) en dos localidades de Ciudad la Habana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(11), 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63622049013.pdf>
- Fuentes, R., Zea, I., Baules, A., Barría, E., Ashcroft, J., Ortega, I., ... & Añino, Y. (2024). Diversidad de mamíferos e impactos humanos en el Parque Nacional Portobelo, Corredor Biológico Colón, Panamá. <https://mammalia-aequatorialis.org/index.php/boletin/article/view/70>

- Guevara A. (2023). Uso de cámaras trampa como método para el estudio de la avifauna en la República de Panamá. *Visión Antataura*, 7(1), 1-10. DOI: 10.15517/2254439003.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9065663>
https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=oHJqJzvVdQoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=La+etolog%C3%ADa+de+las+ardillas+en+Panama&ots=KTaSMGV83j&sig=jkJ0_QidrxY8UJsS7J4O-ALiQDg#v=onepage&q&f=false
- Lajo Salazar, R. L. (2015). Caracterización de la ubicación de madrigueras de *Sciurus stramineus* (Rodentia: Sciuridae) en el campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1887>
- McBride, E. A. (2023). Etología básica del conejo. Conejos en casa. Recuperado de <https://www.conejosencasa.org/etologia-basica-del-conejo>
- Mongabay. (2014). Conectar los bosques, salvar especies: un grupo conservacionista diseña un gran corredor biológico en Panamá. <https://es.mongabay.com/2014/06/conectar-los-bosques-salvar-especies-un-grupo-conservacionista-disena-un-gran-corredor-biologico-en-panama/>
- Oliveros, F. J. F., & Serna, C. V. (1902). Zarigüeyas (Chuchas Comunes) Marmosas y Colicortos en Colombia. *Rev. Ecol.(Terre Vie)*, 43(1), 47-57. <https://shre.ink/Dybe>
- Ortega, J., Mitre-Ramos, C., Geipel, I., Ponce, M., González, P., Vargas-González, J. D. J., & Bermúdez, S. (2021). Central American woolly opossum (*Caluromys derbianus*): distribution, ecology and conservation threats in Panamá. *Therya notes*, 2(1), 15-19.
https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Ortega%2C+et+al%3B%282021%29.+Central+American+woolly+opossum+%28Caluromys+derbianus%29%3A+distribution%2C+ecology+and+conservation+threats+in+Panam%C3%A1.+Therya+notes%2C+2%281%29%2C+15-19.&btnG=
- Proyecto Ecológico Azuero. (2020). Proyecto Ecológico Azuero. Iniciativa Ecuatorial. <https://www.equatorinitiative.org/es/2020/04/24/solution11243/>
- Quintero, J. (2016). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. Panamá: The Nature Conservancy & Latin America Conservation Council.
<https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/carreteras-ambientalmente-amigables-02-2016.pdf>.
- Reid F. (2009). *Mammals of Central America y Southeast Mexico*, 2nd ed. Oxford University Press
- Salinas, R., & Stalin, O. (2023). Determinación de la abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos depredador y presa, mediante fototrampeo en el bosque de la comuna de Olón (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2023). <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10100>

Sánchez, F. (2021). Mamíferos urbanos colombianos: una revisión de lo que sabemos y lo que nos falta. *Acta Biológica Colombiana*, 26(2), 262-272.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2021000200262&script=sci_arttext

Valdés, T. V., & Cano-Santana, Z. (2005). *Ecología y medio ambiente*. Pearson Educación.

Valverde T.; Meave J.; Carabias J. y Cano-Santana Z. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. Pearson Educación, México. 240 p.

Supervivencia del roble de sabana (*tabebuia rosea*): bajo la influencia del viento y la germinación

Survival of the savanna oak (*tabebuia rosea*): under the Influence of wind and germination

Lidia G. Chávez S.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Panamá.
lidia.chavez@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0009-4182-2100>

Alexis Camargo

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá.
alexis.camargo@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-1801-0712>

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá.
felix.camarena@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Ricardo A. Calderón R.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Panamá.
ricardo.calderon@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-7289-9479>

Recepción: 23 abril de 2026

Aprobación: 18 agosto 2026.

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11390>

Resumen

El presente estudio analiza la supervivencia del roble de sabana (*Tabebuia rosea*) bajo la influencia del viento y la germinación de sus semillas en la región de Azuero, Panamá. El objetivo principal fue determinar cómo la distancia de dispersión, influenciada por variables climáticas como velocidad del viento, precipitación y humedad relativa, afecta la viabilidad y establecimiento de nuevas plántulas. La investigación se desarrolló mediante un enfoque experimental y descriptivo, seleccionando un árbol de referencia y recolectando semillas dispersadas en diferentes radios durante el periodo de mayor caída (mayo de 2025). Se registraron variables ambientales y se realizaron pruebas de germinación en condiciones naturales. Los resultados muestran que la mayor dispersión de semillas se produjo en mayo, coincidiendo con los vientos más intensos, alcanzando distancias de hasta 84 metros desde el árbol madre. Sin embargo, la germinación exitosa fue observada principalmente tras el inicio de la temporada lluviosa en mayo, cuando la precipitación aumentó significativamente y la humedad relativa se incrementó, permitiendo el establecimiento de plántulas a distancias entre 50 metros y 75

metros. El porcentaje de supervivencia estimado fue aproximadamente del 16 %. Este patrón fenológico, donde la dispersión ocurre en la estación seca y la germinación al inicio de la lluviosa, confirma una estrategia adaptativa para maximizar la supervivencia en ambientes de bosque seco tropical. Los hallazgos aportan información relevante para el manejo y conservación de *Tabebuia rosea* en contextos de cambio climático.

Palabras clave: Dispersión, fenología, germinación, *Tabebuia rosea*, variables climáticas.

Abstract

This study analyzes the survival of the savanna oak (*Tabebuia rosea*) under the influence of wind and the germination of its seeds in the Azuero region of Panama. The main objective was to determine how dispersal distance, influenced by climatic variables such as wind speed, precipitation, and relative humidity, affects the viability and establishment of new seedlings. The research was conducted using an experimental and descriptive approach, selecting a reference tree and collecting seeds dispersed at different radii during the period of greatest seed fall (May 2025). Environmental variables were recorded, and germination tests were performed under natural conditions. The results show that the greatest seed dispersal occurred in May, coinciding with the strongest winds, reaching distances of up to 84 meters from the parent tree. However, successful germination was observed mainly after the start of the rainy season in May, when precipitation increased significantly and relative humidity rose, allowing seedling establishment at distances between 50 and 75 meters. The estimated survival rate was approximately 16%. This phenological pattern, where dispersal occurs during the dry season and germination at the beginning of the rainy season, confirms an adaptive strategy to maximize survival in tropical dry forest environments. These findings provide relevant information for the management and conservation of *Tabebuia rosea* in the context of climate change.

Keywords: Dispersal, phenology, germination, *Tabebuia rosea*, climatic variables.

Introducción

La regeneración natural de los bosques tropicales depende en gran medida de la dispersión y germinación exitosa de las semillas, procesos clave para la persistencia y estructura de las poblaciones arbóreas (Beckman et al., 2022). En este sentido, el roble de sabana (*Tabebuia rosea*), especie emblemática de los ecosistemas secos y semiáridos de Mesoamérica, enfrenta desafíos crecientes para su supervivencia debido a la variabilidad climática, la fragmentación del hábitat y la presión antrópica (Caroca et al., 2016; IDIAP, 2024). Comprender los mecanismos que regulan la dispersión de sus semillas y la influencia de factores ambientales como el viento, la topografía y la humedad es fundamental para diseñar estrategias efectivas de conservación y restauración ecológica.

La dispersión anemócora, mediada por el viento, es el principal mecanismo de propagación de las semillas de *Tabebuia rosea*, cuyas sámaras presentan adaptaciones morfológicas que facilitan su transporte a largas distancias (Moussa et al., 2014). A diferencia de especies que dependen de dispersores bióticos, las semillas de *Tabebuia rosea* carecen de estructuras carnosas o atractivas, lo que limita la intervención animal y resalta la importancia de los factores abióticos en su ciclo de vida (Moussa et al., 2014). Estudios recientes indican que la distancia de dispersión puede superar los 80 metros bajo condiciones de viento favorables, ampliando el rango de colonización potencial (IDIAP, 2025).

No obstante, la dispersión exitosa no garantiza la viabilidad ni la germinación. La probabilidad de germinación disminuye con la distancia al árbol madre, debido a la exposición a condiciones ambientales adversas, competencia interespecífica y riesgo de desecación en suelos abiertos (Ramírez et al., 2014; Martínez et al., 2023). En regiones como Azuero, Panamá, la variabilidad estacional de la velocidad del viento, la precipitación y la humedad relativa afecta directamente la dispersión y el establecimiento de plántulas, observándose mayores tasas de germinación en micrositios protegidos, bajo cobertura arbustiva o en suelos con mayor retención hídrica (IDIAP, 2024; Gómez Figueroa & Fournier, 1996).

Para evaluar estos procesos, se seleccionó un árbol de referencia y se realizó un seguimiento sistemático de la dispersión y germinación de semillas durante el periodo de mayor caída (mayo de 2025), registrando datos sobre ubicación, viabilidad y condiciones ambientales (IDIAP, 2025). Este enfoque experimental y descriptivo permite identificar patrones de dispersión y supervivencia, aportando información relevante para la gestión sostenible de los bosques secos tropicales.

Aunque existen investigaciones sobre la ecología reproductiva en otros países latinoamericanos, son escasos los estudios que integran datos locales de dispersión, germinación y variables climáticas en la región de Azuero, Panamá. Los resultados obtenidos pueden contribuir al desarrollo de modelos predictivos sobre la dinámica poblacional y orientar programas de reforestación y manejo adaptativo frente al cambio climático (Beckman et al., 2022; Pérez-Ramos et al., 2023).

Comprender los vínculos entre dispersión, viabilidad y supervivencia de las semillas bajo la influencia del viento y otros factores ambientales es esencial para garantizar la conservación de esta especie clave y la resiliencia de los ecosistemas donde habita (Smith et al., 2020). Por ello, el presente estudio tiene como objetivo principal analizar cómo la distancia de dispersión influye en el porcentaje de supervivencia de las semillas de roble de sabana, considerando la interacción de variables ambientales como la velocidad del viento y la topografía del terreno.

Materiales y métodos

Descripción de la semilla de roble *Tabebuia rosea*

Las semillas de *Tabebuia rosea* son delgadas, aladas y ligeras, adaptadas especialmente para ser transportadas por el viento. A diferencia de especies con frutos carnosos, estas semillas no tienen pulpa ni características que resulten atractivas para aves frugívoras o mamíferos, por lo que su dispersión no depende de estos animales.

La evidencia científica indica que ni aves ni mamíferos actúan como dispersores o depredadores relevantes de las semillas de *Tabebuia rosea*. Los estudios señalan que la dispersión de esta especie es casi exclusivamente anemócora, y no se han registrado especies animales que consuman o transporten activamente sus semillas. (Moussa et al., 2014).

Ubicación

Figura 1.

Ubicación de la investigación sobre: Supervivencia del roble de sabana (Tabebuia rosea): bajo la influencia del viento y la germinación.



Fuente: Google Maps

Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental y descriptiva, ya que se realiza una medición directa de la dispersión de semillas de *Tabebuia rosea* desde un árbol de referencia, describiendo patrones de dispersión y evaluando la supervivencia mediante análisis estadísticos (Hernández et al., 2014).

Variables de la investigación

La distancia a la que las semillas se dispersan desde el árbol madre, determinada principalmente por la velocidad y dirección del viento, actúa como la variable independiente en este estudio. El porcentaje de supervivencia o viabilidad de las semillas después de este evento de dispersión se considera la variable dependiente, ya que se hipotetiza que su éxito está influenciado por la distancia recorrida. Para aislar este efecto y garantizar la validez de los resultados, se controlarán diversas variables de control, entre las que se incluyen la topografía del terreno, las condiciones climáticas (humedad relativa y temperatura, además del viento) y las características aerodinámicas inherentes a las propias semillas (sámaras).

Población y muestra

La población está constituida por las semillas de roble de sabana (*Tabebuia rosea*) dispersadas por el viento desde árboles maduros en el área de estudio. Se seleccionará una muestra representativa para el análisis de viabilidad y supervivencia.

Procedimiento

1. **Selección del árbol de referencia:** Se eligió un árbol maduro y representativo dentro del área de estudio, ubicado en un sitio sin obstáculos que interfiera con la dispersión natural de las semillas.
2. **Recolección y medición de semillas:** Se delimitaron áreas concéntricas alrededor del árbol para recolectar las semillas dispersadas, registrando la ubicación exacta y la distancia desde el tronco mediante cinta métrica y GPS.
3. **Registro de variables ambientales:** Durante el periodo de dispersión (9 a 22 de mayo de 2025), se medirán variables climáticas relevantes (velocidad y dirección del viento, humedad, temperatura) utilizando anemómetro y estación meteorológica portátil.
4. **Análisis de viabilidad:** Las semillas recolectadas fueron sometidas a pruebas de germinación en condiciones controladas para determinar el porcentaje de supervivencia.
5. **Organización y análisis de datos:** Los datos se tabularon y organizaron en formatos digitales (Excel o software estadístico). Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva para calcular medidas como media, mediana, desviación estándar y porcentajes, y se evaluó la relación entre distancia de dispersión y viabilidad mediante análisis correlacionales.

Resultados

A continuación, se presentan los cuadros con la velocidad del viento, la precipitación y la humedad relativa, basados en los datos registrados por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) para el 2025 con la estación de los Santos.

Tabla 2.

Velocidad del Viento en Azuero de enero a mayo de 2025

Meses	Viento Promedio (m/s)	Viento Máximo (m/s)
Enero	0.7	2.1
Febrero	1.2	5.4
Marzo	3.1	5.5
Abril	2.9	5.7
Mayo	1.1	3.9

En la tabla 2 se puede observar que marzo y abril tienen los vientos promedios y máximos más altos, indicando que son los meses más ventosos y con ráfagas fuertes, mientras que enero, febrero y mayo son más tranquilos.

Tabla 3

Precipitación en Azuero de enero a mayo de 2025

Meses	Precipitación Promedio (mm)	Precipitación Máxima (mm)	Precipitación Total (mm)
Enero	0	1	2
Febrero	0	0	0
Marzo	0	0	0
Abril	0.1	4	4
Mayo	1.9	12	58

En la tabla 3 muestra que la precipitación promedio y máxima es muy baja, en los primeros meses, mientras que en mayo hay un aumento.

Tabla 4

Humedad Relativa en Azuero de enero a mayo de 2025

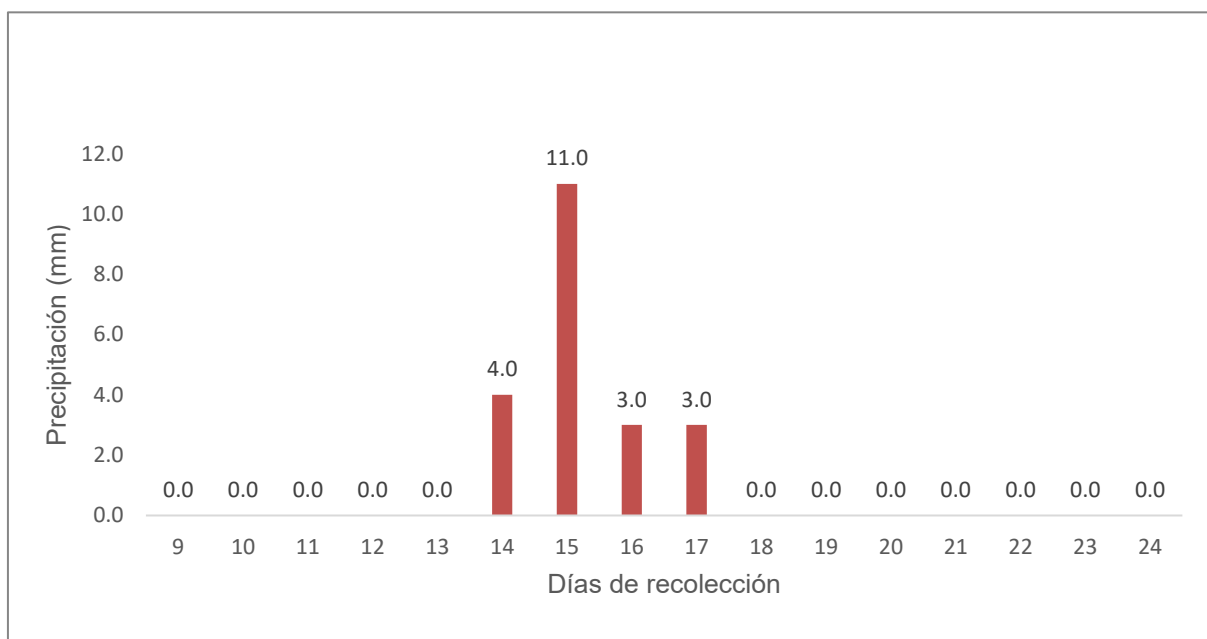
Meses	Humedad Promedio (%)	Humedad Máxima (%)	Humedad Mínima (%)
Enero	78	92.4	63.6

Febrero	74.1	89.7	58.4
Marzo	71.7	88.6	54.7
Abril	72.3	88.4	56.2
Mayo	78.2	95.3	61.0

Con referencia a la tabla 4 se muestra que los primeros meses del 2025, la humedad promedio en la región de Azuero registró valores superiores a los reportados en los dos años anteriores.

Figura 2.

Precipitaciones ocurridas durante la recolección de las semillas Tabebuia rosea



La figura 2 representa las precipitaciones (mm) ocurridas durante los días de recolección del mes de mayo. El valor más alto corresponde a las precipitaciones del día 15 con 11.0 mm y el más bajo a las precipitaciones de los días 16 y 17 con 3.0 mm.

Figura 3

Velocidad del viento registrados durante la recolección de datos de la Tabebuia rosea



La figura 3 muestra la velocidad del viento (m/s) ocurridas durante los días de recolección del mes de mayo. El valor más alto corresponde a los vientos del día 22 con 2.6 m/s y el más bajo a los vientos de los días 14 y 20 con 0.4 m/s.

Tabla 5

Consolidado de las variables ambientales de enero a mayo de 2025.

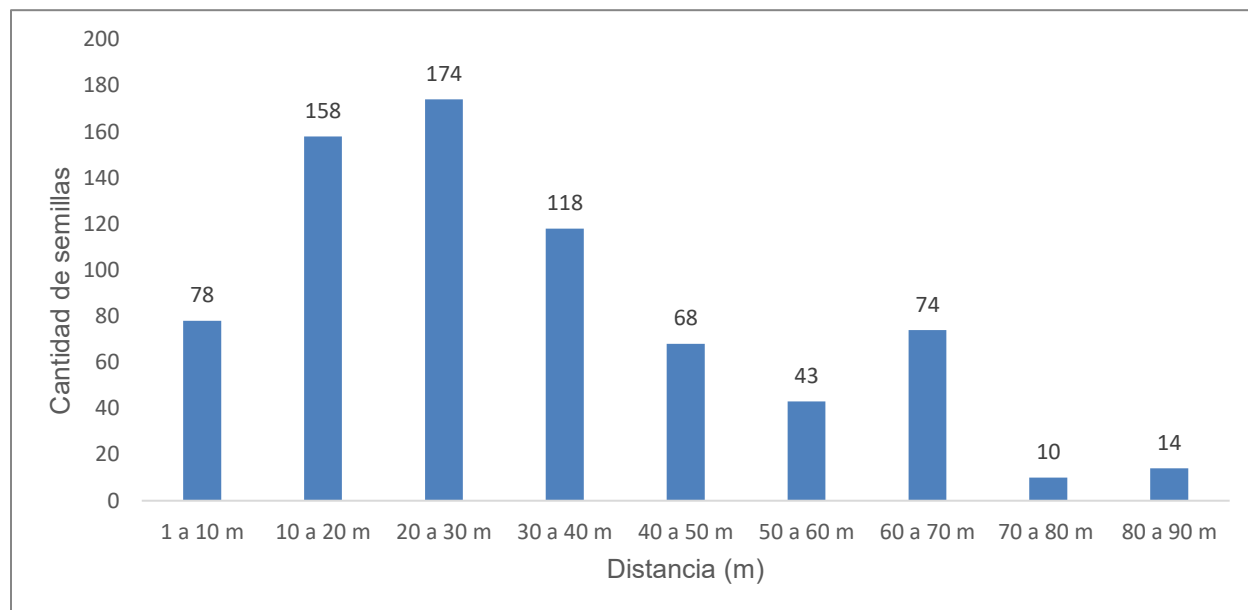
Mes	Viento Promedio (m/s)	Viento Máximo (m/s)	Precipitación Total (mm)	Humedad Promedio (%)
Enero	0.7	2.1	2	78
Febrero	1.2	5.4	0	74.1
Marzo	3.1	5.5	0	71.7
Abril	2.9	5.7	4	72.3
Mayo	1.1	3.9	58	78.2

En la tabla 5 se observa un aumento en la velocidad promedio del viento con un máximo en marzo y abril, mientras que la precipitación total destaca en mayo con 58 mm. La humedad promedio se

mantiene relativamente estable, fluctuando entre 71.7 % y 78.2 %. Los valores de viento máximo alcanzan su punto más alto en abril con 5.7 m/s.

Figura 4

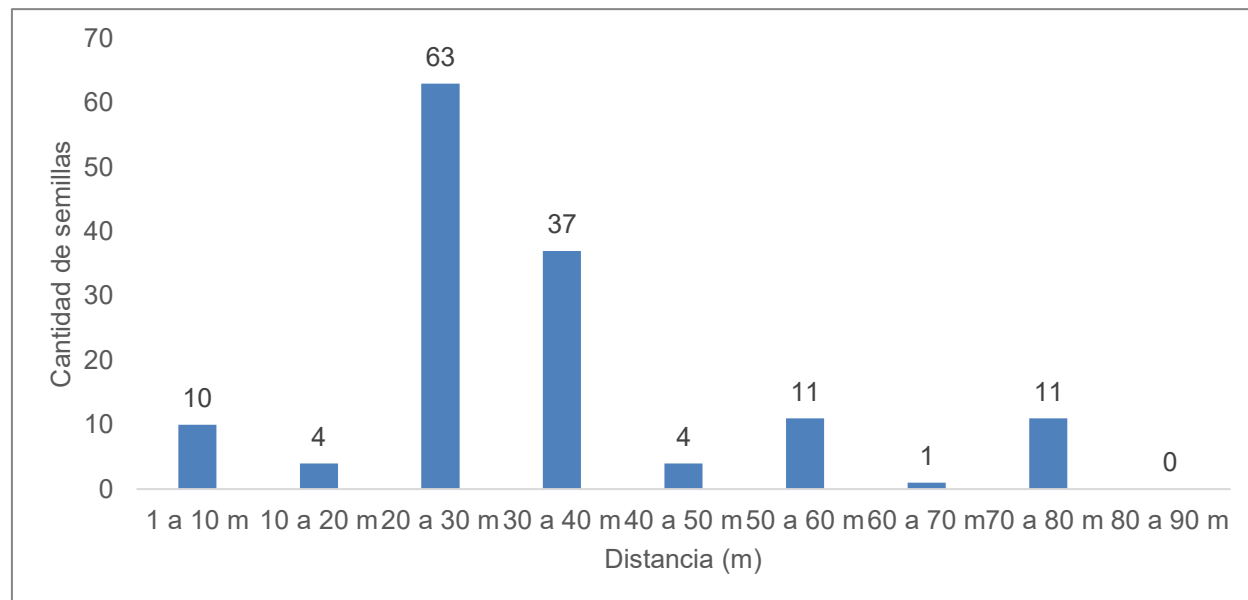
Distribución de semillas de roble de sabana (Tabebuia rosea) según distancia de dispersión en mayo



La figura 4 muestra la distribución de la cantidad de semillas de roble de sabana (*Tabebuia rosea*) a diferentes distancias durante mayo. La mayor concentración de semillas se encuentra entre 10 y 30 metros, alcanzando un máximo de 174 semillas entre 20 y 30 metros. A partir de los 30 metros, la cantidad de semillas disminuye considerablemente hasta los 90 metros.

Figura 5

Distancia de dispersión y frecuencia de semillas germinadas de roble de sabana (Tabebuia rosea) en mayo



La figura 5 muestra la cantidad de semillas de roble de sabana (*Tabebuia rosea*) en diferentes rangos de distancia donde se ha encontrado la planta germinada. La mayor concentración de semillas germinadas se observa entre 20 y 30 metros con 63 semillas, seguida por el rango de 30 a 40 metros con 37 semillas. A distancias mayores, la cantidad de semillas germinadas disminuye notablemente, llegando a cero entre 80 y 90 metros.

Cálculo aproximado del porcentaje de supervivencia:

- Total semillas recolectadas: 737 semillas no germinadas.
- Total plantas germinadas medidas: 141 germinadas

$$\text{Porcentaje de Supervivencia} = \frac{\text{Número de plantas germinadas}}{\text{Número de semillas}} \times 100$$

$$\left(\frac{141}{737}\right) \times 100 = 16\%$$

Discusión

Al aplicar estadística descriptiva, se observaron medidas como el promedio, valor máximo, valor mínimo y total para las variables viento, precipitación y humedad relativa. Estas medidas resumen la tendencia central y la dispersión de los datos en los meses estudiados, facilitando la interpretación de

patrones climáticos que influyen en la fenología de *Tabebuia rosea*; se presentan valores descriptivos fundamentales para el análisis inicial.

Esta especie presenta una fenología estrechamente ligada a las condiciones climáticas, especialmente a la transición entre la estación seca y la lluviosa, que determina los eventos de dispersión y germinación (Gómez F. & Fournier, 1996; Beckman et al., 2022).

Durante los meses previos a mayo, la baja precipitación y humedad relativa caracterizan una estación seca prolongada, que favorece la fructificación y la dispersión anemócora de las semillas, aprovechando las ráfagas de viento más intensas registradas en marzo y abril (Moussa et al., 2014). Sin embargo, la germinación y establecimiento de plántulas se ven limitados en esta fase por la escasez de agua en el suelo, un factor crítico para la viabilidad de las semillas (Ramírez et al., 2014). El abrupto incremento de la precipitación en mayo, con un total de 58 mm, marca el inicio de la temporada lluviosa, momento en que la *Tabebuia rosea* presenta brotes y germinación activa, sincronizando su ciclo reproductivo con las condiciones ambientales más favorables (Pineda et al., 2012; Martínez et al., 2023).

Este patrón fenológico, donde la dispersión ocurre en la estación seca y la germinación al inicio de la lluviosa, es una estrategia adaptativa para maximizar la supervivencia en ambientes de bosque seco tropical, donde la disponibilidad hídrica es estacional (Gentry & Emmons, 1987; Borchert, 1996). Además, el cambio climático puede modificar la duración y el inicio de estas estaciones, haciendo que las mediciones en mayo y junio sean cruciales para captar la respuesta fenológica de la especie ante variaciones en la precipitación y temperatura (Beckman et al., 2022).

Por tanto, las mediciones en este periodo permiten evaluar cómo la fenología reproductiva de la *Tabebuia rosea* se ajusta a las condiciones climáticas locales y cómo el cambio climático puede influir en la dispersión y establecimiento de nuevas generaciones, información vital para la conservación y manejo sostenible de esta especie emblemática (Ramírez et al., 2014; Smith et al., 2020).

La baja precipitación y humedad relativa durante los meses previos a mayo reflejan una prolongada estación seca, que es característica de los bosques secos tropicales donde esta especie se desarrolla

(Gómez Figueroa & Fournier, 1996). Este ambiente seco puede limitar la germinación inmediata de las semillas, ya que la humedad del suelo es un factor crítico para la viabilidad y establecimiento de plántulas (Ramírez et al., 2014). Sin embargo, el aumento abrupto de la precipitación en mayo, con un total de 58 mm, coincide con la aparición de plántulas germinadas a distancias entre 50 y 75 metros, lo que sugiere que la temporada lluviosa inicia el proceso de establecimiento exitoso de las semillas dispersadas previamente. Este patrón de dispersión seguido de germinación en la temporada húmeda ha sido documentado en estudios similares que señalan la importancia de la sincronización entre dispersión y condiciones climáticas para la regeneración natural (Beckman et al., 2022; Martínez et al., 2023).

La dispersión a largas distancias observada en este estudio también puede contribuir a la reducción de la competencia intraespecífica y la depredación de semillas cerca del árbol madre, aspectos que limitan la supervivencia de las plántulas en ecosistemas tropicales (Pérez-Ramos et al., 2023). Además, la topografía y microclimas locales, aunque no detallados en este análisis, probablemente modulan la dispersión y establecimiento, como señalan Smith et al. (2020), quienes enfatizan la interacción compleja entre factores abióticos y biológicos en la dinámica poblacional de especies arbóreas.

En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis de que la dispersión mediada por el viento durante la estación seca, seguida por la germinación en el inicio de la temporada lluviosa, es un mecanismo adaptativo clave para la supervivencia y expansión de la *Tabebuia rosea* en ambientes de sabana y bosque seco tropical. La información obtenida aporta evidencia valiosa para estrategias de conservación y manejo forestal que consideren las condiciones climáticas locales y la fenología reproductiva de la especie, tal como recomiendan estudios previos sobre la ecología reproductiva de árboles tropicales (Beckman et al., 2022; Ramírez et al., 2014).

Conclusión

La estadística descriptiva permitió identificar las tendencias centrales y la variabilidad de las variables climáticas como velocidad del viento, precipitación y humedad relativa durante los meses estudiados. Estos análisis facilitan la comprensión de los patrones climáticos que afectan la fenología de *Tabebuia*

rosea. La presentación de promedios, máximos y mínimos sirvió para establecer una base sólida para estudios fenológicos.

Por otro lado, la baja precipitación y humedad relativa durante los meses previos a mayo limitan la germinación inmediata, pero el abrupto aumento de la precipitación en mayo permite el establecimiento y germinación exitosa de las plántulas a distancias entre 50 y 75 metros, confirmando la sincronización entre dispersión y condiciones favorables para la regeneración natural. El porcentaje de supervivencia estimado fue aproximadamente del 16 %.

Este patrón adaptativo, que combina dispersión en la estación seca y germinación al inicio de la lluviosa, es característico de especies de bosques secos tropicales y maximiza la supervivencia en ambientes con disponibilidad hídrica estacional. Además, la dispersión a largas distancias contribuye a reducir la competencia intraespecífica y la depredación de semillas cerca del árbol madre, facilitando la colonización de nuevos espacios. La conservación de esta dinámica es crucial para el manejo sostenible y la restauración de ecosistemas donde la *Tabebuia rosea* es una especie clave, especialmente bajo escenarios de cambio climático que pueden alterar la fenología y las condiciones ambientales locales.

Por lo tanto, los datos recopilados aportan información valiosa para diseñar estrategias de conservación y manejo forestal que consideren las variaciones climáticas y la fenología reproductiva de la *Tabebuia rosea*, contribuyendo a la resiliencia y sostenibilidad de los bosques secos tropicales en Panamá y regiones similares.

Agradecimientos

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Instituto Profesional y Técnico de Azuero, especialmente al director Brenitz Pinzón Alain, por brindarnos las facilidades, el apoyo institucional y las condiciones necesarias para llevar a cabo esta investigación en sus instalaciones.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) por proporcionarnos los datos climatológicos correspondientes a la Villa de Los Santos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y análisis de este estudio.

Referencias

- Beckman, N. G., Bullock, J. M., & Nathan, R. (2022). The role of dispersal in plant population dynamics under global change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 53, 1-25. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-102320-104739>
- Beckman, N. G., et al. (2022). Synzoochory in a changing world: How climate redefines seed dispersal networks. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(5), 412-425. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.11.007>
- Caroca, M., Valdez-Hernández, J. I., Ángeles, G., & Mora, F. (2016). Crecimiento en diámetro y fenología de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. en Costa Grande, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(36), 19-36. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662016000400019
- Flores, E. M., & Marín, W. A. (s.f.). *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. En *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 719-720). Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; Facultad de Agronomía, Universidad de El Salvador; Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica y Escuela Nacional de Biología, Universidad de Costa Rica. https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/parte-ii/especies-t/at_download/file
- Gómez-Aparicio, L., et al. (2024). Morphometric drivers of unexpected wind dispersal in heavy diaspores. *Journal of Biogeography*, 51(3), 567-579. <https://doi.org/10.1111/jbi.14732>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill. <https://maestrias.clavijero.edu.mx/cursos/MPPGEE/MPPGEET7IE2/modulo1/documentos/m1-Doc13-SistemaSorteoTombola.pdf>
- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Datos climatológicos regionales, 2024. <https://idiap.gob.pa/> (sitio oficial del IDIAP)
- Martínez, J., Ruiz, M., & Sánchez, P. (2023). Factores ambientales y germinación de especies arbóreas tropicales en España. *Bosques y Cambio Climático*, 12(3), 112-125. <https://www.redalyc.org/pdf/4561/456145106006.pdf>
- Moussa, Y., Ohashi, S., & Wen, S. (2014). The effect of height, wing length, and wing symmetry on *Tabebuia rosea* seed dispersal. *ISB Journal of Science*, 8(1), 1-8. <http://isjos.org/ISBJOS/JoSV8p4-SeedDispersal.pdf>
- Pérez, J. A., & Ramírez, M. (2023). Producción y germinación de bellotas del roble andino *Quercus humboldtii* afectado por incendios recurrentes. *Revista de Biología Tropical*, 71(2), 123-135. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/53407/59566/269626>

- Pérez, M. E., & Ramírez, M. (2021). Crecimiento y desarrollo en plantas juveniles de apamate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) A. DC.) sometidas a inundación. *Pittieria*, 45, 15-27. <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/pittieria/article/download/6635/6449>
- Pérez-Ramos, I. M., et al. (2023). Soil texture modulates hydration-dehydration cycles in Mediterranean oak seedlings. *Plant and Soil*, 489(1-2), 301-315. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>
- Smith, R. J., Gray, A. N., & Swanson, M. E. (2023). Meta-analysis on thinning treatments to enhance forest resilience and resistance to drought, pests, wind, and fire. *Forest Ecology and Management*. <https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/9726f99e-fa7c-402d-8b1d-8de092a544bf-MECA.pdf?abstractid=5172558>
- Van der Wall, S. B. (2021). Secondary dispersal of *Quercus* acorns by wind in slope ecosystems. *Ecological Processes*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00314-4>

Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua del río Zaratí, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá

Diversity of aquatic insects and water quality in of the Zarati river, Penonomé, Coclé province, Panama.

Marta Higuera Gómez

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Panamá, marta.higuera@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0003-0275-5936>

Paola Diaz

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá, paola.diaz@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0006-9109-8737>

Andreanis Jiménez

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá, andreanis.jimenez@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0005-9988-2510>

Manuel Barragán

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá, mjbarragango@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-9983-3123>

Ismael Navarro

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá, Ismael.navarro@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0001-4653-6084>

Recepción: 24 junio de 2026. Aprobación: 05 septiembre 2026

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11391>

Resumen

Los insectos acuáticos son esenciales en los eslabones en la pirámide de la cadena alimenticia. Es una de las principales fuerzas de estructuración de las comunidades acuáticas. Esta investigación se realizó en el río Zaratí, en dos tramos del río, uno en Sonadora y el otro en el balneario Las Mendozas, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, República de Panamá. Con la finalidad de determinar la diversidad de insectos acuáticos y la calidad del agua del río Zaratí. Realizamos seis giras de campo contempladas desde marzo a agosto del 2024, donde establecimos cinco estaciones, en cuales se recolectó dos muestras de hojarascas, en cada estación una vez al mes. Además, se utilizó una red entomológica con un agujero de

red de 1/14 pulgadas. Para determinar la diversidad, se utilizaron los índices de Shannon Wiener, Margalef y Simpson. Se recolectaron un total de 15 105 especímenes, los cuales representaron 9 órdenes, 26 familias, 3 subfamilias y 43 géneros. El orden Trichoptera el más abundante, seguido por Díptera y Ephemeroptera. Entre las subfamilias más numerosas están: Tanypodinae, Orthocladinae y Chironominae. Los géneros con mayor abundancia fueron: *Chimarra*, *Smicridea* y *Farrodes*. Todos los índices de diversidad sugieren que el río en el tramo de Sonadora posee mejores condiciones ambientales para la diversidad de insectos acuáticos que en el Balneario Las Mendozas, del río Zaratí. Los resultados del índice BMWP/PAN sugieren que en el tramo de Sonadora tiene buena calidad de agua y en el balneario Las Mendozas, posee la calidad del agua regular.

Palabras clave: insectos acuáticos, calidad del agua, BMWP/PAN.

Abstract

Aquatic insects are essential links in the food web pyramid and serve as one of the main structuring forces for aquatic communities. This study was conducted in the Zaratí River specifically across two sections: one in Sonadora and the other at the Las Mendozas recreational river (balneario), located in the Penonomé District, Coclé Province, Republic of Panama. The objective of the study was to determine the diversity of aquatic insects and the water quality of the Zaratí River. Six field trips were carried from March to August 2024, establishing five sampling stations. At each station, two leaf-litter samples were collected once a month. Additionally, an entomological net with a 1/14-inch mesh size was used. To assess diversity, the Shannon-Wiener, Margalef, and Simpson indices were applied. A total of 15,105 specimens were collected, representing 9 orders, 26 families, 3 subfamilies, and 43 genera. The order Trichoptera was the most abundant, followed by Diptera and Ephemeroptera. Among the most numerous subfamilies were Tanypodinae, Orthocladinae, and Chironominae. The most abundant genera were *Chimarra*, *Smicridea*, and *Farrodes*. All diversity indices suggest that the Sonadora section of the Zaratí River provides better environmental conditions for aquatic insect diversity than the Las Mendozas recreational river (balneario) section. Furthermore, the BMWP/PAN index results indicate that the Sonadora section has good quality, whereas the Las Mendozas recreational river (balneario) section exhibits fair water quality.

Keywords: aquatics insects, water quality, BMWP/PAN

Introducción

Los insectos acuáticos son indicadores biológicos porque pueden detectar eventos puntuales de toxicidad. Estos tienen una amplia distribución a nivel geográfico y con una gran variedad de ambientes que habitan. También poseen una gran diversidad taxonómica y cuentan con un amplio rango de respuestas ante las perturbaciones o la contaminación. Así mismo, son relativamente sedentarios, lo que facilita un análisis espacial de la contaminación. Además, poseen sus ciclos de vida relativamente largos, lo que permiten observar los efectos de la contaminación a lo largo del tiempo (Springer et al., 2010). Según

Fischer et al., (2012), los insectos acuáticos son esenciales en los eslabones en la pirámide de la cadena alimenticia. Es una de las principales fuerzas de estructuración de las comunidades acuáticas.

Según Roldán Pérez (2012) los macroinvertebrados acuáticos son los organismos que viven en el fondo de los ríos y lagos, que están adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Las poblaciones están formadas por platelmintos, moluscos, crustáceos e insectos principalmente. Se les llama macroinvertebrados porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5 mm, por lo que se puede observar a simple vista.

La presencia de una especie indicadora en un ambiente asegura la existencia de condiciones ambientales mínimas. Es decir, los macroinvertebrados indicadores poseen tolerancia específicas y estrechas, (Sermeño Chicas et al, 2010).

El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) es un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores (Roldán Pérez, 2016). Se basa únicamente en la presencia de familias y sus valores de tolerancia asignados, totalmente independiente de la cantidad de géneros o individuos recolectados de cada familia. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total de BMWP. Este índice se utiliza en estudios de biomonitoreo y evaluaciones ambientales (Emmen et al. 2016). Esta investigación tiene como objetivos determinar la diversidad de insectos acuáticos y la calidad del agua del río Zaratí, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá.

Materiales y métodos

El área de estudio fue en el río Zaratí, en el distrito de Penonomé, del corregimiento de Coclé, en la provincia de Coclé. Las colectas se realizaron en dos tramos del río Zaratí, en la Sonadora y en el Balneario Las Mendosas. En la Sonadora las coordenadas son la latitud de 8.46667 y la longitud -80.4333.

Las temperaturas oscilan entre los 25 a 27 °C y la precipitación media anual fue de 3 000-2 000 mm. En el Balneario de Las Mendosas las coordenadas son la latitud de 8.4727 y la longitud -80.4297. La temperatura varía entre 23 °C a 33 °C, (ANAM, 2011).

Las recolecta se realizó entre marzo a agosto del 2024, en el río Zaratí, en el tramo de Sonadora y cerca del balneario Las Mendosas. En cada lugar se estableció cinco estaciones, separadas por 15 metros de distancia entre cada una. En cada estación se recolectaron dos muestras de hojarasca, una vez al mes. Las cuales se colocaron en bolsas plásticas con cierre hermético. Las bolsas tienen un volumen de 4.262 cm³, en cada bolsa se colocó 2.262 cm³ de hojarasca, con los datos de cada estación. Además, se utilizó una red entomológica con un agujero de red de 1/14 pulgadas, con la que se realizó barridos en los bordes, fondos, corrientes y remansos, para recolectar los insectos acuáticos. El contenido de la red, se colocó en una bandeja de color blanco y con ayuda de pinzas entomológicas se extrajeron los insectos acuáticos. Para preservar las muestras se utilizó alcohol al 95% y se llevaron al laboratorio de Biología, del Centro Regional Universitario de Coclé, de la Universidad de Panamá. Cada muestra se lavó con agua en una bandeja blanca, donde se separaron manualmente los insectos acuáticos, con la ayuda de una lupa de cuello largo de luz fluorescente con aumento de 3X. Los insectos se colocaron en viales con alcohol al 95% y con su debida identificación y con la ayuda de un estereoscopio Leica, y las claves sistemáticas de Ruiz et al., (2000a, b), Posada y Roldán Pérez (1998, 2003), Prat et al., (2018) y Springer et al., (2010), se identificaron hasta el nivel taxonómico de género.

Para estimar la riqueza de especies en las estaciones se utilizó los índices de Margalef, la dominancia de la comunidad se determinará con el índice de Simpson, y la estructura de la comunidad con el índice de Shannon-Wiener (Moreno, 2001). Además, se calculó el índice BMWP/PAN que fue calibrado y validado para el uso en Panamá (Cornejo et al., 2017).

Resultados

Se recolectaron un total de 15 105 especímenes, los cuales representaron 9 órdenes, 26 familias, 3 subfamilias y 43 géneros. El orden Trichoptera (5 582) el más abundante, seguido por Díptera (5 004) y Ephemeroptera (2 895). Entre las subfamilias más numerosas están: Tanypodinae (1 771), Orthocladinae (1 691) y Chironominae (1 372). Los géneros con mayor abundancia fueron: *Chimarra* (2 866), *Smicridea* (1 442) y *Farrodes* (1 251), (Tabla 1 y Figura 3).

El índice de diversidad de Margalef, que estima la riqueza de especies en la comunidad, es mayor en el área de la Sonadora (4.04) que en el Balneario Las Mendozas (3.24). Con respecto a la taxa es mayor en Sonadora (37), que en el Balneario Las Mendozas (30). Según el índice de Shannon-Wiener que indica la diversidad es mayor en Sonadora (2.72), con respecto al Balneario Las Mendozas (2.32). Por último, el índice de Simpson, que indica mayor dominancia en el tramo de Sonadora (0.91) y es menor en el Balneario Las Mendozas (0.87). Todos estos datos sugieren que el río en el tramo de Sonadora posee mejores condiciones ambientales para la diversidad de insectos acuáticos que en el Balneario Las Mendozas, del río Zaratí, (Tabla 1 y Figura 1).

Los resultados del índice BMWP/PAN sugieren que en el área de Sonadora tiene buena calidad (104) esto podría deberse al bajo impacto antropogénico. El área cerca del balneario Las Mendozas, la calidad del agua es regular (66), se basa en mayor impacto antropogénico, (Tabla 2 y 3).

Tabla 1

Abundancia e índices de diversidad de insectos acuáticos recolectados en la Sonadora y en el Balneario Las Mendozas del río Zaratí, distrito de Penonomé, Coclé, Panamá.

Orden y Familia	Género	Sonadora	Balneario	Total
EPHEMERÓPTERA				
Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	51	103	154
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	71	14	85
	<i>Baetodes</i> sp.	12	4	16
	<i>Moribaetis</i> s sp	0	14	14
	<i>Farrodes</i> sp	1 143	108	1 251
Leptophlebiidae	<i>Terpides</i> sp	253	79	332
	<i>Ulmeritoides</i> sp.	0	96	96
	<i>Leptohyphes</i> sp	379	31	410
Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i> sp	286	251	537
ODONATA				
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i> sp	61	10	71
Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i> sp	7	75	82
	<i>Argia</i> sp	54	81	135
Gomphidae	<i>Progomphus</i> sp	24	0	24
Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i> sp	6	5	11
	<i>Dythemis</i> sp	8	0	8
	<i>Erythemis</i> sp.	0	7	7
	<i>Sympetrum</i> sp	0	8	8
PLECÓPTERA				
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp	708	6	714
MEGALÓPTERA				
Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp	21	0	21
HEMÍPTERA				
Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp	0	6	6
	<i>Lethocerus</i> sp	0	5	5
Gelastocoridae	<i>Nerthra</i> sp	1	0	1
Naucoridae	<i>Ambrysus</i> sp	6	0	6
Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp	48	0	48
COLEÓPTERA				
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp	3	0	3
	<i>Disersus</i> sp	42	0	42
	<i>Heterelmis</i> sp	108	8	116
	<i>Macrelmis</i> sp	197	9	206
	<i>Phanocerus</i> sp	67	0	67
	<i>Psephenops</i> sp	19	0	19
Psephenidae				
TRICHOPTERA				
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i> sp	39	49	88
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp	176	591	767
	<i>Macronema</i> sp	0	338	338

	<i>Smicridea</i> sp	489	953	1 442
Leptoceridae	<i>Trienodes</i> sp	56	0	56
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp	1 286	1 580	2 866
Polycentropodidae	<i>Cernotina</i> sp	21	0	21
	<i>Polypsectropus</i> sp	4	0	4
LEPIDÓPTERA				
Cambridae	<i>Petrophila</i> sp	24	0	24
DÍPTERA				
Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i> sp	3	0	3
Chironomidae	<i>Chironominae</i>	562	810	1 372
	<i>Orthocladinae</i>	768	923	1 691
	<i>Tanypodinae</i>	322	1 449	1 771
Simuliidae	<i>Simulim</i> sp	126	4	130
Tipulidae	<i>Limonia</i> sp	0	37	37
TOTAL		7 451	7 654	15 105
Taxa		37	30	
Margalef		4.04	3.24	
Shannon-Wiener		2.72	2.32	
Simpson		0.91	0.87	

Figura 1

Comparación de insectos acuáticos en el tramo de Sonadora y en el Balneario Las Mendozas, del río Zaratí.

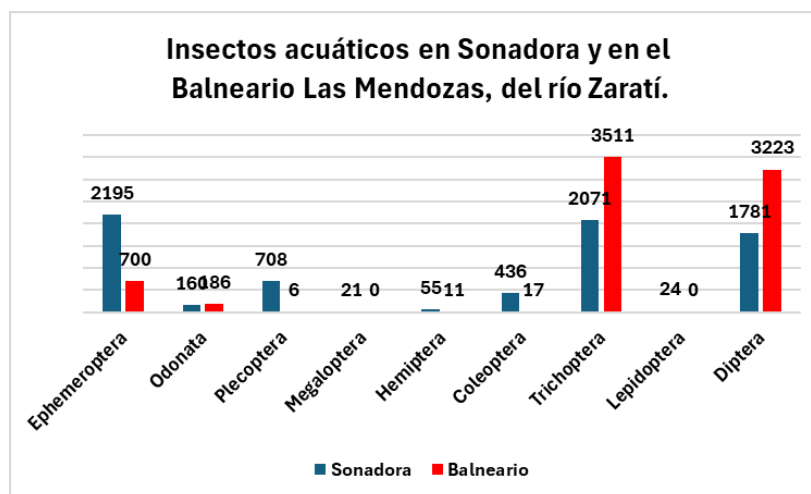


Figura 2

Índices de diversidad en Sonadora y en el Balneario Las Mendozas, del río Zaratí.

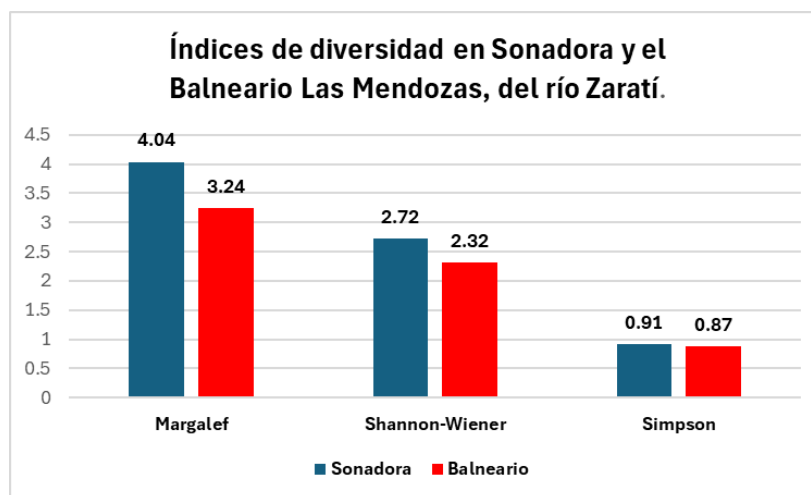


Figura 3

Larva de Philopotamidae.



Tabla 2

Valores del BMWP/PAN para cada familia de los insectos acuáticos recolectados en el tramo de Sonadora y el Balneario Las Mendozas del río Zaratí, distrito de Penonomé, Coclé, Panamá, (Cornejo et al., 2017).

Orden y Familia	Sonadora	Balneario Las Mendozas
EPHEMERÓPTERA		
Caenidae	4	4
Baetidae	3	3
Leptophlebiidae	3	3
Leptohyphidae	3	3
ODONATA		
Calopterygidae	7	7
Coenagrionidae	3	3
Gomphidae	5	--
Libellulidae	2	2
PLECÓPTERA		
Perlidae	6	6
MEGALÓPTERA		
Corydalidae	6	--
HEMÍPTERA		
Belostomatidae	--	3
Gelastocoridae	5	--
Naucoridae	3	--
Veliidae	4	--
COLEÓPTERA		
Elmidae	3	3
Psephenidae	4	--
TRICHOPTERA		
Calamoceratidae	9	9
Hydropsychidae	4	4
Leptoceridae	5	--
Philopotamidae	6	6
Polycentropodidae	7	--
LEPIDÓPTERA		
Cambridae	3	--
DÍPTERA		
Ceratopogonidae	1	--
Chironomidae	2	2
Simuliidae	6	6
Tipulidae	--	2
TOTAL	104	66
Categoría calidad	Buena	Regular

Tabla 3.

Categoría de calidad de agua BMWP/PAN, (Cornejo et al., 2017).

Valores	Significado y coloración
150 o más	Aguas de calidad Excelente
78-149	Aguas de calidad Buena
59-77	Aguas de Calidad Regular
39-58	Aguas Contaminadas
20-38	Aguas muy contaminadas
19 o menos	Aguas extremadamente contaminadas

Discusión

En esta investigación los géneros más abundantes fueron *Chimarra* (2 866), seguido por *Smicridea* (1 442) y en tercer lugar es *Farrodes* (1 251). Estos géneros se localizan en Mesoamérica, los cuales habitan en ríos y quebradas con acumulaciones de hojarasca y se alimentan de materia orgánica fina (Springer et al., 2010).

La familia Chironomidae presentó riqueza y abundancia, en ambos lugares de recolecta. Esto se debe a que se localizan en diversos hábitats, debido a su gran capacidad de adaptación a las condiciones que el medio le presenta (Ruiz et al., 2000). Además, casi siempre se presentan como dominantes, tanto en ambientes lóticos como lénticos debido a su tolerancia a situaciones extremas como hipoxia y gran capacidad competitiva (Marques et al., 1999). También poseen una variedad de hábitos alimenticios y así ocupan un amplio rango de microhábitat (Merritt & Wallace, 2009).

Todos los órdenes y géneros encontrados en este estudio, coinciden con los presentados por Rodríguez et al (2022), el cual se realizó en este mismo río. También los géneros identificados en este trabajo coinciden con otras investigaciones realizadas en la provincia de Coclé como son el de Higuera Gómez et al., (2024, 2024 b, 2025 y 2025 b).

Conclusiones

En esta investigación, determinamos que el tramo de Sonadora presenta mayor diversidad de insectos acuáticos con respecto al Balneario Las Mendozas del río Zaratí, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá.

Además, la calidad del agua en el área de Sonadora, según el índice BMWP/PAN es buena y en el área del balneario Las Mendozas del río Zaratí es regular.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Dios por permitirnos llevar a cabo esta investigación y llegar a su culminación. Además, un sincero agradecimiento a la Mgter Yuliana Vásquez, por su recomendación.

Referencias

- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). (2011). *Plan nacional de gestión integrada de recursos Hídricos de la República de Panamá, 2010-2030*. Editora Novo Art, S.A
- Cornejo, A., López López, E., Ruiz-Picos, R.A., Sedeño-Díaz, J.E., Armitage, B., Arefina, T., Nieto, C., Tuñón, A., Molinar, M., Ábrego, T., Pérez, E., Tuñón, A.R., Magué, J., Rodríguez, A., Pineda, J., Cubilla J. y Avila Quintero, I.M. (2017). *Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá*. 326pp. ISBN: 978-9962-5573-2-6.
- Emmen,D., Quiros, D. y García, D. (2016). Diversidad de insectos acuáticos y calidad de agua de los ríos indio y Gatún del alto Chagres, cuenca del Canal. *Tecnociencia*, 18(1), pp.101–115. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/134/120>
- Fischer, S., Pereyra, D. & Fernández, L. A. (2012). Predation ability and non-consumptive effects of *Notonecta sellata* (Heteroptera: Notonectidae) on immature stages of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *J. Vect. Ecol.*37: 245-251
- Higuera Gómez, M., Bernal, A. y Vargas, Y. (2024). Comunidad de insectos acuáticos en Los Uveros, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá, *Revista Semilla del Este*, 5(1), 87 -101.
- Higuera Gómez M., Quijada Gutiérrez L, y Moreno Quirós R. (2024). Diversidad de insectos acuáticos en Chiguirí Arriba, Penonomé, Coclé, Panamá, *Revista Científica Guacamaya*, 8(2), 77-87.

- Higuera Gómez M., Pérez, M. y Ojo, M. (2025). Insectos acuáticos en el río Maricas, Penonomé, provincia de Coclé, Panamá. *Revista Colegiala de Ciencia*. 7 (1): 17-28. ISSN-L 2710-7434. DOI: <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v7n1.a8386>
- Higuera Gómez M., Pitty Vásquez, M. y Ubarte Jiménez, E. (2025). Comunidad de insectos acuáticos en el arroyo La Colorada, Antón, Provincia de Coclé, Panamá. *Revista Semilla del Este*. 6 (1): 102-114, ISSN-L 2710-7469. <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v6n1.8128>
- Marqués, M.G.M., Ferreira, R.L. & Barbosa, F.A.R. (1999). A comunidade de Macroinvertebrados Aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual, do Rio Doce, MG. *Rev. Brasil. Biol*, 59 (2): 203-210.
- Merritt, R. W. & Wallace, J. B. (2009). *Aquatic Habitats*. En Vincent, H. R. y Ring, T. C. (Eds.). *Encyclopedia of Insects* (38-48). Segunda edición. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para Medir la Biodiversidad*. CYTED, ORCYT, SEA. México. 80 pp.
- Posada García, J. y Roldán Pérez, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Noroccidente de Colombia. *Caldasia*, 25 (1), 69-192.
- Prat N., Acosta, R., Villamarín, Ch. y Rieradevall, M. (2018). *Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos Altoandinos de Ecuador y Perú, clave para la determinación de los principales morfotipos larvarios*. Grupo de Investigación F.E.M. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. 45pp.
- Rodríguez C., Jurado, Y., y Rodríguez, V. (2022). Estructura numérica de los insectos acuáticos en la deriva y su relación con la comunidad bentónica, en un tramo del río Zaratí, provincia de Coclé, Panamá. *Tecnociencia*, 24 (1): 45-71.
- Roldán Pérez, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia. Colombia. 217 pp.
- Roldán Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Ciencia y Tecnología. Ed. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Roldán Pérez, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Bogotá. D. C. Corporación Autónoma Regional (CAR).

- Roldán Pérez G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 40 (155): 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Ruiz Moreno, J., Ospina Torres, R., y Riss, W. (2000). Guía para la identificación genérica de larvas de Quironómidos (Diptera: Chironimidae) de la Sabana de Bogotá. II. Subfamilia Chironominae. *Caldasia*, 22 (1): 15-33.
- Sermeño Chicas, J., Serrano Cervantes, L., Springer, M., Paniagua Cienfuegos, M., Pérez, D., Rivas Flores, A. y Menjivar Rosa, R. (2010). *Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador* (IBF-SV-2010). En: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 43 pp.
- Springer M., Ramírez A. y Hanson P. (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical*. 58. (4), 240 pp.

Calidad del agua del río San Pablo en el sector de Soná (Panamá): estudio microbiológico 2014

Water quality of the San Pablo river in the Soná sector (Panama):
microbiological study 2014

José J. Him Fábrega

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias
Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá
jose.him@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-7872-4098>

Susana Amores

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias
Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá
susana.amores@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0003-7022-4106>

Leydis González

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias
Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá
leydis.gonzalez02@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0004-1885-6920>

Recepción: 06 marzo de 2026

Aprobación: 07 septiembre 2026

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v7n1.11392>

Resumen

El río San Pablo se ubica en la provincia de Veraguas, Panamá. Con una longitud aproximada de 148 km, nace en la serranía del Tabasará y desemboca en el Golfo de Montijo. Su cuenca hidrográfica abarca unos 2,453 km², lo que lo convierte en un recurso fundamental para la agricultura, la ganadería y el ecosistema de manglares. Además, constituye un atractivo para el turismo, las actividades acuáticas y la pesca deportiva. Por su relevancia, resulta indispensable garantizar el cuidado y monitoreo constante de la calidad de sus aguas. Con este objetivo, en 2014 se realizaron análisis microbiológicos en un sector del río, específicamente en las inmediaciones de la población de Soná. Los puntos de muestreo seleccionados fueron Tolerique, Hacienda California y Hacienda Tólica. En cada sitio se recolectaron cinco muestras durante la estación lluviosa y tres en la estación seca. Para cada muestreo se tomaron tres submuestras: dos en las orillas y una en el centro del río. Posteriormente, las submuestras fueron homogeneizadas para obtener una muestra compuesta por sitio, la cual se transportó en neveras hasta el laboratorio del Centro Regional Universitario de Veraguas. El análisis se realizó mediante la técnica del número más probable en tubos múltiples con caldo bilis verde



brillante, complementada con una confirmación en tubos de SIM. Los resultados evidenciaron que los sitios muestreados presentaban concentraciones similares de coliformes totales y fecales. Sin embargo, al comparar las estaciones del año, se observó una mayor concentración de coliformes fecales durante la época lluviosa en la sección estudiada del río.

Palabras clave. Calidad de aguas de río, río San Pablo, Coliformes fecales, coliformes totales, Golfo de Montijo, Panamá.

Abstract

The San Pablo River is located in the province of Veraguas, Panama. Approximately 148 km long, it originates in the Tabasará mountain range and flows into the Gulf of Montijo. Its watershed covers approximately 2,453 km², making it a vital resource for agriculture, livestock farming, and the mangrove ecosystem. It is also an attraction for tourism, water sports, and sport fishing. Given its importance, it is essential to ensure the care and constant monitoring of its water quality. To this end, microbiological analyses were conducted in 2014 in a section of the river, specifically near the town of Soná. The selected sampling points were Tolerique, Hacienda California, and Hacienda Tólica. At each site, five samples were collected during the rainy season and three during the dry season. For each sample, three subsamples were taken: two from the banks and one from the center of the river. Subsequently, the subsamples were homogenized to obtain a composite sample per site, which was transported in coolers to the laboratory of the Centro Regional Universitario de Veraguas. Analysis was performed using the most probable number (MPN) technique in multiple tubes with brilliant green bile broth, supplemented by confirmation in SIM tubes. The results showed that the sampled sites presented similar concentrations of total and fecal coliforms. However, when comparing the seasons, a higher concentration of fecal coliforms was observed during the rainy season in the studied section of the river.

Keywords. Fecal coliforms, Total coliforms, Gulf of Montijo, Panama, River water quality, San Pablo River.

Introducción

La cuenca del río San Pablo se ubica en la vertiente del Pacífico, al oeste de la provincia de Veraguas y de la comarca Ngäbe Buglé. Está integrada por los ríos Cobre, Cañazas y San Pablo, además de diversas microcuencas que complementan su sistema hidrográfico. Su área de drenaje abarca aproximadamente 2,453 km², mientras que su cauce principal se extiende a lo largo de unos 148 km,



desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Golfo de Montijo (Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009).

Este estudio se centró en un tramo del río San Pablo ubicado en las inmediaciones de la ciudad de Soná. Al igual que ocurre en numerosos ríos de Panamá, este sector se ve influenciado por las actividades humanas desarrolladas en sus alrededores, lo que genera diversas formas de contaminación, tanto química como microbiológica (Ávila-Díaz et al., 2024; Calvo-Brenes and Salazar-Céspedes, 2023; Herrera-Morales and Cabezas-Andrade, 2022; Kann et al., 2025; Pavan et al., 2022). Las contaminaciones microbiológicas pueden ocasionar la presencia de organismos patógenos como virus, bacterias, protozoos y gusanos parásitos (Bourli et al., 2023; Fundora Hernández et al., 2013; Han et al., 2025; Han and Zhang, 2025; Ramos Mancheno, 2024).

Para determinar la presencia de los microorganismos patógenos, generalmente se utiliza la búsqueda de organismos indicadores de contaminación fecal. Los indicadores más utilizados son los coliformes totales y coliformes fecales (Ávila-Díaz et al., 2024; Calvo-Brenes and Salazar-Céspedes, 2023; Cruz and Montañez, 2024; Elena Iñiguez-Muñoz et al., 2022; Him and Vásquez, 2022; Lorenzo M et al., 2023; Pauta-Calle et al., 2020); los cuales determinan si las aguas han sido contaminadas por material proveniente de material fecal de animales y humanos.

La identificación de indicadores de contaminación fecal constituye un parámetro esencial para evaluar la calidad del agua y orientar la toma de decisiones sobre su uso. En el caso de los ríos, esta información resulta determinante para definir su viabilidad como fuente de abastecimiento, así como para actividades de navegación y recreación. Cada uno de estos usos requiere el cumplimiento de criterios específicos relacionados con las concentraciones de coliformes totales y fecales. En contextos recreativos y pesqueros, la presencia de microorganismos indicadores puede ser tolerada únicamente dentro de límites establecidos por la normativa, garantizando así la protección de la salud pública y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (González-Fernández et al., 2023; Pavan et al., 2022; Vanden Esschert et al., 2020).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la presencia y concentración de coliformes totales y coliformes fecales en el agua de un sector del río San Pablo, localizado en las proximidades de la

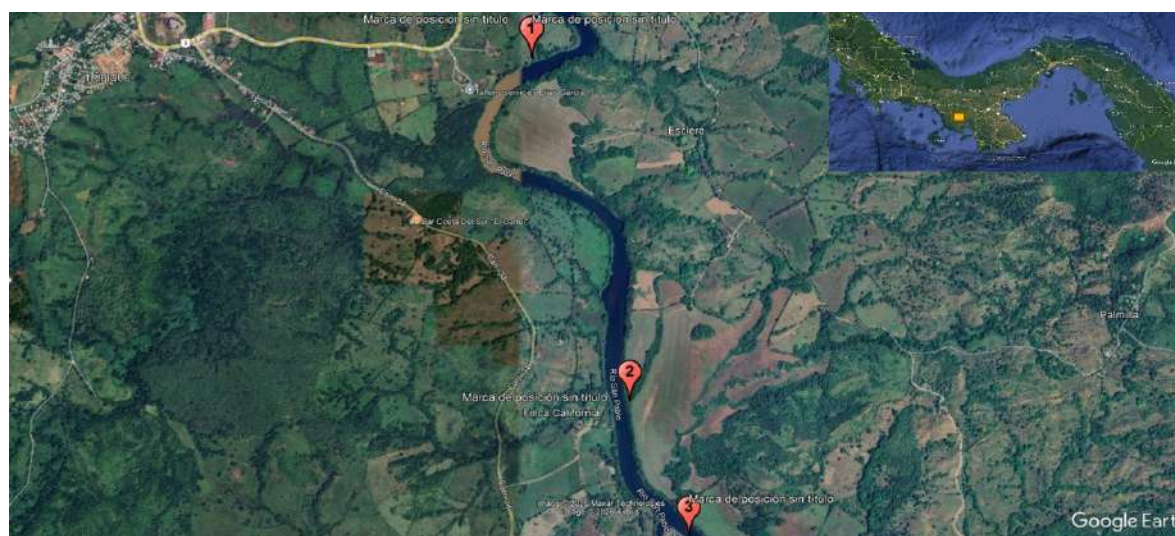
ciudad de Soná, provincia de Veraguas, Panamá. Los resultados obtenidos constituyen un indicador del nivel de contaminación de estas masas de agua, utilizadas con distintos fines por las comunidades locales. Dichos hallazgos representan una herramienta fundamental para los gestores de recursos naturales en Panamá, al proporcionar evidencia científica que respalda la implementación de medidas orientadas a prevenir la degradación y pérdida de estos ecosistemas fluviales.

Materiales y métodos

Área de estudio

Figura 1

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo para el análisis bacteriológico en el río San Pablo en el sector cercano a la ciudad de Soná. Tolerique (1), Hacienda California (2), Hacienda Tólica (3), Provincia de Veraguas.



Nota: Coordenadas de los sitios muestreados: Tolerique 7°59'41.84'' N, 81°17'34.94''O; Hacienda California 7°58'39.58'' N, 81°17'20.20''O; Haciendo Tólica 7°58'15.55''N, 81°17'09.47''O.

Fuente: Imagen adaptada de Google Earth.

sector del río San Pablo que fue estudiado se encuentra al sureste de la ciudad de Soná (Figura 1). Este sector es encuentra influenciado por varias actividades humanas como los son la recreación y las tareas agropecuarias.

Toma de muestras

Para la recolección de muestras en los sitios seleccionados se utilizaron los servicios de boteros de la región. En cada sitio escogido para tomar muestras fueron utilizados frascos de vidrio con tapa de rosca previamente esterilizados en una autoclave vertical. Estos fueron transportados al área de estudio en neveras portátiles que contenían paquetes de gel congelante. Asimismo, se llevaron recipientes no estériles destinados a los análisis in situ de los parámetros fisicoquímicos.

En cada punto de muestreo, el frasco estéril se abrió y se colocó en posición contracorriente sobre la superficie del cuerpo de agua para la toma de la muestra. Los sitios muestreados correspondieron a Tolerique (1), Hacienda California (2) y Hacienda Tólica (3).

En cada sitio se tomaron cinco muestras en la época lluviosa (julio a noviembre) y tres muestras en la época seca (enero a marzo). Para el análisis microbiológico se recolectaron tres muestras de aproximadamente 200 mL cada una, las cuales fueron posteriormente homogeneizadas en un recipiente de mayor capacidad (aproximadamente 500 mL) para conformar la muestra compuesta definitiva. Esta fue almacenada en una nevera portátil y mantenida a una temperatura cercana a 8 °C hasta su procesamiento. Esta muestra final fue transportada el mismo día al laboratorio de microbiología del Centro Regional Universitario de Veraguas (CRUV).

Análisis de laboratorio

El análisis microbiológico se realizó mediante la técnica del Número Más Probable (NMP) utilizando series de tres tubos con caldo bilis verde brillante. Se emplearon tres volúmenes de dilución: 10 mL, 1 mL y 0.1 mL. Tras efectuar las diluciones e inoculaciones correspondientes, las series de tubos fueron incubadas a 37 °C durante un máximo de 48 horas.

Los tubos que presentaron resultados positivos para coliformes totales fueron posteriormente inoculados en medio SIM y reincubados a 44.5 °C (método DEF, europeo), con el fin de evaluar la producción de indol. La obtención de un resultado positivo en esta prueba fue considerada como evidencia de la presencia de coliformes fecales.

Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS versión 20. En primera instancia, se analizaron los datos correspondientes a cada sitio con el objetivo de identificar diferencias entre ellos; posteriormente, se evaluaron las variaciones según la época del año. La prueba de normalidad aplicada a los datos indicó la necesidad de emplear métodos no paramétricos.

Para la comparación entre sitios en cada época se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, mientras que para contrastar las dos épocas del año se aplicó la prueba U de Mann-Whitney.

Resultados

Comparación por sitios de muestreo

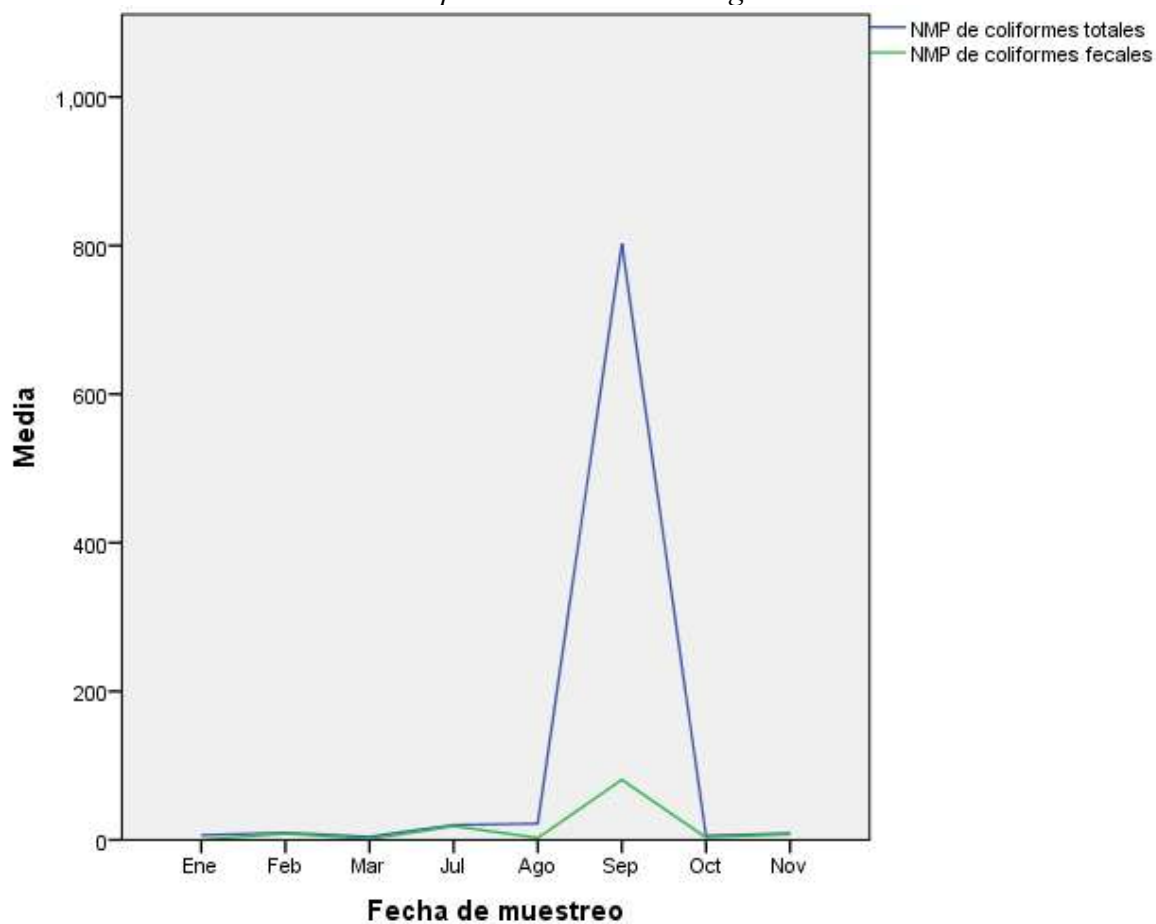
En primer lugar, los datos se organizaron según los sitios de muestreo y se clasificaron por época del año (lluviosa y seca). Posteriormente, dentro de cada época se compararon los tres sitios con el fin de evaluar su grado de similitud.

Análisis de coliformes

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar los recuentos por el método de NMP resultaron similares en los tres sitios de muestreos ($P > 0.05$), tanto en la época lluviosa como en la seca. Luego se procedió a observar el comportamiento de los datos en el tiempo se observó que hubo un incremento de los coliformes totales en el mes de septiembre (Figura 2).

Figura 2

Comportamiento de las medias de los recuentos de coliformes detectados en los meses (2014) estudiados. Las medias están dadas por NMP/100 mL de agua.



Comparación por época del año

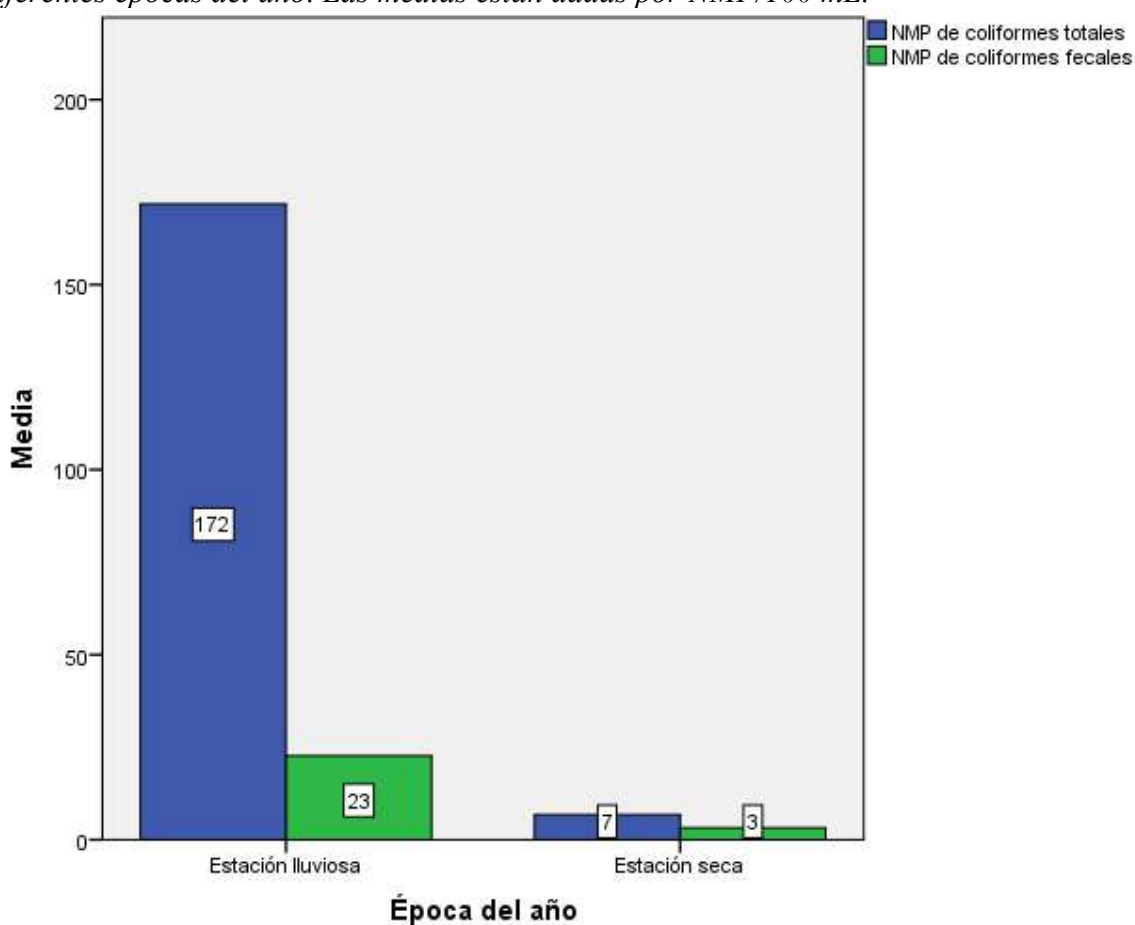
Los datos agrupados por época del año fueron analizados, primero de forma descriptiva y sus medias representadas en la Figura 3.

Análisis de coliformes

La prueba U de Mann – Whitney para los coliformes totales determinó que estos eran similares en las dos épocas del año ($P > 0.05$), a pesar de que en el gráfico se observe mayor diferencia. Por otro lado, las concentraciones de coliformes fecales mostraron ser mayores en la época lluviosa ($P = 0.030$).

Figura 3

Comparación de las medias de los datos obtenidos para coliformes totales y fecales en las diferentes épocas del año. Las medias están dadas por NMP/100 mL.



Discusión

Los recuentos observados durante las dos épocas del año, en el sector del río San Pablo en las cercanías a la ciudad de Soná en la provincia de Veraguas, demuestran que existe algún tipo de contaminación por organismos indicadores de contaminación fecal. Muy probablemente ocasionada por las actividades humanas realizadas en las secciones aledañas o al norte del río. El sector estudiado se ubica después de la unión de los ríos San Pablo y Cobre, lo que significa que el aporte de contaminación puede provenir de ambos ríos y del propio sector estudiado.

En todos los sitios de muestreo (Tolerique, Hacienda California y Hacienda Tólica), las concentraciones de coliformes totales se mantuvieron relativamente constantes, lo que indica condiciones ambientales semejantes en la zona de estudio. Sin embargo, se observó un aumento significativo de coliformes fecales durante la temporada lluviosa. Este comportamiento refleja la influencia de factores como las escorrentías superficiales, el manejo intensivo de la tierra, la degradación de la vegetación, la deforestación y diversas actividades agropecuarias, que favorecen la proliferación de contaminantes bacteriológicos en periodos húmedos (Pavan et al., 2022).

La presencia de organismos indicadores no garantiza necesariamente la existencia de patógenos (Vanden Esschert et al., 2020); sin embargo, constituye una señal de alerta que subraya la necesidad de mantener estos ambientes en condiciones seguras para los usuarios de las aguas. En el caso de los nadadores, resulta complejo determinar si la exposición en balnearios naturales deriva en enfermedades gastrointestinales (González-Fernández et al., 2023; Vanden Esschert et al., 2020). Por ello, se han establecido límites de concentración para los organismos indicadores, con el propósito de asegurar que las aguas destinadas al uso recreativo sean adecuadas. Debido a las múltiples fuentes de contaminación fecal se han establecido sugerencias en el caso de elevados recuentos de indicadores de contaminación fecal que incluyen no nadar en estas aguas, no nadar en cuerpos de agua si se tienen síntomas de diarrea, no tragar agua y en el caso de playas mantener la arena lejos de la boca (Vanden Esschert et al., 2020). Rebasar estas condiciones producirían el deterioro de las aguas y su muy difícil



recuperación como ha ocurrido en otras localidades (Chaves-Villalobos et al., 2023; Cutillas et al., 2019; Olguín et al., 2010).

En Panamá, la normativa sobre organismos indicadores en aguas recreacionales está definida por decreto del gobierno nacional, el cual establece un máximo de < 250 coliformes fecales y < 200 enterococos fecales por cada 100 mL de muestra (Ministerio de Economía y Finanzas, 2008). Estos parámetros permiten a las autoridades determinar si los sitios habituales pueden seguir siendo utilizados con fines recreativos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que el sector estudiado mantiene las condiciones para seguir siendo utilizadas en las actividades que habitualmente se realizan. Estos resultados ayudan a los responsables comunitarios a tener una guía de las condiciones de estas zonas. Las instituciones relacionadas con este tipo de análisis deben mantenerse en guardia para asegurar que estos recursos sigan teniendo el valor ambiental que poseen, por lo que es recomendable mantener monitoreos periódicos de estos ecosistemas para asegurar su disponibilidad en la recreación y la calidad del sistema.

Referencias

- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009. Informe del monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá. Compendio de resultados 2002-2008. Panamá.
- Ávila-Díaz, J.A., Arciniega-Galaviz, M.A., Moreno-Rentería, K.J., Llanes-Cárdenas, O., 2024. Contaminación microbiológica en agua potable de localidades rurales en el municipio de Ahome, Sinaloa, México. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo 15. <https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2182>
- Bourli, P., Eslahi, A.V., Tzoraki, O., Karanis, P., 2023. Waterborne transmission of protozoan parasites: A review of worldwide outbreaks - an update 2017-2022. J. Water Health 21, 1421–1447. <https://doi.org/10.2166/wh.2023.094>



- Calvo-Brenes, G., Salazar-Céspedes, K., 2023. Estrategia de monitoreo hídrico comunitario para la microcuenca río Jorco basado en el análisis de indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos de la calidad de agua. *Revista Tecnología en Marcha* 36, 181–193. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6456>
- Chaves-Villalobos, M., Quirós-Vega, J., Cordero-Cordero, S., Villalobos-Sequeira, J., Anchía-Leitón, D., Loría-Barquero, A., Luna-Salas, D., Fung-Méndez, A., Paniagua-Pantoja, M., 2023. Evaluación de la salud ambiental del río Ocloro, utilizando una metodología mixta. *Revista Tecnología en Marcha* 36, 148–159. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6392>
- Cruz, H., Montañez, D., 2024. Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua potable en algunas comunidades rurales de la región de Azuero. *Centros Revista científica universitaria* 13, 24–37.
- Cutillas, P.P., Álvarez, J.P.A., Ortega, E.F.S., García, C.C., Cabañero, J.J.A., 2019. Environmental degradation and its effects on the pollution of surface water in conchos river basin (Chihuahua-mexico). *Cuadernos Geograficos* 58, 47–67. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6636>
- Elena Iñiguez-Muñoz, L., Miguel Anaya-Esparza, L., Antonio Castañeda-Villanueva, A., Martínez-Esquivias, F., Carvajal-Hernández, M., Dolores Méndez-Robles, M., 2022. Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudad de Tepatlán, Jalisco.
- Fundora Hernández, H., Puig Peña, Y., Chiroles Rubalcaba, S., Rodríguez Bertheau, A.M., Gallardo Díaz, J., Milián Samper, Y., 2013. Métodos inmunológicos utilizados en la identificación rápida de bacterias y protozoarios en aguas. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.*
- González-Fernández, A., Symonds, E.M., Gallard-Gongora, J.F., Mull, B., Lukasik, J.O., Rivera Navarro, P., Badilla Aguilar, A., Peraud, J., Mora Alvarado, D., Cantor, A., Breitbart, M., Cairns, M.R., Harwood, V.J., 2023. Risk of Gastroenteritis from Swimming at a Wastewater-Impacted Tropical Beach Varies across Localized Scales. *Appl. Environ. Microbiol.* 89, e0103322. <https://doi.org/10.1128/aem.01033-22>
- Han, Z., Tian, T., Zhang, Y., 2025. Development of a High-Throughput qPCR Assay for Detecting Waterborne Protozoa and Helminths Across Different Environmental Media in China. *Chinese Center for Disease Control* 7, 100–106. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2025.016>
- Han, Z., Zhang, Y., 2025. Prevalence and Risk Factors of Waterborne and Foodborne Protozoan Pathogens in Kenya : A One Health Perspective. *Chinese Center for Disease Control* 7, 83–89. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2025.014>



- Herrera-Morales, G.C., Cabezas-Andrade, L.D., 2022. El impacto ambiental en la contaminación del agua en el Ecuador. *Ingenium et Potentia* 4, 78. <https://doi.org/10.35381/i.p.v4i7.1865>
- Him, J., Vásquez, D., 2022. EVALUATION OF COLIFORMS AND PHYSICO-CHEMICAL FACTORS OF THE WATER IN A SECTOR OF THE MOUTH OF THE SAN PABLO RIVER, VERAGUAS, PANAMA.
- Kann, R.S., Garn, J., Fagnant-Sperati, C.S., Snyder, J.S., Kowalsky, E., Brown, J., McGunegill, S., Nalá, R., Freeman, M.C., Levy, K., 2025. Variability of enteric pathogen infections by season and meteorological conditions in a low-income, urban setting in Mozambique. <https://doi.org/10.1101/2025.10.02.25337035>
- Lorenzo M, H., Leines, D., Gutiérrez, A., Torres, J., 2023. Evaluación de la contaminación fecal del agua del río Valles mediante indicadores microbiológicos. *Assessment of Fecal Water Pollution in the Valles River through Microbiological Indicators. Tectzapic, Revista científica y tecnológica* 9, 51.
- Ministerio de Economía y Finanzas, 2008. Decreto Ejecutivo No. 75 (de 4 de junio de 2008) “Por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo” 12.
- Olguín, E.J., González-portela, R.E., Sánchez-galván, G., Zamora-, J.E., 2010. Contaminación de ríos urbanos : El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa , Veracruz , México Resumen. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal* 1, 178–190.
- Pauta-Calle, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja-Sari, M., Palta-Vera, A., 2020. Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana* 11, 46–57. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
- Pavan, J.V., Masachessi, G., Prez, V.E., Di Cola, G., Re, V.E., Nates, S.V., 2022. Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. *Rev. Fac. Cienc. Med. Cordoba* 79, 210–214. <https://doi.org/10.31053/1853.0605.v79.n2.33403>
- Ramos Mancheno, A.D. de J., 2024. Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. *Polo del Conocimiento* 9, 614–632. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396>
- Vanden Esschert, K.L., Mattioli, M.C., Hilborn, E.D., Roberts, V.A., Yu, A.T., Lamba, K., Arzaga, G., Zahn, M., Marsh, Z., Combes, S.M., Smith, E.S., Robinson, T.J., Gretsche, S.R., Laco, J.P.,
- Wikswa, M.E., Miller, A.D., Tack, D.M., Wade, T.J., Hlavsa, M.C., 2020. Outbreaks Associated with Untreated Recreational Water — California, Maine, and Minnesota, 2018–2019. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 69, 781–783. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6925a3>