



# SCIENTIA

VOL.34, N° 1, enero - junio 2024

**REVISTA DE  
INVESTIGACIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Tierra,  
y Ciencias Computacionales**





Vol.34 , N° 1, enero – junio 2024

ISSN L 2710 - 7647

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/>



**REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**VOL.34, N° 1**

**ENERO-JUNIO 2024**

---

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/>



**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

**COMITÉ EDITORIAL/EDITORIAL COMMITTEE****EDITOR EN JEFE/EDITOR-IN-CHIEF****Jaime Rivera**

Universidad de Panamá, Geomorfólogo Ccambio, COIBA. Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de Biodiversidad., Centro Regional Universitario - Veraguas, Panamá.

[jaime.rivera@up.ac.pa](mailto:jaime.rivera@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-8265-7836>

**EDITORES EMÉRITOS/EMERITUS EDITORS****Alfredo Lanuza-Garay**

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario - Colón, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Panamá.

[alfredo.lanusa@up.ac.pa](mailto:alfredo.lanusa@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>

**Alfredo Figueroa Navarro**

Universidad de Panamá, Departamento de Sociología, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0982-1249>

**Héctor Barrios**

Universidad de Panamá, Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Panamá.

[hector.barriosv@up.ac.pa](mailto:hector.barriosv@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-0542-1731>

**EDITORES CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC EDITORS****Orlando O. Ortiz**

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

[orlando.ortiz@up.ac.pa](mailto:orlando.ortiz@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-7805-0046>

**EDITORES ASOCIADOS/ASSOCIATED EDITORS****Alessio Papini**

Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia.

[Alessio.papini@unifi.it](mailto:Alessio.papini@unifi.it)

<https://orcid.org/0000-0001-7904-0336>

**Arianna Michelle Hernández Sánchez**

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, México.  
ariannamhs@outlook.com

<https://orcid.org/0000-0001-9045-3537>

**Coral Jazvel Pacheco Figueroa**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DACBiol, México.  
coral.pacheco@ujat.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5281-9251>

**Eloisa Adriana Guerra Hernández**

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México.

eloisaaguerrah@gmail.com, eagh@unam.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3710-0884>

**Félix Rodríguez**

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.  
rodriguezf@si.edu

<https://orcid.org/0000-0002-6015-7945>

**Jean Michel Maes**

Museo Entomológico de León, Nicaragua.  
jmmaes@bio-nica.info

<https://orcid.org/0000-0002-5425-3439>

**Luc Legal**

Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Université Paul Sabatier, Francia/México.  
luc.legal@univ-tlse3.fr

<https://orcid.org/0000-0003-0424-2931>

**Nathalia Tejedor Flores**

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Panamá.  
nathalia.tejedor@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0154-1955>

**Romina D'Almeida**

CONICET, Instituto Superior de Investigaciones Biológicas, Argentina.  
rominadalmeida@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5075-6381>

**Yehudi Rodríguez**

Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP), Panamá.  
nafisay@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6947-9046>

**Yostin Aníño**

Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Panamá.  
yostin0660@gmail.com

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

**Yves Basset**

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

bassety@si.edu

<https://orcid.org/0000-0002-1942-5717>

**EDITORA ASOCIADA/ ASSOCIATE EDITOR****Damaris V. Tejedor De León**

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

[damaris.tejedor@up.ac.pa](mailto:damaris.tejedor@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-4350-196X>

**SECRETARIA TÉCNICA/ TECHNICAL SECRETARY****Zaira Delgado**

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

[zaira.delgado@up.ac.pa](mailto:zaira.delgado@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-0634-714X>

**SOPORTE TÉCNICO/TECHNICAL SUPPORT****Edgar Pérez**

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

[edgar.perezr@up.ac.pa](mailto:edgar.perezr@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-0466-001X>

## INDICE

<b>EDITORIAL.....</b>	<b>8</b>
Primer Registro de depredación del Garrapatero Mayor, <i>Crotophaga major</i> , sobre sobre la Rana, <i>Trachycephalus tiphonius</i> , Santa Ana, Los Santos, Panamá.....	<b>9</b>
Primer Registro de Polluelos de Chorlo de Wilson (CHARADRIUS WILSONIA) en el Parque Nacional Sarigua, Provincia de Herrera, Panamá .....	<b>19</b>
Estructura del Macrobentos en la Playa Urbana de Panamá Viejo.....	<b>32</b>
Propiedades Biomecánicas de Eritrocitos Infectados por Plasmodium.....	<b>66</b>
Evaluación del Rendimiento en Grano de Cuatro Cultivares de Maíz (ZEA MAYS L.) en Época de Lluvia. .....	<b>80</b>
Diagnóstico de las Actividades Extractivas en el Área Protegida de los Manglares de la Bahía de Chame, Panamá, Año 2010.....	<b>100</b>



## Editorial

La revista **SCIENTIA** tiene por objeto publicar resultados de investigaciones originales e inéditas, en ciencias naturales y exactas, ciencias de la Tierra, y ciencias computacionales. Editada por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá, busca acrecentar y contribuir con el avance del conocimiento científico y tecnológico a nivel nacional internacional.

En este primer fascículo de 2024 presenta a la comunidad científica (investigadores profesores, estudiantes y profesionales consumados), siete (6), artículos inéditos producto del trabajo investigativo y del compromiso académico de sus autores. En consecuencia, los dos primeros artículos que dan apertura al citado fascículo versan sobre el avistamiento y primer registro de aves específicas para la costa de la península de Azuero, al respecto, se confirma y documenta el comportamiento de depredación del *Crotophaga major* sobre la rana *Trachycephalus tiphonius*; y subsiguientemente, la observación de polluelos de Chorlos de Wilson (*Charadrius wilsonia*) en el Parque Nacional Sarigua. A continuación, la entrega discute resultados inéditos sobre el estudio de la macrofauna en playas arenosas urbanas sujetas a los aportes de aguas servidas y superficiales provenientes de los ríos ciudadanos. Posteriormente, se sustenta la utilidad de las pinzas ópticas como herramientas innovadoras acopladas a un microscopio para conocer las propiedades biomecánicas de las células; técnica que facilitará el diagnóstico de la enfermedad, o para medir la efectividad de tratamientos antimaláricos. También, este fascículo incluye importantes resultados asociados a la sostenibilidad del espacio natural, al presentar los resultados a través de los cuales fue posible evaluar el rendimiento en grano de cultivares de maíz, en aras de orientar las prácticas agrícolas abocadas a el aumento del rendimiento y la disminución del costo de producción; así como también, a través del uso de datos estadísticos, se consigue determinar el impacto de las actividades humanas extractivas que acontecen sobre la planicie fluvio-marina que alberga el Manglar de Chame.

Agradecemos a cada uno de los autores por haber elegido la Revista **SCIENTIA** para publicar sus trabajos, así como a la Oficina de Publicaciones Científica y Académicas, de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá por el apoyo brindado, reafirmando el compromiso con la difusión de la ciencia en nuestro país.

**Dr. Jaime A. Rivera Solís**  
**Director - Editor**



**Primer Registro de depredación del Garrapatero Mayor,  
*Crotophaga major*, sobre la rana, *Trachycephalus tiphonius*,  
Santa Ana, Los Santos, Panamá**

First record of predation of the Greater Tick, *Crotophaga major*, on the frog, *Trachycephalus tiphonius*, Santa Ana, Los Santos, Panama

**Virgilio Villalaz**

Centro Regional Ramsar para el Hemisferio Occidental. Panamá.

[virgilio.05vd@gmail.com](mailto:virgilio.05vd@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-0692-1420>

**Koraima Tejada**

Universidad de Panamá. Panamá.

[koraima210599@gmail.com](mailto:koraima210599@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-7667-3488>

**Félix Camarena**

Universidad de Panamá. Panama.

[felix.camarena@up.ac.pa](mailto:felix.camarena@up.ac.pa)

[felix.camarena.1@udelas.ac.pa](mailto:felix.camarena.1@udelas.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Recepción  
26/06/2023

Aprobación  
21/11/2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4574>

**Resumen**

La especie *Crotophaga major* tiene una longitud de 44 cm, es la más grande de su género, tiene ojos blancos y la mandíbula superior arqueada hacia arriba lo que le da forma de una protuberancia en el pico, tiene un plumaje azul oscuro brillante. Se distribuye desde Darién hasta el oeste de la provincia de Colón. Poco se sabe de los hábitos alimenticios de *C. major*, sin embargo, es posible que cumpla un papel importante como depredador de otras especies. En el presente trabajo presentamos el primer reporte de depredación de *C. major*, el cual se dio en el corregimiento Santa Ana, provincia de Los Santos, República de Panamá. El avistamiento ocurrió el 26 de noviembre a

las 2:11 pm. El mismo se documentó con fotografías mediante una cámara Canon Powershot SX 540 HS. En primer lugar, se hizo reconocimiento sonoro corroborado por la aplicación Merlin, luego se tomó el registro fotográfico en donde se confirmó por primera vez la depredación del *Crotophaga major* sobre la rana *Trachycephalus tiphonius*.

**Palabras clave:** Etología, Azuero, Aves, Anfibios

### Abstract

The species *Crotophaga major* has a length of 44 cm, it is the largest of its genus, it has white eyes and the upper jaw arched upwards which gives it the shape of a protuberance on the beak, it has bright dark blue plumage. It is distributed from Darién to the west of the province of Colón. Little is known about the feeding habits of *C. major*; However, it is possible that it plays an important role as a predator of other species. In the present work we present the first report of predation of *C. major*, which occurred in the Santa Ana district, province of Los Santos, Republic of Panama. The sighting occurred on November 26 at 2:11 pm. It was documented with photographs using a Canon Powershot SX 540 HS camera. Firstly, sound recognition was carried out corroborated by the Merlin application, then the photographic record was taken where the predation of *Crotophaga major* on the frog *Trachycephalus tiphonius* was confirmed for the first time.

**Keywords:** Ethology, Azuero, Birds, Amphibians

### Introducción

Cabanne et. al. (2021) establece que la especie *Crotophaga major* habita bosques asociados a cuerpos de agua en las tierras bajas tropicales y subtropicales de América del Sur. Posee reproducción comunal, y nidos voluminosos en forma de copa construidos a media altura en márgenes de cuerpos de agua o en islotes. Según Angehr & Dean (2010), la especie *Crotophaga major* tiene una longitud de 44 cm, es más grande que otros *Crotophaga*, tiene ojos blancos y la mandíbula superior arqueada hacia arriba lo que le da forma de una protuberancia en el pico, tiene un plumaje azul oscuro brillante (p.122-123). Angehr y Dean (2010) indican que se distribuye desde Darién hasta el oeste de la provincia de Colón, aunque en la actualidad habita a lo largo de todo el país hasta el oeste de Costa Rica (eBird, 2023).

Ridgely y Gwynne (2005) indican que, en Panamá, el Garrapatero Mayor es frecuente en espesura árboles a lo largo de los ríos mayores, lagos, pantanos y ciénegas de agua dulce en las tierras bajas de las vertientes del Pacífico y del Caribe. El comportamiento de este animal es muy gregario, pues siempre se encuentra en ruidosos grupos, de entre 4 a 12 individuos. Entre sus llamados se encuentran graznidos y sonidos parecidos a los de un pavo. Se alimenta de insectos grande lagartijas y ranas. Construye nidos comunales que comparten varias parejas (eBird, 2023; Ridgely y Gwynne, 2005).

Por su parte, la Rana Lechosa, *Trachycephalus tiphonius*, es una rana grande, con machos adultos que miden de 70 a 101 mm y hembras adultas de 93 a 114 mm de largo y poseen un cuerpo robusto. Esta es una rana nocturna que normalmente se encuentra posada en las ramas de los árboles y la vegetación mientras se alimenta de noche. Se refugia en bromelias, huecos de árboles, debajo de la corteza de árboles vivos y muertos, o en vainas de plátanos o heliconias durante la estación seca. Durante la temporada de lluvias, que también es la temporada de reproducción, estas ranas se encuentran cerca de estanques temporales (AmphibiaWeb, 2023).

La rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) es una especie común y con amplia distribución desde México hasta Paraguay y norte de Argentina La distribución altitudinal de la Rana lechera es desde el nivel del mar hasta los 1600 m.

Hernández-Sánchez y Guevara-Alvarado (2022) indican que las ranas de este género, cuando están siendo atacadas por algún depredador empiezan a moverse bruscamente con sus ancas y a desprender una sustancia pegajosa de color blanco-transparente a través de la piel, lo que aparentemente ocasiona molestias al atacante.

En Panamá ambas especies habitan en la misma zona geográfica y los mismos hábitats y como ya se ha comprobado que el Garrapatero se alimenta de ranas y habitan generalmente en zonas de humedales, es muy probable que estas especies tengan encuentros entre sí y ocurra depredación. Sin embargo, en el país aún no se ha registrado interacción depredador presa, por parte de estas dos especies.

El objetivo del reporte es dar a conocer el primer registro de depredación del Garrapatero Mayor, *Crotophaga major* sobre la Rana Arborícola Lechosa, *Trachycephalus tiphonius*, en Santa Ana, Los Santos, Panamá.

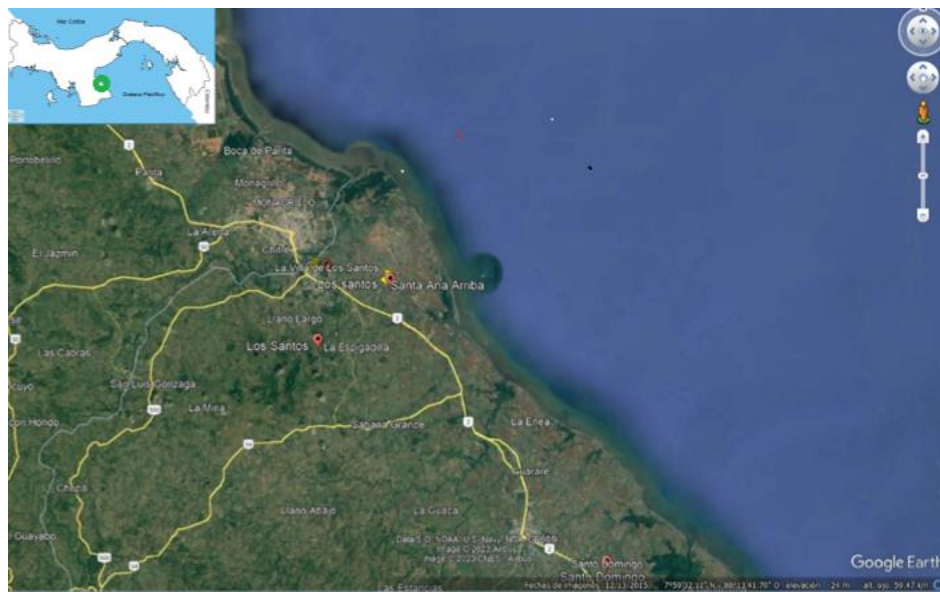
## Materiales y métodos

### Ubicación

El avistamiento se dio en una zona residencial del corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos, Panamá en las coordenadas 7.935563, -80.362179. Este corregimiento se encuentra geográficamente en la Península de Azuero, zona del arco seco de Panamá, que además forma parte de la Bahía de Parita. El corregimiento de Santa Ana se encuentra a menos de dos kilómetros, en línea recta, de la costa a la Playa el Rompió y Monagre, es un área en donde además de las actividades ganadera, las personas se dedican a la pesca, ya sea artesanal o comercial y también se extrae sal en época seca.

### Figura 1.

*Ubicación satelital de avistamiento.*



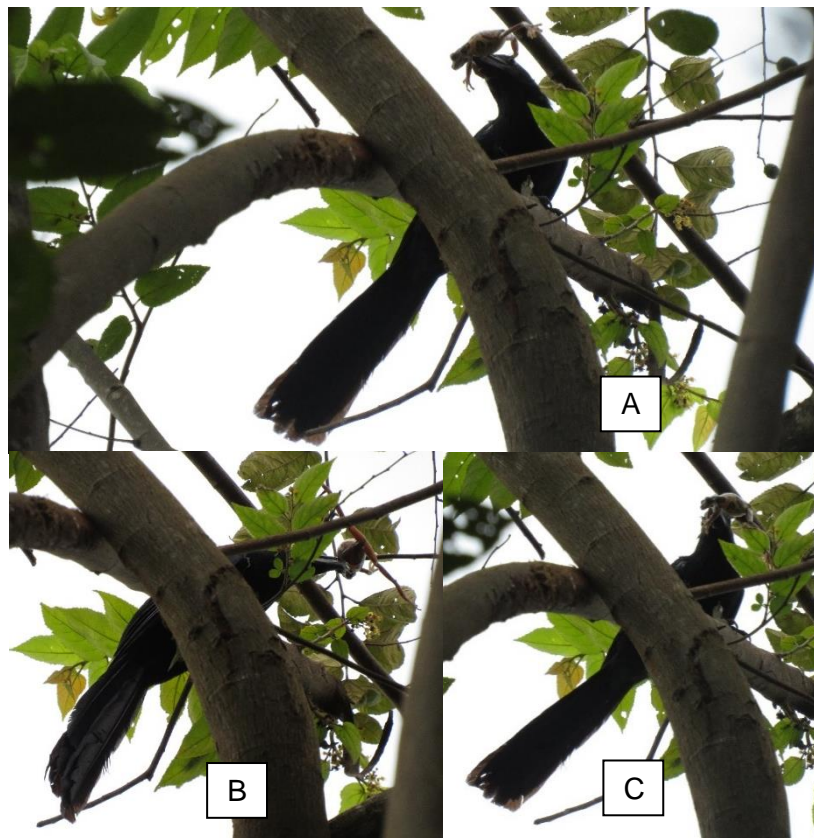
Para el registro de este comportamiento en primer lugar se escuchó la vocalización de un grupo de individuos agitados entre los árboles del jardín, luego se divisó la acción por medio de Binoculares Celestron 10x42 y posterior a ello se tomaron fotografías con una cámara fotográfica Canon Powershot SX 540 HS. Para la identificación del ave se utilizó la guía de Angehr & Dean (2010) y la aplicación Merlin. Para la rana, en cambio, se utilizó el folleto Los Anfibios de Panamá de Gratwicke B .

### **Resultados**

El 26 de noviembre de 2021 a las 2:10 pm un grupo de cinco Garrapateros Mayores fue avistado en el jardín trasero de la residencia del autor en Santa Ana de Los Santos. Estos estaban vocalizando y agitándose sobre las ramas de los árboles. Luego uno de los individuos capturó una rana que estaba en la rama de un árbol de Guásimo, *Guazuma ulmifolia* y se separó del grupo. El depredador agitaba fuertemente a su víctima golpeándola contra las ramas del árbol con movimientos de péndulo hasta dejarla inmóvil, posterior a esto se la tragó poco a poco; toda la acción duró aproximadamente dos minutos.

**Figura 2.**

*Garrapatero Mayor* *Crotophaga major* depredando a una *Rana Lechosa*, *Trachycephalus tiphonius* en las ramas de un árbol de Guásimo, Santa Ana, Los Santos, Panamá. A. Vista Lateral de la rana y del rostro del ave, B. Vista inferior de la rana, con las patas traseras extendidas, C. Vista lateral de la rana e inferior del rostro del ave.

**Discusión**

Este avistamiento representa el primer reporte fotográfico de depredación del Garrapatero Mayor, *Crotophaga major* sobre la Rana Arborícola Lechosa, *Trachycephalus tiphonius*.



El reporte de depredación concuerda con lo establecido en Rahaman (2016) y BirdsColombia (2023), que indican que por lo general *C. major* se alimenta de insectos grandes como escarabajos, saltamontes, orugas y arañas, pero también se alimentan de ranas pequeñas, lagartijas, frutas y bayas. Aunque el primer autor indica que se alimentan de ranas pequeñas y el segundo autor no especifica el tamaño, en este caso la rana era grande por lo que quizás le costaba trabajo engullirla.

En el caso de *T. tiphonius*, la especie se encontraba en una rama de un árbol de Guásimo, esto concuerda con lo establecido en AmphibiaWeb (2023), ya que el autor indica que esta rana típicamente es nocturna y en el día se encuentra descansando perchada en las ramas de los árboles.

Hay autores que señalan que las ranas del género *Trachycephalus* son depredadas por variedad de vertebrados como las serpientes *Leptophis ahaetulla* (Solé et. al., 2010), *Chironius sp* (Días-Silva et. al. 2021, p.379-382) y *Leptophis diplotropis* (García et. al., 2020, p 101-105), el Escuerzo, *Ceratophrys aurita* (Solé et. al., 2010, p.101-103) y aves como la Garza Tigre, *Tigrisoma fasciatum* (Núñez y Pérez, 2021, p.492-493). Pero hasta el momento no se ha registrado que haya sido depredada por aves del orden Cuculiformes, menos aun de aves del género *Crotophaga*.

Con este reporte se tiene el primer registro de depredación de *C. major* sobre *T. tiphonius* en Panamá. Con lo que se suma una especie más a la lista de presas de *C. major* y un depredador más para *T. tiphonius*.

## Conclusiones

Hasta el momento no se había registrado con evidencia fotográfica contundente que una rana de la especie *T. tiphonius* fuera depredada por aves del orden Cuculiformes, género *Crotophaga*. Este reporte constituye el primer registro de depredación de *C. major* sobre *T. tiphonius* en Panamá, y hasta donde se tiene conocimiento, es el primero para la región centroamericana. Estos estudios son importantes ya que aumentan el grado de conocimiento sobre la ecología y



comportamiento de las especies silvestres que habitan en el país permitiendo así conocer más a fondo sobre su alimentación, depredadores y presas para aumentar los esfuerzos de conservación de la fauna del país.

### Agradecimientos

A René Delgado morador de la comunidad de Santana, de los Santos, por apoyarnos y así poder documentar esta actividad.

### Referencias bibliográficas

AmphibiaWeb (2023). *Trachycephalus typhonius*. University of California, Berkeley, CA, USA. <https://amphibiaweb.org>

Angehr G. & Dean. R. (2010). The Birds of Panama a Field Guide. Zona Tropical, San José, Costa Rica.

Birds Colombia (2023). Garrapatero Grande/Greater Ani/*Crotophaga major*. <https://birdscolombia.com/2017/02/20/garrapatero-grande-crotophaga-major/>

Cabanne, G. S., Cabanne, S., Cabanne, V., & Gómez, E. R. (2021). Predación de pichones y huevos de Anó Grande (*Crotophaga major*) por un grupo de monos Caí (*Sapajus nigritus*) en Misiones, Argentina. *Nuestras Aves*, (66).

Dias-Silva, F., Mattedi, C., Pontes, RC y Pereira, EA (2021). Depredación de la rana arbórea *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) por una serpiente trepadora (género *Chironius*) en la selva amazónica del norte de Brasil. *Notas de herpetología*, 14 , 379-382.

EBird (2023). Garrapatero Mayor *Crotophaga major*. The Cornell Lab of Ornithology <https://ebird.org/species/greani1>

- García E., Cruz-Sáenz D., Rodríguez-López A., Ríos-Martínez J., Hernández-Dávila L., Lazcano D. & Wilson L. (2020). Apuntes sobre la herpetofauna del occidente de México 23: Depredación por una culebra lora del Pacífico (*Leptophis diplotropis*) sobre una rana arborícola lechosa (*Trachycephalus typhoni*) en el municipio Huejutla de Reyes, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica de Chicago*, 55(5):101-105. <https://www.chicagoherp.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2021/06/555.pdf#page=11>
- Hernández, J. J., & Guevara, N. (2022). EVENTO DE DEPREDACIÓN EN *Trachycephalus vermiculatus* (ANURA: HYLIDAE) POR *Leptophis ahaetulla* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN LA PROVINCIA DE COCLÉ, REPÚBLICA DE PANAMÁ. *Revista Latinoamericana De Herpetología*, 5(1), 56–59. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2022.1.381>
- Gratwicke B. Los Anfibios de Panamá. Amphibian Rescue, Proyecto de Rescate y Conservación de Anfibios, SENACYT, Cheyenne mountain Zoo, Houston Zoo, Smithsonian, Zoo New England, Amphibian survival Alliance, MiAmbiente, Wildlife Whitout Borders, Amphibian Ark
- Núñez R. & Pérez I. (2021). Depredación de una rana arborícola lechosa (*Trachycephalus "vermiculatus"*) por una garza tigre fasciada (*Tigrisoma fasciatum*) en el Río San Pedrillo, Parque Nacional Corcovado, Puntarenas, Costa Rica. *Reptiles y anfibios*, 28(3): 492–493. [file:///C:/Users/virgi/Downloads/R&A-28.3\\_492-493\\_Nu%C3%B1ez&P%C3%A9rez.pdf](file:///C:/Users/virgi/Downloads/R&A-28.3_492-493_Nu%C3%B1ez&P%C3%A9rez.pdf)
- Rahaman F. (2016) *Crotophaga major* (Greater Ani). The Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago. [https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/documents/ogatt/Crotophaga\\_major%20-%20Greater%20Ani.pdf](https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/documents/ogatt/Crotophaga_major%20-%20Greater%20Ani.pdf)
- Ridgely R. y Gwynne J. (2005). Guía de Las Aves de Panamá. ANCÓN, Sociedad Audubon de Panamá, Colombia.

Solé M., Marciano E., Ribeiro L. & Kwet A. (2010) Predation attempts on *Trachycephalus cf. mesophaeus* (Hylidae) by *Leptophis ahaetulla* (Colubridae) and *Ceratophrys aurita* (Ceratophryidae). *Salamandra* 46(2): 101-103. <https://n9.cl/arh1v>

**PRIMER REGISTRO DE POLLUELOS DE CHORLO DE WILSON  
(*Charadrius wilsonia*) EN EL PARQUE NACIONAL SARIGUA,  
PROVINCIA DE HERRERA, PANAMÁ**

FIRST RECORD OF CHICKS OF WILSON'S PLOVER (*Charadrius wilsonia*) IN SARIGUA NATIONAL PARK, HERRERA PROVINCE, PANAMA

**Christian I. Torres H.**

Sociedad Audubon de Panamá. Panamá.

[christorres0594@gmail.com](mailto:christorres0594@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1192-3954>

**Oscar G. López Ch.**

Sociedad Audubon de Panamá. Panamá.

[lopezog26@gmail.com](mailto:lopezog26@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-5981-9083>

**Esther S. Carty V.**

Sociedad Audubon de Panamá. Panamá.

[scarty@audubonpanama.org](mailto:scarty@audubonpanama.org)

<https://orcid.org/0000-0001-5382-7907>

**Rosabel R. Miró R.**

Sociedad Audubon de Panamá. Panamá.

[dir\\_ejecutiva@audubonpanama.org](mailto:dir_ejecutiva@audubonpanama.org)

<https://orcid.org/0000-0001-5711-1420>

**Yenifer L. Díaz W.**

Sociedad Audubon de Panamá. Panamá.

[ydiaz@audubonpanama.org](mailto:ydiaz@audubonpanama.org)

<https://orcid.org/0000-0001-5762-7574>

**Recepción**  
26/06/2023

**Aprobación**  
23/11/2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4575>

### Resumen

En esta nota se registra la primera observación de polluelos de Chorlos de Wilson (*Charadrius wilsonia*) en el Parque Nacional Sarigua, ubicado en la provincia de Herrera, Panamá. Las observaciones se realizaron el 7 de julio de 2021 cerca de las camaronerías del parque, registrando tres polluelos juntos con sus padres. También se avistaron crías de Cigüeñuelas Cuellinegras (*Himantopus mexicanus*). Durante esta visita, se registraron eventos de disturbios antropogénicos por el ingreso de carros al área. Es importante aumentar el esfuerzo de muestreo en el parque con el fin de conocer el período de nidificación de esta especie y de otras, además de establecer parámetros de acceso a las personas, especialmente la restricción de vehículos sobre el área durante los meses de anidación de las especies, que actualmente enfrentan a nivel mundial amenazas por alteraciones de sus hábitats.

**Palabras Claves:** Bahía de Parita, Charadriidae, Disturbios, Polluelos.

### Abstract

In this note, the first observation of chicks of the Wilson's Plover (*Charadrius wilsonia*) is recorded in the Sarigua National Park, located in the province of Herrera, Panama. Observations of three chicks together with their parents were made on July 7, 2021, near the shrimp farms in the park. Black-necked Stilt chicks (*Himantopus mexicanus*) were also sighted. During this visit cars were seen in the park near the observation area. More observations are necessary to learn the nesting periods of these and other species so that access restrictions can be developed for people and vehicles during the nesting months. This species faces threats from alterations to its habitats.

**Keywords:** Charadriidae, Chicks, Disturbances, Parita Bay.

### Introducción

El Chorlo de Wilson (*Charadrius wilsonia*, Charadriidae) es un ave playera de tamaño mediano de unos 18 a 20 cm de longitud. Es estrictamente costera, prefiriendo playas de arena, piedra o limo, bordes de lagunas costeras, estuarios y ambientes artificiales (Bergstrom, 1988; Corbat, 1990; Corbat y Bergstrom, 2000; Zdravkovick, 2013). Se distribuye desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Sudamérica. Presenta una sola banda en el pecho; patas y pies de color rosáceos mate, y pico negro, de apariencia pesada y más bien largo. Partes superiores generalmente pardas, a veces matizado de canela en la parte posterior

de la cabeza y región auricular; partes inferiores blancas; y el color del plumaje de la espalda está separado del color del plumaje de la cabeza por un collar blanco. Presentan un leve dimorfismo, siendo la banda del pecho, los lores y la coronilla negros en el macho y más gris-marrón con un tinte rojizo en la hembra (Ffrench, 1973; Ridgely y Gwynne, 2005; Zdravkovick, 2013).

Según Wetmore (1965), en Panamá se registran dos de las tres subespecies conocidas de Chorlo de Wilson, una con poblaciones migratorias (*C. w. wilsonia*) y otra con poblaciones residentes y migratorias (*C. w. beldingi*). Las diferencias se notan en la coloración de las partes superiores, el patrón facial y de la cabeza, y el ancho de la banda del pecho; no se observan diferencias por tamaño, excepto quizás por la longitud del dedo medio, siendo más largo en la subespecie *wilsonia* (Ridgway, 1919; Hellmayr y Conover, 1948; Blake, 1977).

Para *C. w. wilsonia* su distribución abarca el Atlántico y se reproduce en las costas del este de los Estados Unidos, México, Belice, las Bahamas y las Antillas Mayores, a comienzos de abril y mediados de julio (McNeil, 1970) e invernando en las costas del este de las Américas desde el sur de Virginia hasta el norte de América del Sur (Blake, 1977; Johnsgard, 1981; Corbat y Bergtrom, 2000). La reproducción no está confirmada más al sur a lo largo de la costa caribeña de América Central y no se ha registrado reproducción al sur de Belice (Am. Ornithol. Union, 1998), ni en las costas caribeñas de Costa Rica (Stiles y Skutch, 1989). En Panamá, se han observado individuos en la costa caribeña del oeste de la provincia de Colón, Zona del Canal y en la desembocadura del río Mandinga, en San Blas (Wetmore, 1965), pero se desconocen registros de reproducción y anidación.

Para *C. w. beldingi* las poblaciones tanto migratorias, como residentes en el Pacífico, desde la costa noroeste de México hasta el centro de Perú, reproduciéndose desde las costas de la Península de Baja California hasta el norte de Perú (Ridgway, 1919) e invernando desde Baja California (Howell y Webb, 1995) hasta el sur de Perú (Corbat y Bergtrom, 2000); sin embargo, se presenta un

reporte más septentrional, en la región de Antofagasta, Chile (Torres-Mura, 2009). En Centroamérica, se registra reproducción y anidación en la Bahía de Jiquílisco (Thurber et al., 1987) y en Bocana El Saite, Ahuachapán, El Salvador (Juárez-Jovel et al., 2012); también a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica en el Golfo de Nicoya (Stiles y Skutch, 1989).

El inicio de la anidación ocurre entre marzo y abril, y finaliza en los meses de junio, julio o agosto, pero en Costa Rica se reporta a inicios de los meses de febrero, mayo y junio (Stiles y Skutch, 1989). En Panamá solo se han reportado individuos cerca de condiciones de reproducción en La Honda, provincia de Los Santos (Wetmore, 1965), en Playa Coronado (provincia de Panamá Occidental), Aguadulce (provincia de Coclé) y en las Islas de las Perlas (Ridgely y Gwynne, 2005; Am. Ornithol. Union, 1998). Se desconoce si cría en las costas caribeñas del país, pero es posible que lo haga.

En esta nota, registramos la observación de polluelos de chorlo de Wilson (*Charadrius wilsonia*) en el Parque Nacional Sarigua, ubicado en la provincia de Herrera, Panamá, siendo el primer registro para esta área protegida.

### Descripción del Sitio

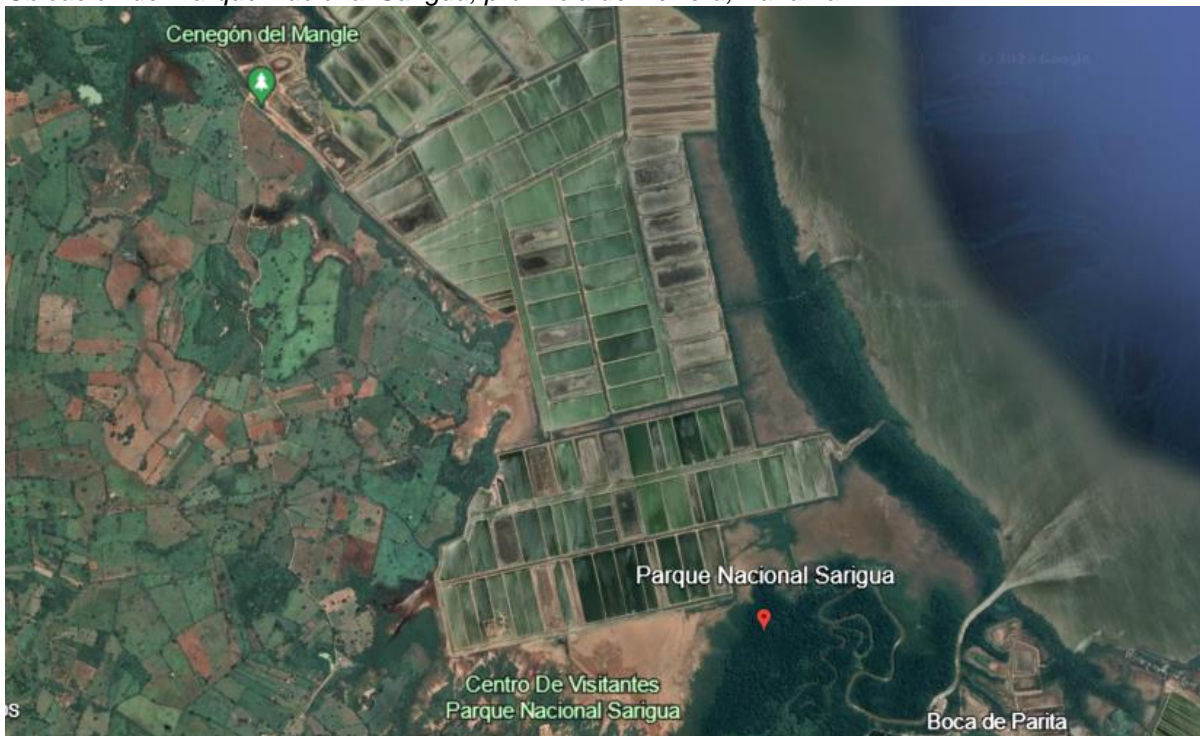
El Parque Nacional Sarigua, creado en 1984, está ubicado en la zona costera del Pacífico a 8°01'26" N 80°28'06" O de la Bahía de Parita, en la provincia de Herrera, entre el corregimiento de Puerto Limón, en el distrito de Parita (Figura 1). Abarca el territorio comprendido entre la desembocadura del río Santa María y la boca del río Parita y cuenta con una superficie de 8,000 hectáreas formadas por ecosistemas marinos, manglares y pequeños parches de vegetación (Sayin, 2017). El área protegida comprende ecosistemas marinos y albinas semidesérticas, donde el 80% del territorio es influenciada por las mareas que mantienen la sal en la tierra (MiAmbiente, 2014).



El parque se encuentra dentro de la zona de bosque seco premontano y según la clasificación de Köppen, el clima que predomina pertenece al clima tropical de sabana, con un periodo de lluvias de aproximadamente seis meses, que inicia en mayo y finaliza en noviembre, con una precipitación anual de 1,100 mm y temperaturas promedio de 41° C en el día y de 19° C en la noche (Villarreal, 2003). El Parque Nacional Sarigua es el lugar más árido de Panamá. Se caracteriza por tener poca vegetación, con suelos no arables de poca capacidad agrícola. Se trata de una zona completamente deforestada y devastada por la acción colonizadora de los pobladores del área en la segunda mitad del siglo XX; situación que, acompañada de la tala, efectos climatológicos, degradación de los suelos, condiciones naturales del área provocaron la erosión de los suelos, convirtiéndolo en un lugar con poco vegetación y vida silvestre (González, 2002; Sayin, 2017). En la parte norte de las albinas del parque se encuentran varios estanques para la reproducción de camarones y otras especies marinas, con el fin de frenar los impactos de la erosión eólica en el lugar (Angehr, 2003).

**Figura 1.**

*Ubicación del Parque Nacional Sarigua, provincia de Herrera, Panamá.*



Fuente: Google Earth (2023).

## Resultados

En una visita de monitoreo realizada el 7 de julio de 2021 por el personal de Sociedad Audubon de Panamá, se observaron tres polluelos a 8° 01' 23" N y 80° 29' 01" O. Estas observaciones se realizaron al detectar conductas de llamadas de alertas o aviso (tweet) de un macho y posteriormente evidenciar a una hembra cerca de los polluelos (Figura 2) que estaban entre raíces neumatóforos de parches de Mangles Negros (*Avicennia germinans*), a una distancia de unos 70 metros.

### Figura 2.

*Uno de los tres polluelos de Chorlo de Wilson observados en el área.*



Dentro del área también se observaron crías de Cigüeñuelas Cuellinegras (*Himantopus mexicanus*) y se evidenció el comportamiento agresivo hacia los progenitores de las crías de Chorlo de Wilson (Figura 3), lo que generó que las crías se escondieran entre las raíces de los parches de mangle presentes.

**Figura 3.**

*Individuos de cigüeñuelas cuellinegras (Himantopus mexicanus) en comportamiento agresivo con padres de Chorlos de Wilson (Charadrius wilsonia).*



También se pudo apreciar individuos adultos de Chorlos Collarejos (*Charadrius collaris*), especie con poca información y que posiblemente anide en Panamá (Ridgely y Gwynne, 2005). Cabe destacar, que, durante el monitoreo, se registraron disturbios antropogénicos de vehículos que ingresaron al área (Figura 4), poniendo en riesgo tanto a los polluelos, como la puesta de anidación de otras especies que pueden estar utilizando este sitio durante su etapa reproductiva.



**Figura 4.**

Presencia de vehículo dentro del área donde se avistaron los polluelos.



Según Bergstrom (1988), en sus observaciones realizadas en Texas y Virginia, existe una coexistencia entre la anidación de *Charadrius wilsonia* con otras especies como Añapero Boreal (*Chordeiles minor*), Avoceta Americana (*Recurvirostra americana*) y Cigüeñuelas Cuellinegras (*Himantopus mexicanus*), especies que se pueden observar en Panamá. Estas asociaciones, en el caso de las Cigüeñuelas Cuellinegras que se han observado en el sitio, actúan como alarma de protección antidepredadores o de presencia humana, debido a que estas especies son muy bulliciosas al detectar dichos agentes dentro de los sitios, permitiendo que otras especies de playeros se alejen o se mantengan en alerta, lo que podría explicar por qué algunas aves playeras a menudo anidan cerca (Van de Kam et al., 2004). Sin embargo, pueden generarse ciertas competencias por el sitio como las observadas

y descritas anteriormente.

### **Discusión**

Esta es la primera evidencia en etapa reproductiva y de cría del Chorlo de Wilson en el Parque Nacional Sarigua, sin embargo, hay otras evidencias de anidamiento de esta especie que también han sido encontradas en áreas costeras de Panamá Central (Torres, nota en preparación). Basándonos en el rango de distribución y reproducción de las subespecies, consideramos que la especie observada es la subespecie *beldingi*. Es necesario seguir realizando monitoreos en esta zona del parque para generar más información sobre el uso y la importancia de estos hábitats en el ciclo reproductivo de esta especie y de otras. A pesar de que el Chorlo de Wilson está catalogada por la UICN como preocupación menor, la población de esta subespecie en la Ruta del Pacífico de las Américas es pequeña, siendo estimada en 7500 individuos (Andres *et al.*, 2012). La regulación en el ingreso de vehículos al parque durante los meses de anidamiento ayudará a reducir el peligro de afectación tanto de polluelos como de adultos, que, según la literatura, comprende desde inicios de marzo y finaliza en agosto.

### **Agradecimientos**

A la Sociedad de Audubon de Panamá, por brindarme la oportunidad de realizar la elaboración de este manuscrito. Por sus conocimientos de aves playeras y suministrarme información indispensable sobre la biología del Chorlo de Wilson; y por el apoyo que me dan en cada una de las giras de monitoreo que realizan en diversos sitios del país. A Karl Kauffman por la revisión y sugerencias al manuscrito.

## Referencias Bibliográficas

- American Ornithologists' Union. (1998). Checklist of North American birds. 7th ed. Am. Ornithol.Union, Washington, D.C.
- Andres, B.A., P. A. Smith, R. I. G. Morrison, C. L. Gratto-Trevor, S. C. Brown y C. A. Friis. (2012). Population estimates of North American shorebirds, 2012. Wader Study Group Bulletin 119: 178-194.
- Angehr, G. (2003). Directorio de áreas importantes para aves en Panamá. Sociedad Audubon de Panamá. 342.
- Bergstrom, P. (1988). Breeding biology of Wilson's plover. Wilson Bull. 100: 25-35.
- Blake, E. R. (1977). Manual of Neotropical Birds. Vol. 1. The University of Chicago Press. Chicago and London. pp: 548-54974.
- Corbat, C. A. & Bergstrom, P. W. (2000). Wilson's Plover (*Charadrius wilsonia*). In The Birds of North America, No 516 (A. Poole and F. Gill, eds.) The Birds of North America, Inc., Philadelphia PA.
- Corbat, C.A. (1990). Nesting ecology of selected beach-nesting birds in Georgia. PhD. Thesis. Univ. of Georgia, Athens. 198p.
- Ffrench, R. (1973). A Guide to the Birds of Trinidad and Tobago, Livingston Publishing Company, Wynnewood Pennsylvania, 470 pp.
- González, O. O. (2003). *Zonificación del Parque Nacional Sarigua base para un plan de manejo integral* (Doctoral disertación, Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado).



- Johnsgard, P. A. (1981). The plovers, sandpipers, and snipes of the world. University of Nebraska Press, Lincoln, NE.
- Juárez-Jovel, R. C. & Komar, O. (2012). Nuevos sitios de anidación para el Chorlito Piquigrueso (*Charadrius wilsonia*) y el Chotacabras Menor (*Chordeiles acutipennis*) en El Salvador y Guatemala. *Bol. Soc. Antioqueña Orn*, 21, 7-12.
- Hellmayr, C. E. & Conover, B. (1948). Catalogue of birds of the Americas and adjacent islands. *Field Mus. Nat. Hist. Publ., Zool. ser. vol. 13, part 1, no. 3.*
- Ridgway, R. 1919. Birds of North and Middle America. Pt. 8. *Bull. U.S. Natl. Mus. no. 50.*
- Howell, S.N.G. y S. Webb. (1995). A guide to Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University, Press. Oxford. 851p.
- Mcniel, R. (1970). Condicionamiento fisiológico pre y post-reproductivo de *Charadrius wilsonia cinnamominus* (Ridway) y de *Himantopus mexicanus* (Müller) en el nordeste de Venezuela. *Actas IV Congreso Latinoamericano de Zoología*, vol. 2:749-760
- MiAmbiente. (2014). Sarigua: Un ejemplo de recuperación de suelos para el mundo. Editora Novo Art, S.A. <https://cuencas.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2020/08/Sarigua-ejemplo-para-el-mundo.pdf>
- Ridgely, R. S. & Gwynne, J. A. (2005). Guía de las Aves de Panamá, incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Panamá: Sociedad Audubon de Panamá y Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Ancón.
- Ridgway, R. (1919). Birds of North and Middle America, Pt. 8. *Bull. U.S. Natl. Mus. no. 50.*
- Sayin Bernal, C. E. (2017). Dandole vida a nuestro gigante seco. Tesis de Maestría. Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.
- Stiles, F. G. & Skutch, A. F. (1989). A guide to the birds of Costa Rica. Cornell

University Press, Ithaca, NY.

- Thurber, W. A., Serrano, J. F., Sermeño, A. & Benitez, M. (1987). Status of uncommon and previously unreported birds of El Salvador. Proc. West. Found. Vert. Zool. 3:109–293.
- Torres-Mura, J. (2009). Registro del chorlo picogrueso, *Charadrius wilsonia*, (Aves: Charadriiformes) en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, (Boletín 58), 93-96. Disponible en <https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/w3-article-64571.html>
- Van de Kam., Jens, J. B., Piersma, T. & Zwarts, L. (2004). Shorebirds. An illustrated behavioural ecology. KNNV Publishers, Utrecht.
- Villarreal, M. (2003). Desarrollo ecoturístico de las zonas del Parque Nacional Sarigua. Universidad de Panamá. Sede Los Santos, Facultad de Humanidades, Panamá.
- Wetmore, A., Pasquier, R. F. & Olson, S. L. (1965). The Birds of the Republic of Panama. Part 1, Tinamidae (Tinamous) to Rynchopidae (Skimmers). Smithsonian Miscellaneous Collections Volume 150, Part 1. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Zdravkovic, M.G. (2013). Conservation Plan for the Wilson's Plover (*Charadrius wilsonia*). Version 1.0. Manomet Center for Conservation Sciences, Manomet, Massachusetts, USA.

## ESTRUCTURA DEL MACROBENTOS EN LA PLAYA URBANA DE PANAMÁ VIEJO.

MACROBENTHOS STRUCTURE ON PANAMA VIEJO BEACH,  
PANAMA.

**María Stephany Sánchez**

Universidad de Panamá. Panamá.

[teffy21\\_91@hotmail.com](mailto:teffy21_91@hotmail.com)

<https://orcid.org/0009-0008-8814-440X>

**Maholy Moreno**

Universidad de Panamá. Panamá.

[morenomaholy@gmail.com](mailto:morenomaholy@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0004-1790-0387>

**Ediniel Trejos**

Universidad de Panamá. Panamá.

[trejos.biologo@gmail.com](mailto:trejos.biologo@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0002-2931-4866>

**Janzel Villalaz**

Universidad de Panamá. Panamá.

[janzel.villalaz@yahoo.com](mailto:janzel.villalaz@yahoo.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8914-3216>

**Juan Antonio Gómez H.**

Universidad de Panamá. Panamá.

[juanay05@hotmail.com](mailto:juanay05@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-9320-1674>

**Italo Goti**

Universidad de Panamá. Panamá.

[italo.goti@up.ac.pa](mailto:italo.goti@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>

**Recepción**  
30-08-2023

**Aprobación**  
14-mes-2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4577>

## Resumen

La macrofauna de playas arenosas urbanas ha sido poco estudiada en el país, a pesar de la importancia ecológica como componente de la estructura trófica del ecosistema costero en particular de playas que reciben bandadas de aves migratorias en cierta época del año, y aportes de aguas servidas y superficiales provenientes de los ríos ciudadanos. Se determinó la abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos de la playa de Panamá Viejo, en tres estaciones, evaluadas durante cuatro meses de la temporada lluviosa. Se observaron variaciones del oxígeno disuelto del líquido intersticial entre 7,16 a 9,09 mg/l, sólidos disueltos, promedio de  $0,21 \pm 0,18$  mg/L, temperatura del sedimento entre 27 y 37 °C, salinidad promedio de  $28,83 \pm 1,10$  ups y materia orgánica de  $2,25 \pm 1,36$  %. La granulometría estuvo representada por arena muy gruesa y gruesa, lo cual separó las muestras en cuatro grupos de acuerdo con el grano medio Mz, que representan las tres zonas de estudio. Se recolectaron 640 organismos de 19 taxones, la jerarquía estuvo representada por poliquetos > moluscos > crustáceos. El grupo dominante fue *Psamotreta grandis*, seguido por poliquetos Capitellidae. La diversidad de Shannon Wiener varió entre 1,16 y 2,34 nats/ind. La estación Playa resultó ser más diversa y mejor estructurada, y la de Museo más abundante. Los grupos tróficos dominantes fueron los detritívoros de sub-superficie y superficie, lo cual indica una zona estresada. El índice trófico de la infauna (ITI) fue de 30,29 lo que indica un ambiente limítrofe entre contaminado y degradado.

**Palabras clave:** Diversidad de especies, invertebrados marinos, polución, sedimentos, zona intermareal.

## Summary

The macrofauna of urban sandy beaches has been little studied in the country, despite the ecological importance as a component of the trophic structure of the coastal ecosystem of beaches that receive flocks of migratory birds at a specific time of year, and sewage and surface water from the urban rivers. The abundance and diversity of benthic macroinvertebrates of Panama Viejo beach was determined in three seasons and evaluated during four months of the rainy season. Variations in dissolved oxygen of the interstitial fluid were observed between 7.16 and 9.09 mg/l, dissolved solids, average  $0.21 \pm 0.18$  mg/L, sediment temperature between 27 and 37°C, mean salinity of  $28.83 \pm 1.10$  and organic matter of  $2.25 \pm 1.36$  %. The particle size was represented by very coarse and coarse sand, separating the samples into four groups according to the mean Mz, representing the three study areas. 640 organisms were collected from 19 taxa, the hierarchy was represented by polychaetes > mollusks > crustaceans. The dominant group was *Psamotreta grandis*, followed by polychaetes Capitellidae. Shannon Wiener's diversity varied between 1.16 and 2.34 nats/ind. The Playa station was more diverse and better structured, and the Museum station was more abundant. The dominant trophic groups were sub-surface and surface detritivores, indicating a stressed zone. The trophic index of infancy (ITI) was 30.29 which indicates a bordering environment between contaminated and degraded.

**Keywords:** Pollution, sediments, marine invertebrates, intertidal zone, species diversity

## Introducción

La estructuración de la comunidad de macrofauna intermareal de playas arenosas está físicamente controlada o biológicamente acomodada, de acuerdo a las características del ecosistema (Sanders, 1968) por lo que variables hidrodinámicas, morfodinámicas y sedimentológicas, tienen un efecto importante sobre la riqueza de especies de estas zonas (Rodil y Lastra, 2022), además de estos factores, en las playas urbanas hay influencia importante de las actividades generadas por los visitantes y factores físicos imperantes en la zona como lo es el efecto de las luces de la ciudad (Orlando et al., 2020), las cuales pueden incidir sobre los estadios larvales de algunas especies (Tidau et al., 2023), igualmente, se dan variaciones relacionadas con la distribución espacial y temporal de los organismos (Bhadja et al., 2014). El efecto de la presión humana sobre los organismos bentónicos trastoca la transferencia de energía entre los diferentes componentes del ecosistema costero (Di Camillo et al., 2022).

La composición estructural de la comunidad macrobentónica es el reflejo de los agentes estresores sobre la playa, tanto naturales como antropogénicos, por lo tanto, se constituye en un indicador del bienestar del ecosistema (Nasser, 2022), que no ha sido suficientemente estudiado en Panamá, donde se destacan los trabajos de Gómez et al. (2001) quienes evalúan la infauna macrobentónica de la playa El Salado, Villalaz et al. (2002) que estudian de la variación temporal de la macrofauna en la playa El Agallito, Grajales y Vergara (2004) que determinan los cambios temporales de poliquetos en playa Bique y Luque et al. (2019) informan sobre la afinidad de cangrejos violinistas comparado con fósiles del Pacífico tropical. En ecosistema de manglar, López et al. (2002) indagan sobre el ensamblaje de poliquetos en manglares del Parque Nacional Coiba y Villalaz et al. (2022) verifican la comunidad de moluscos y crustáceos en La Honda y Che Paulito.

Por las razones arriba señaladas y la escasa información de la infauna bentónica de playas urbanas de Panamá, es importante investigar la composición de la comunidad macrobentónica intermareal de la playa de Panamá Viejo y estimar el efecto humano y natural sobre la playa, como indicadores de la calidad ambiental.

### **Material y Métodos**

La zona de estudio se localiza en la planicie arenosa de la playa Panamá Viejo, con características macromareales. Las estaciones de colecta fueron: Manglar localizada a 9° 0' 17.92" N, 79° 29' 27.84" O, situada en el borde externo del manglar; la estación Playa a 9° 0' 16.02" N 79° 29' 33.01" O, a 183,18 m de la estación Manglar y a 222 m de la estación Museo, esta última a 9° 0' 9.24" N 79° 29' 35.45" O, en la planicie arenosa a una distancia de 66 m del borde de la playa, protegida de la acción directa del oleaje por un promontorio rocoso y tres pequeños islotes conformados por árboles de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* (Pérez et al., 2020) (Figura 1).

**Figura 1.**  
*Sitio de estudio, playa de Panamá Viejo*



**Fuente:** *Google Earth, imagen Maxar Technologies*

Se determinaron las variables físico-químicas: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, con una sonda multiparamétrica marca YSI y los sólidos totales mediante la evaporación de 100 ml de líquido intersticial, en horno a 100 °C hasta la sequedad, llevados al desecador y pesados hasta peso constante. La materia orgánica se evaluó a través de 10 gramos de muestra secada en horno a 60 °C por 24 horas, de lo cual se extrajo 1 gramo y se calcinó en mufla a 500 °C por una hora.



Las muestras se recolectaron cada 14 días, una por estación, con su respectiva repetición, de septiembre a noviembre, durante la mañana, en marea baja, con amplitud entre -0,27 m a 0,58 m.

Las tomas de muestras biológica y granulométrica fueron extraídas de cuadratas con área de 1 m<sup>2</sup>, hasta una profundidad de 15 cm, por estación. El material biológico previamente lavado y separado entre tamices con apertura de malla de 1,0 y 0,5 mm, fue preservados en alcohol al 70 % e identificado posteriormente con las claves para moluscos (Keen, 1971), poliquetos (Fauchald y Reimer, 1975; Fauchald, 1977 y Liñero, 1997) y crustáceos (D’Croz, 1982).

El sedimento, para el análisis granulométrico fue secado en horno hasta peso constante, y seleccionadas las fracciones en tamices “US Standard Sieve Mesh”: 10, 18, 35, 125, 200, 230 y Fondo, para determinar el contenido de grava, arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina, arena muy fina y limo + arcilla, respectivamente, a través del método de tamizado en seco (Suguio, 1973). Los cálculos estadístico-granulométricos se realizaron mediante las ecuaciones de Folk y Ward (1957) en el programa Sysgran (Camargo, 2006).

Se determinó el índice trófico de la infauna (ITI), según Word (1980),

$$ITI = 100 - \frac{100}{3} * \frac{0n_1 + 1n_2 + 2n_3 + 3n_4}{(n_1 + n_2 + n_3 + n_4)}$$

Donde;

ITI = índice trófico de la infauna

$n_1$  = suspensívoros

$n_2$  = carnívoro + omnívoros

$n_3$  = depositívoros de superficie

$n_4$  = depositívoros de sub-superficie

Los análisis estadístico se basaron en las siguientes pruebas: análisis de componentes principales para determinar los parámetros físico-químicos que aportan a la variabilidad de los datos, análisis multidimensional no métrico para discriminar entre sitios, basado en los datos fisio-químicos y granulométricos entre estaciones, análisis de conglomerados, de acuerdo al método de Ward, mediante la distancia de Bray Curtis para evaluar la similaridad entre muestras, correlación de Spearman para definir relaciones entre las variables físico-químicas y los diversos grupos de la macrofauna, una vez evaluada la normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y la homocedasticidad (Levene)

el índice de Shannon-Wiener, basado en el logaritmo natural, para precisar la diversidad entre zonas de muestreo, la prueba t de Hutcheson para diferencias entre estos, el índice de Pielou para verificar la equitatividad, el índice de Simpson para evaluar la similaridad de la macrofauna y las curvas de rarefacción basadas en individuos, por área. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software PAST 4.1 (Hammer et al., 2001) y la curva de rango abundancia, con el programa BioDiversity Pro 2.0 (McAleece et al., 1997).

## Resultados

Los promedios de los parámetros físico-químicos dieron como resultado: oxígeno disuelto del líquido intersticial  $8,36 \pm 0,72$  mg/L, sólidos totales disueltos  $0,21 \pm 0,18$  mg/L, la temperatura del sedimento,  $30,72 \pm 2,42$  °C, temperatura del agua  $29,28 \pm 0,42$  °C, salinidad  $28,83 \pm 1,10$  ups y el contenido de materia orgánica en el sedimento,  $2,25 \pm 1,36$  % (Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Características físico-químicas del sitio de estudio, playa de Panamá Viejo*

Parámetro	Oxígeno Disuelto	Sólidos Totales Disueltos	Temperatura sedimento	Temperatura agua	Salinidad	Materia orgánica
Unidad	mg/L	mg/L	°C	°C	ups	%
$\bar{x}$	8,36	0,21	30,72	29,28	28,83	2,25
D.E.	0,72	0,18	2,42	0,42	1,10	1,36
Min	7,16	0,03	27	28,5	26,5	0,4
Máx	9,09	0,6	37	29,7	29,5	5,4
n	18	18	18	18	18	18

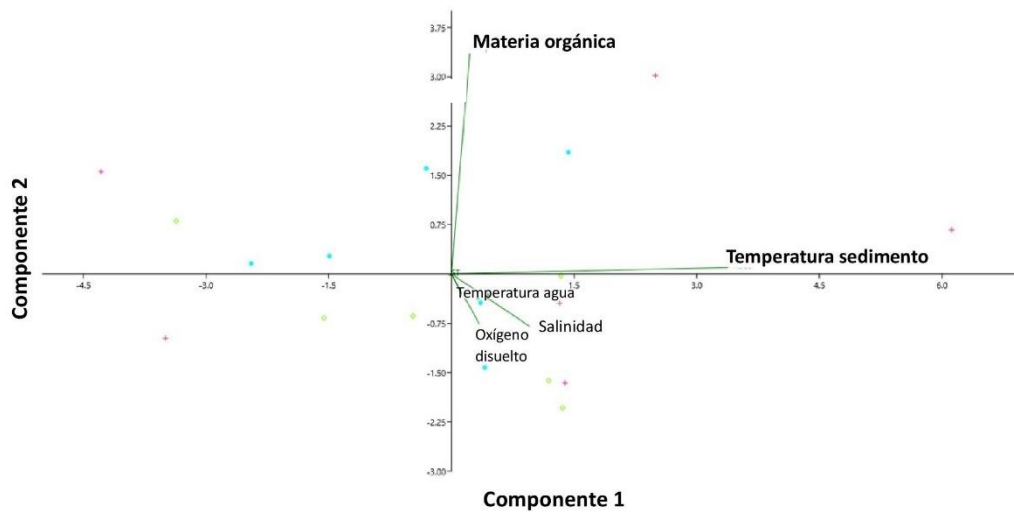
La materia orgánica promedio en la zona de Manglar fue de  $2,63 \pm 1,42$  %, en la Playa,  $1,53 \pm 0,82$  % y en el Museo  $2,58 \pm 1,63$  %. La temperatura del sedimento fue de  $30,33 \pm 1,21$  °C en el Manglar,  $30,50 \pm 1,76$  °C en la Playa y  $31,33 \pm 3,83$  °C en el Museo.

Se encontró correlación directa entre oxígeno disuelto y salinidad ( $r_s = 0,5235$   $p = 0,0257$ ) y con la temperatura del agua ( $r_s = 0,5235$   $p = 0,0257$ ), temperatura del sedimento con materia orgánica ( $r_s = 0,5349$   $p = 0,0221$ ) y la salinidad ( $r_s = 0,5349$   $p = 0,0221$ ), temperatura del agua vs salinidad ( $r_s = 0,4919$   $p = 0,0381$ ) y materia orgánica ( $r_s = 0,4919$   $p = 0,0381$ ) y correlación inversa entre sólidos totales y salinidad ( $r_s = - 0,5372$   $p = 0,0215$ ) y temperatura del agua ( $r_s = - 0,5372$   $p = 0,021577$ ).

Los parámetros que describieron mejor la variabilidad del sistema fueron la temperatura del sedimento y la materia orgánica (Figura 2)

### Figura 2.

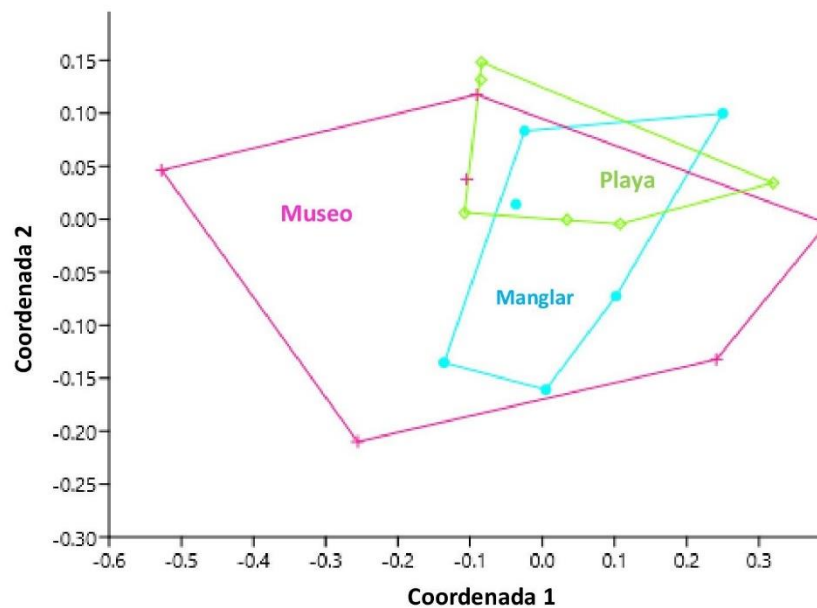
*Análisis de componentes principales de las características físico-químicas de la playa Panamá Viejo.*



El análisis multidimensional no métrico de las variables físico-químicas mostró similitud entre los sitios de muestreo (Figura 3).

**Figura 3.**

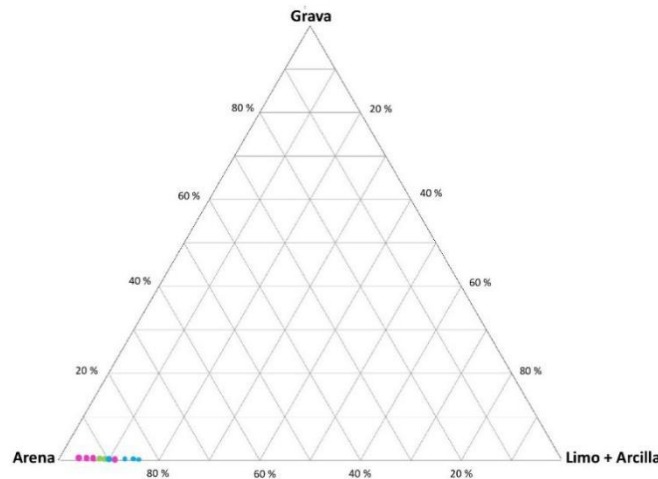
*Análisis multidimensional no métrico de los tres sitios de muestreo en la playa Panamá Viejo.*



La granulometría de las estaciones de estudio se caracterizó por sedimento netamente arenoso (84,21 % de arena en Manglar, 89,02 % Playa, 90,68 % Museo) (Figura 4).

**Figura 4.**

*Diagrama ternario de Sheppard del sedimento de playa Panamá Viejo.*



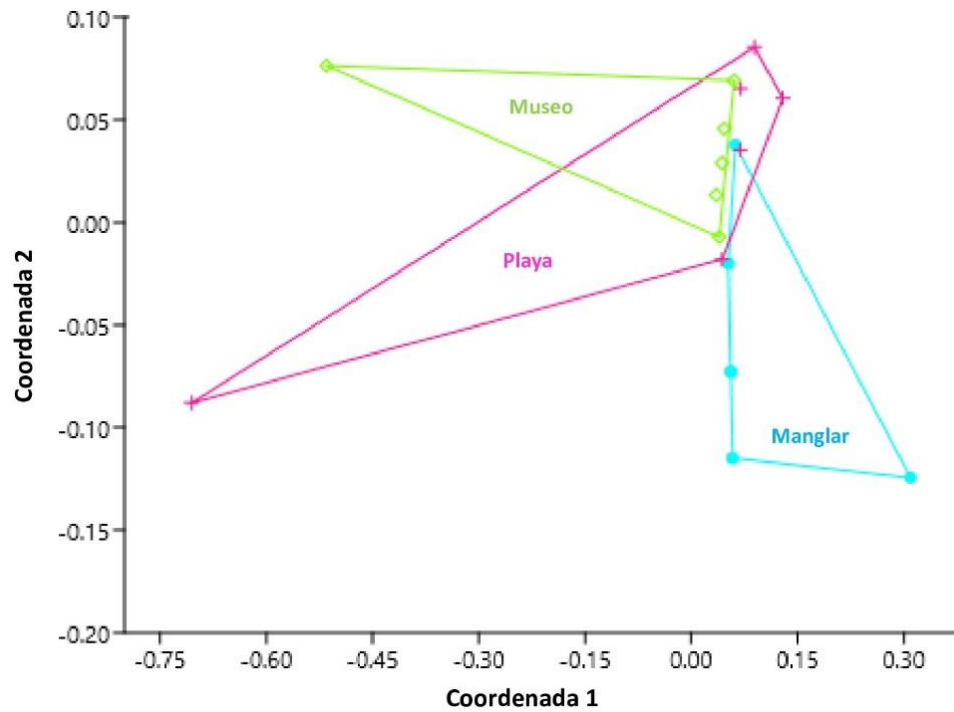
La estación Manglar se caracterizó por granulometría media ( $M_z$ ) entre 1,12 y 1,63  $\phi$ , pobremente seleccionada ( $\sigma_1 = 1,82$ ), aproximadamente simétrica ( $S_{K1} = 0,07$ ), excepto las muestras de noviembre con asimetría positiva ( $S_{K1} = 0,2$ ), y muy platicúrticas ( $K_G = 0,66$ ). En la Playa la granulometría media ( $M_z$ ) varió entre arena media (1,06) y arena gruesa (0,96), pobremente seleccionada ( $\sigma_1 = 1,64$ ), asimetría positiva ( $S_{K1} = 0,23$ ), muy platicúrtica ( $K_G = 0,68$ ). La estación Museo se presentó entre arena media 1,33  $\phi$  a arena gruesa 0,15  $\phi$ , pobremente seleccionada, con promedio de 1,71, la asimetría varió entre muy negativa -0,83 en septiembre, a muy positiva 0,37 en noviembre.



La estructura granulométrica estuvo representada principalmente por arena muy gruesa y gruesa; el análisis multidimensional no métrico mostró diferencias entre los sitios de muestreo, sin embargo, se observó puntos muy próximos en el diagrama (Figura 5). El dendrograma de estos valores mostró la agrupación de cuatro grupos, representados por las muestras de manglar 1, 2, 4 y 3 que se caracterizaron por granulometría media promedio de 1,73  $\phi$ , el segundo grupo, constituido por muestras de manglar, playa y museo, con granulometría de 1,22  $\phi$ , el tercer grupo conformado con los datos de playa 2, 5, 4 y museo 6, presentaron grano medio de 0,95. El cuarto grupo, formado por playa 1 y museo 1 se separó del resto por la concentración de oxígeno disuelto (>9,02 mg/L), temperatura del sedimento (>32 °C) y materia orgánica (< 0,80 %) (Figura 6), confirmado por el análisis multidimensional no métrico, en el cual se observan los puntos separados de estas dos muestras (Figura 7).

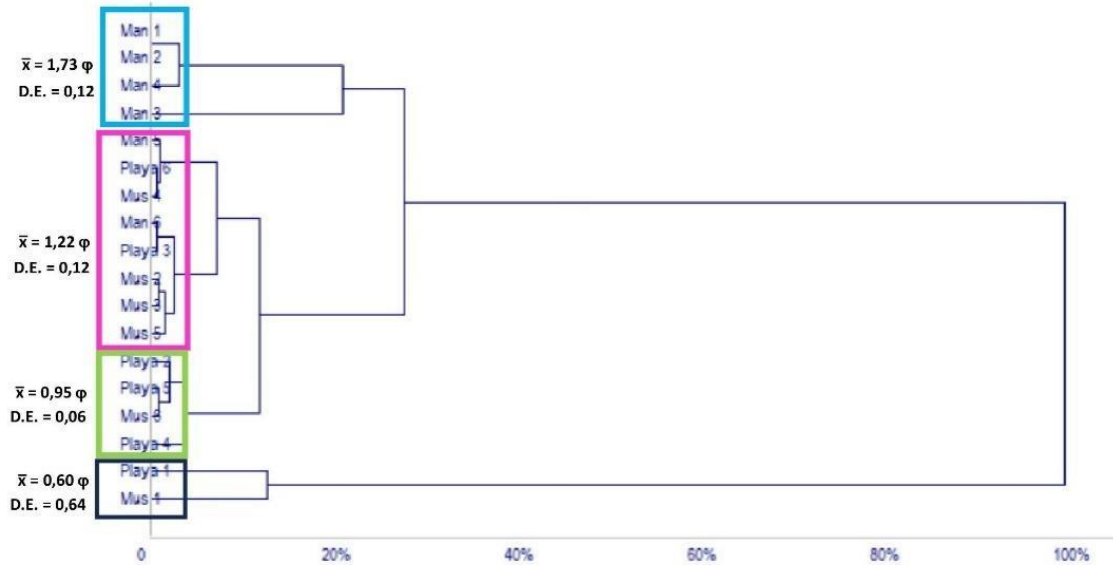
**Figura 5.**

*Análisis multidimensional no métrico de los datos granulométricos de los tres sitios de muestreo de la playa Panamá Viejo.*



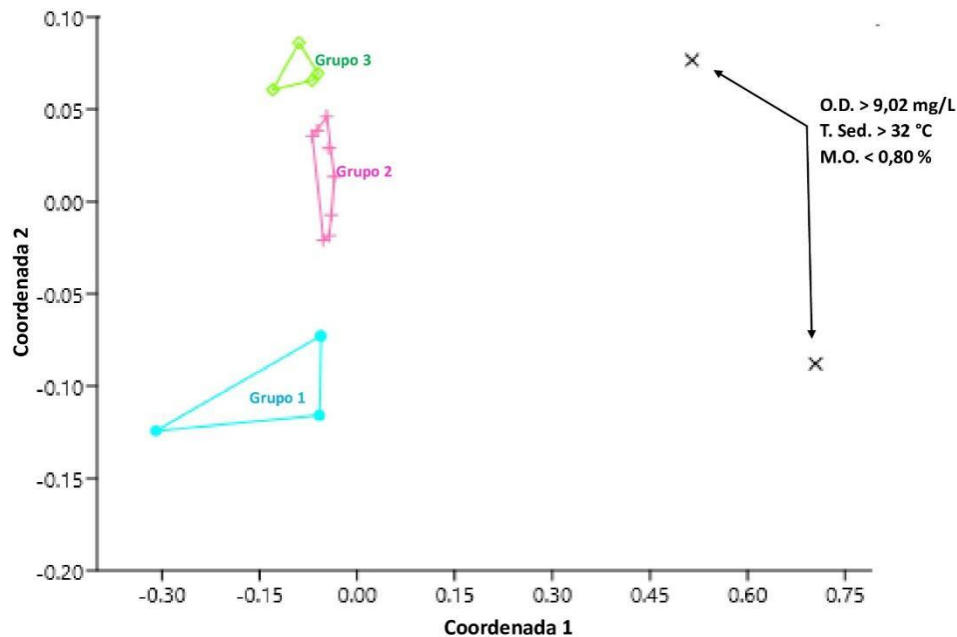
**Figura 6.**

*Dendrograma de similaridad de las características granulométricas y físico-químicas de los muestreos*



**Figura 7.**

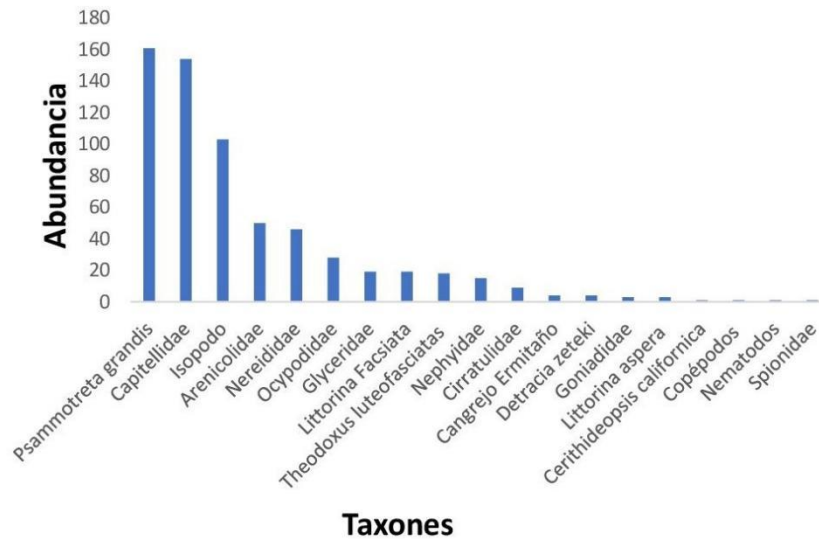
*Análisis multidimensional no métrico de los datos granulométricos y físico-químicos de los sitios de muestreo de acuerdo a la separación de los grupos del dendrograma de similitud de las muestras de la playa de Panamá Viejo.*



Se recolectaron 640 organismos, incluidos en 19 taxones, de los cuales ocho reúnen el 90 % de la abundancia; la jerarquía estuvo representada por poliquetos con el 46,40 %, seguido por moluscos con 32,28 % y los crustáceos 21,25 %. Los taxones dominantes, fueron el bivalvo *Psamotreta grandis* con 25,16 %, y los poliquetos Capitellidae con 24,06 %, los grupos abundantes fueron representados por isópodos, y los poliquetos Arenicolidae y Nereidae (Figura 8).

**Figura 8.**

*Estructura de la comunidad de macroinvertebrados de la playa de Panamá Viejo*

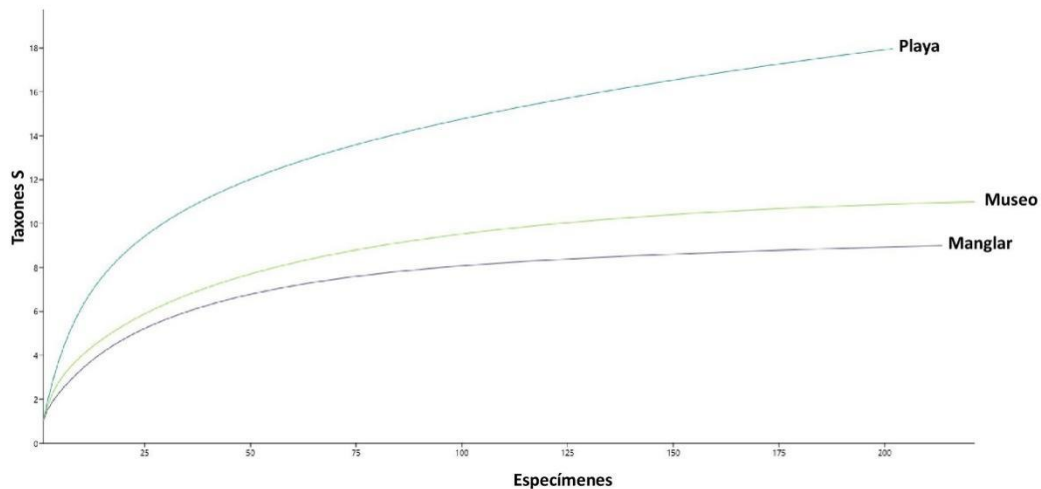


El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de 1,16 nats/ind en la zona de manglar, con equidad de Pielou 0,53, en la playa 2,34 nats/ind y 0,81 respectivamente y en el museo 1,52 nats/ind y 0,63. Existe diferencia altamente significativa del índice de diversidad de Shannon-Wiener entre el manglar y la playa ( $t = -10,786$   $p = 6,81 \times 10^{-24}$ ), entre playa y museo ( $t = 8,1839$   $p = 3,31 \times 10^{-15}$ ) y diferencia significativa entre manglar y playa ( $t = -3,1063$   $p = 0.0020$ ).

La similitud de Simpson entre el manglar y la zona de playa fue de  $I_P = 0,50$ , igual valor se observó entre manglar y museo, mientras que entre playa y museo fue de 0,13. La curva de rarefacción mostró mayor diversidad en la zona de playa y mayor abundancia en el museo (Figura 9).

**Figura 9.**

*Curva de rarefacción de los tres sitios de muestreo de la playa de Panamá Viejo.*

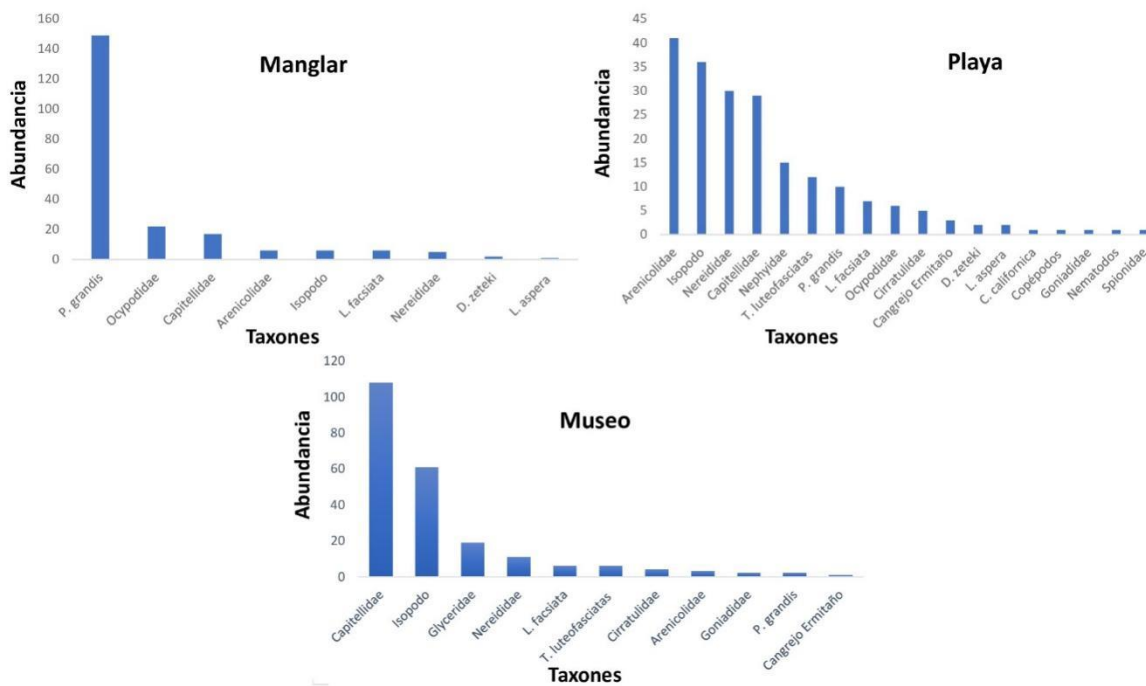


La estructura de la población de los tres sitios de muestreo indicó que la zona de Manglar estuvo dominada por *P. grandis*, la zona de la Playa por Arenicolidae, que resultó ser la mejor estructurada por la presencia de estos organismos como dominantes, abundantes como isópodos, Nereidae y Capitellidae, comunes y raros y finalmente el Museo por Capitellidae (Figura 10). Las curvas de rango abundancia corroboran la mejor estructuración de la estación Playa, a diferencia del detrimento encontrado en las zonas de Manglar y Museo, donde se observó una fuerte dominancia de los grupos ya indicados y una pobre estructuración de la comunidad (Figura 11).



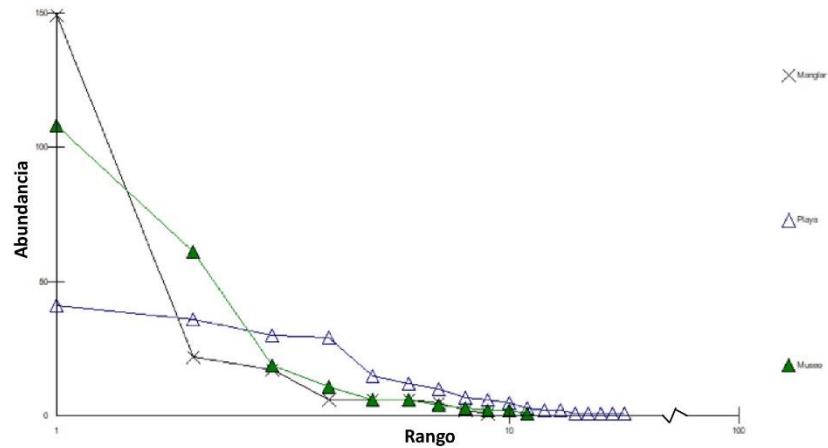
**Figura 10.**

*Estructura de la población de los sitios de muestreo*



**Figura 11.**

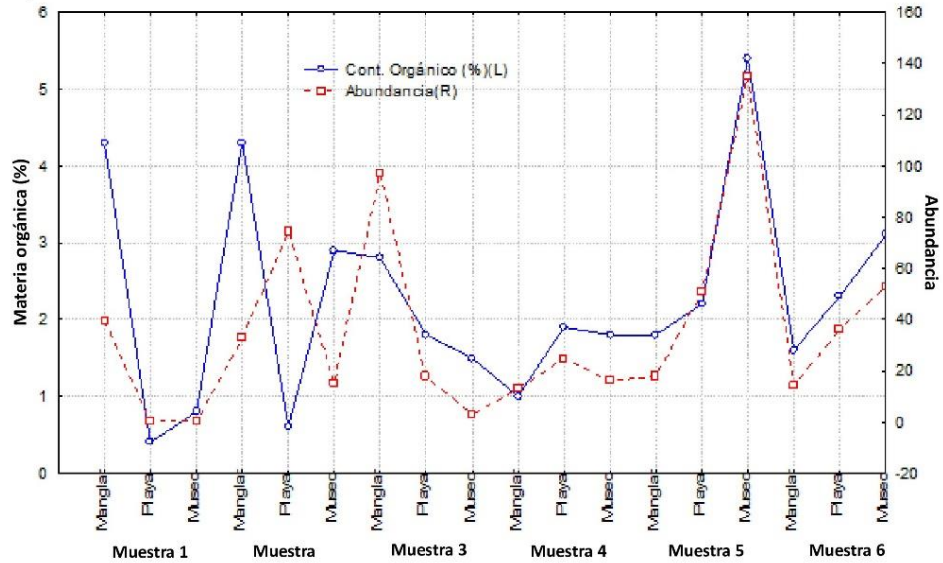
*Curvas de rango abundancia de la macrofauna de las tres zonas de muestreo en Panamá Viejo.*



La concentración de materia orgánica del sedimento mostró correlación moderada y altamente significativa con la abundancia de la macrofauna en la zona de estudio ( $r_s = 0,6637$   $p = 0,0027$ ) (Figura 12)

**Figura 12.**

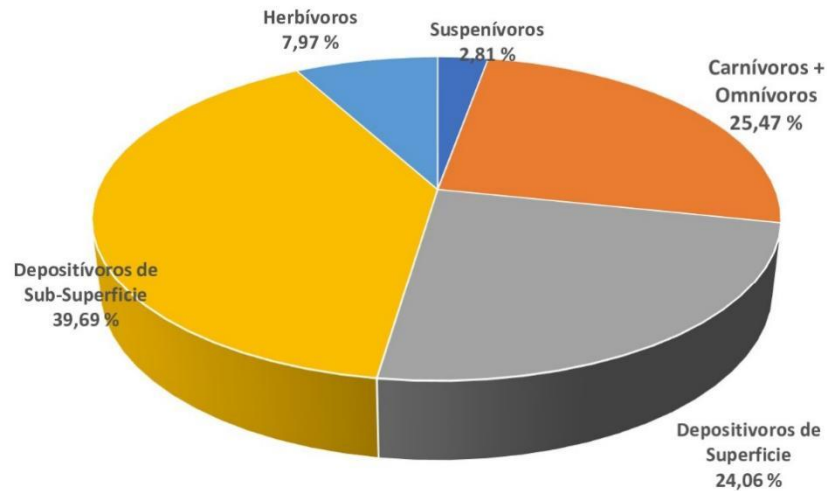
*Variación del contenido de materia orgánica y la abundancia de la macrofauna de la Playa de Panamá Viejo de septiembre a noviembre.*



La característica trófica que define a la macrofauna de la playa de Panamá Viejo está representada, principalmente por individuos depositívoros de sub-superficie que representan 39,69 % de los organismos recolectados, carnívoros+ omnívoros con 25,47 % y depositívoros de superficie que contribuyen con 24,06 %; los suspensívoros solo representan el 2,81 % de los individuos del área de estudio (Figura 13). El índice trófico de la infauna mostró un valor de 30,29.

**Figura 13.**

*Grupos tróficos de la macrofauna de la playa de Panamá Viejo*



## Discusión

La temperatura del sedimento en zona intermareal reportada en Panamá es de 27 y 33 °C en la playa El Salado (Gómez et al., 2001) y en El Agallito, de 25 °C a 35 °C (Villalaz et al., 2002), de 29 a 39 °C en playa Bique (Grajales y Vergara, 2004), mientras que en Nicaragua entre 28,2 y 29,5 °C, que está dentro del intervalo encontrado en esta investigación, además de los valores de oxígeno disuelto de 0,2 y 2,9 mg/L reportado por Ibarra y Rocha (2018), que resultan ser inferior a los indicados en estudio.

La salinidad en Panamá muestra una variación de 25 ups a 38 ups en El Salado (Gómez et al., 2001), entre 15 ups y 30 ups en El Agallito (Villalaz et al., 2002), intervalo que incluye los valores reportados en esta investigación, sin embargo, más bajos a los encontrados en playa Bique 38 a 46 (Grajales y Vergara (2004), y en Nicaragua, que oscila entre 33 y 36 ups (Ibarra y Rocha, 2018). La concentración

de materia orgánica en las tres zonas de muestreo es inferior a la reportada en las playas de El Salado, con promedio de 2,92 % (Gómez et al., 2001), de El Agallito, de 3,17 % (Villalaz et al., 2002) y Bique, 3,36 % (Grajales y Vergara, 2004).

La granulometría reportada en el presente estudio varía entre las fracciones arena muy gruesa y arena gruesa, a diferencia del sedimento de la playa El Salado que se caracteriza por poseer mayor proporción de arena muy fina 31,41 %) y arena media (28,64 %) (Gómez et al., 2001) y predominio de arena fina en las playas El Agallito, 73,97 % (Villalaz et al., 2002) y Bique con 47,6 % (Grajales y Vergara, 2004). El grano medio que caracteriza el sedimento de la playa El Salado es de 0,64  $\phi$  (Gómez et al., 2001) y 0,95  $\phi$  en Bique (Grajales y Vergara 2004), más gruesa que las muestras de Manglar y de Playas del presente estudio, pero dentro del intervalo de la estación Museo.

En ambientes estresados la jerarquía de grupos taxonómicos está dado por poliquetos > moluscos > crustáceos (Amaral et al., 2003), sin embargo, Villalaz et al. (2002) en la playa El Agallito, Panamá e Ibarra y Rocha (2018) en Nicaragua comunican moluscos > poliquetos > crustáceos > equinodermos; en la playa El Salado, Panamá, Gómez et al. (2001) indican una secuencia de moluscos > poliquetos > cefalocordados > crustáceos. En zonas de manglar, en India, se notifica crustáceo > moluscos > poliquetos (Thivakaran y Sawala, 2016), ninguna de las secuencias coincide con lo reportado en esta investigación.

La variedad de taxones encontrados en esta investigación contrasta con lo reportado por Corrales-Ugalde y Sibaja-Cordero (2015), quienes en las playas arenosas del pacífico de Costa Rica encuentran de cinco a 13 taxones, estudio realizado en 20 playas, en transeptos perpendiculares a la línea de agua en marea baja, lo que representa una mayor área de cobertura, debido a la metodología utilizada en dicho estudio y el número de sitios muestreados.

En el estudio antes señalado, los isópodos resultaron ser dominantes, a diferencia de la presente investigación, en la cual representan el tercer grupo en importancia, sin embargo, Capitellidae, segundo grupo en abundancia aquí fue escaso en el estudio de Costa Rica. Las familias de poliquetos Nereidae, considerado abundante y Spionidae, común, en ambas investigaciones, contrastan con el estudio de Conde et al. (2013) en una zona de altos cambios de salinidad en Portugal, donde se presentan como los grupos que más aporte producen a la variabilidad de los datos biológicos, a diferencia del presente estudio, los cuales son más frecuentes en la zona de Playa, retirada de la influencia directa de la desembocadura del Río Abajo.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener, reportado por Corrales y Sibaja (2015) en Costa Rica, presenta una variación entre valores menores a 0,0001 y 1,615, ámbito menor al indicado en este estudio, sin embargo, dichos autores no indican el tipo de logaritmo utilizado para el análisis de la diversidad, lo que hace difícil ser comparado con el estudio de Ibarra y Rocha (2018) quienes reportan en la zona intermareal de la playa Pochomil, Nicaragua, afectada por la desembocadura del río, valores de diversidad entre 2,22 bits/ind y 2,72 bits/ind, en temporada lluviosa, que se encuentran en el intervalo de los valores reportados en la presente investigación, por lo que la información presentada para Costa Rica no es comparable.

La variación del índice de equidad en Costa Rica, según Corrales y Sibaja (2015) de 0,001 y 0,921 y en Nicaragua, de 0,35 a 0,90 (Ibarra y Rocha, 2018), es superior a lo reportado en la presente investigación.

Las variaciones oceanográficas, ligadas a factores como las características granulométricas del sedimento y el hidrodinamismo, relacionadas con el largo y ancho de la playa, definen la variación de la diversidad de la macrofauna, al igual que la longitud geográfica (Rodil y Lastra, 2022), por lo cual se esperaría que la diversidad entre puntos de muestreo no cambie sensiblemente, lo que indica que



factores locales de los microambientes estudiados ejercen una influencia importante en la abundancia de las especies, la composición de la comunidad y la estructura de estas.

Se observa mayor abundancia y diversidad en áreas con sedimento pobremente seleccionado, compuesto principalmente por arena fina y bajas concentraciones de limo, con alto contenido de materia orgánica y sin variaciones en la concentración de salinidad del líquido intersticial (Amaral et al., 2003), a pesar que en la presente investigación no se observó relación de la salinidad con la presencia de macroinvertebrados, es importante resaltar que Orlando et al. (2020) indican que existe una correlación directa entre la riqueza de especies y la salinidad media, pero al verificar la amplitud de esta variable la correlación se torna inversamente proporcional, lo cual no se pudo evidenciar aquí debido a que esta variable no presentó diferencias entre zonas de colecta.

La cobertura vegetal es otro de los factores que propician una mayor diversidad en la zona intermareal (Orlando et al., 2020), en esta investigación no se observó efecto de la presencia vegetal sobre los organismos, en especial, el área de manglar que presentó menor abundancia y riqueza que las otras estaciones.

Las playas urbanas están sometidas al pisoteo humano, que produce un efecto adverso en la macrofauna (Reyes et al., 2015), playas con condiciones físicas semejantes a las este estudio, disminuyen la diversidad debido a la influencia humana (Bhadja et al., 2014), caso que no se da en esta playa por el acceso es restringido; a pesar de estar ubicada en un área populosa, no se registra el ingreso, lo que elimina este factor de estrés sobre los organismos, uno de los más importantes destacados por Whomersley et al. (2010).

La zona de estudio está sometida al efecto de las descargas del Río Abajo, el intercambio de masa de agua dulce y la elevación de la marea, resuspende el fondo

convirtiéndose, este proceso, en uno de los agentes que más afecta a la macrofauna de la zona, además de los posibles aportes de contaminantes del río, sumado al efecto negativo producido por el ruido (Moriyasu et al. (2004) y la luminosidad nocturna (Orlando et al., 2020) lo cual reduce la población de organismos.

La materia orgánica, generada en las cuencas hidrográficas, en concentraciones no elevadas, al llegar a la zona costera impulsa la estructuración de las comunidades macrobentónicas (Pardo et al., 2023), en ese sentido, varios organismos macrobentónicos indicadores muestran el efecto del contenido de la materia orgánica, aunque esto no define las especies presentes (Amaral et al., 2003).

Dugan (2006) señala que, en playas disipativas, la presencia abundante de aves limícolas, que es el caso de la playa de Panamá Viejo, existe una relación inversamente proporcional entre la clasificación granulométrica y la riqueza de especies del macrobentos, por lo que se espera que la playa en estudio presente una baja diversidad de organismos bentónicos, que son predados por las aves. Van del Wal et al. (2004) muestran que existe correlación directamente proporcional de la densidad macrobentónica y el porcentaje de arcilla de la playa, la baja abundancia de organismos y mínima concentración de esta fracción granulométrica en la playa investigada es de esperar que se registre una densidad sea baja.

La composición estructural de una comunidad es el reflejo de los agentes estresores en la playa, tanto naturales como antropogénicos, por lo tanto, se constituye en un indicador del bienestar del ecosistema (Nasser, 2022). La mejor estructuración comunitaria de la zona de Playa se refleja en mayor distribución de grupos tróficos, además, existe la tendencia a disminuir la acumulación de sustancias lábiles que aumentan la hipoxia en el sustrato, por la función metabólica producida por los grupos tróficos que componen el ecosistema, originándose una mayor distribución de contaminantes a través de la red trófica (Rhoads y Germano, 1986). Las otras dos áreas de muestreo están conformadas, principalmente, por organismos

depositívoros de sub-superficie y detritívoros en general; la presencia de una amplia variedad de depositívoros de sub-superficie facilita la redistribución de la materia orgánica (Dauwe et al., 1998).

Es reconocida la menor densidad de algunos grupos macrobentónicos, como los poliquetos, en áreas de manglar, si lo comparamos con zonas arenosas adyacentes, la riqueza de especies no varía; se ha encontrado que la estructura de la comunidad en dichas áreas muestra cambios que se reflejan con la disminución de la densidad, en vez de al cambio de especies, lo que no afecta la composición de los grupos tróficos (Checon et al., 2017).

En zonas estuarinas dominan los depositívoros de superficie, mientras que, en la plataforma adyacente, más profunda, aumenta la proporción de filtradores (Gaudêncio y Cabral, 2007). El aumento de Capitellidae, identificados como depositívoro, en zonas con influencia de agua dulce y mayor concentración de materia orgánica, permite utilizar a esta especie como indicador ambiental (Rahman et al., 2022).

De acuerdo con la clasificación, el valor del índice ITI encontrado, está en el límite de ambientes que se caracterizan por estar contaminados o degradados (Maurer, 1999), en los cuales dominan los depositívoros de sub-superficie (Cooper, 2008), probablemente contaminado por acción humana y relacionado con concentraciones altas de DBO (Salas et al., 2006). Pinto et al. (2008) indican que este índice es difícil valorarlo debido a la dificultad de estudiar el contenido gástrico de los invertebrados involucrados en el cálculo y se basa en información descrita en la literatura y que, a pesar, de no haber sido suficientemente evaluado (Maurer, 1999), se continúa usando como herramienta para procesos de manejo costero, como lo destacan

Borja et al. (2009) quienes lo utilizan juntamente con el índice biótico marino (AMBI) de uso común en el instituto de investigación AZTI, del país vasco, para evaluaciones ambientales no solo en Europa, si no, en otras zonas geográficas.

La información obtenida en la presente investigación, donde se describe la importancia de la presencia de los diferentes grupos tróficos como indicadores ambientales, aunado al índice ITI, nos permite afirmar que la playa urbana de Panamá Viejo se encuentra en condiciones degradada.

### **Conclusión**

Por las razones arriba señaladas y la escasa información de la infauna bentónica de playas urbanas de Panamá, es importante investigar la composición de la comunidad macrobentónica intermareal de la playa de Panamá Viejo y estimar el efecto humano y natural sobre la playa, como indicadores de la calidad ambiental.

La jerarquía de los grupos taxonómicos es distinta a otras playas arenosas, con estructura de la comunidad completa en solo una de las estaciones estudiada, y dominancia de organismos depositívoros de sub-superficie, superficie y detritívoros, lo que constituye un indicador de las condiciones estresantes a la que están sometidos dichos organismos de la zona intermareal de la playa urbana de Panamá Viejo.

## Agradecimientos

Deseamos agradecer la gentileza al Patronato Panamá Viejo por permitir este estudio, así como al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, quien facilitó las instalaciones para el cernido, separación e identificación de los especímenes de este trabajo.

## Referencias Bibliográficas

Amaral, A.C.Z., Denadai, M.R., Turra, A. y Rizzo, A.E. (2003). Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. *J. Coast. Res.* 35, 446-455.

<https://www.jstor.org/stable/40928794>

Bhadja, P., Poriya, P., Kundu, R. (2014). Community structure and distribution pattern of intertidal invertebrate macrofauna at some anthropogenically influenced coasts of Kathiawar peninsula (India). *Adv. Ecol.*, ID 547395, 1-11.

<https://doi.org/10.1155/2014/547395>

Borja, A., Germán Rodríguez, J., Black, K., Bodoy, A., Emblow, C., Fernandes, T.F., Forte, J., Karakassis, I., Mixika, I., Nickell, T.D., Papageorgiou, N., Pranovi, F., Sevastou, K. Tomassetti, P. y Angel, D. (2009). Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture*, 293, 231-240.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.037>

Camargo, M.G. (2006). Sysgran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Rev. Bras. Geocienc.*, 36(2), 371-378.

<https://papegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9346/11141>

Checon, H.H., Corte, G.N., Silva, C.F., Shaeffer-Novelli, Y. y Amaral, A.C.Z. (2017). Mangrove vegetation decreases density but does not affect species richness and trophic structure of intertidal polychaete assemblages. *Hidrobiologia*, 795, 169-179.

<https://doi.org/10.1007/s10705-017-3128-0>

Conde, A., Novais, J.M. y Domínguez, J. (2013). Intertidal macrofauna and environmental stress at a riverine – marine boundary. *Mar. Environm. Res.*, 92, 1-9.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Intertidal-macrofauna-and-environmental-stress-at-a-Conde-Novais/871fc6e07e6795331c3ff7bccf910d34231bed6a>

- Cooper, K.M., Frojan, C., Defew, E., Curtis, M., Fleddum, A., Brooks, L., Paterson, D.M., (2008). Assessment of ecosystem function following marine aggregate dredging. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 366, 82–91.  
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.011>
- Corrales-Ugalde, M. y Sibaja-Cordero, J.A. (2015). Macrofauna bentónica de las playas de arena del área de conservación Osa, Puntarenas, Pacífico sur de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 63(Suppl. 1), 273-285.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23107>
- Dauwe, B., Herman, P.M.J. y Heip, C.H.R. (1998). Community structure and bioturbation potential of macrofauna at four North Sea stations with contrasting food supply. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 173, 67-83.  
<https://doi.org/10.3354/meps173067>
- D’Croz L. (1982). Guía taxonómica y morfológica para los crustáceos decápodos panameños. Universidad de Panamá, 92 p.
- Di Camillo, C.G., Luzi, G., Danial, A., Di Florio, L., Calcinai, B., Lo Brutto, S., Oliveira, J.L.S.M., Fumanti, A. y Cerrano, C. (2022). Characterization of intertidal macrofaunal communities of two sandy beaches under different anthropogenic pressures. *J. Mar. Sci. Eng., J. Mar. Sci.*, 10, 1976.  
<https://doi.org/10.3390/jmse10121976>
- Dugan, J. (2006). Utilization of Sandy beaches by shorebirds: Relationships to population characteristics of macrofauna prey species and beach morphodynamics. Coastal marine Institute, Univ. California, Final Technical Summary, 34 p.  
<https://www.coastalresearchcenter.ucsb.edu/cmi/files/1999-069.pdf>
- Fauchald, K. (1977). Polychaetes from intertidal areas in Panama, with a review of previous shallow-water records. *Smithsonian Contribution on Zoology*, 221, 81 p.  
<http://dx.doi.org/10.5479/si.00810282.221>
- Fauchald, K. y Reimer, A.A. (1975). Clave de poliquetos panameños con la inclusión de una clave para todas las familias del mundo. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14, 71-94.

- Folk, R.L. y Ward, W.C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27, 3-26. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Gaudêncio, M.J. and H.N. Cabral (2007) Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. *Hydrobiologia* 587(1), 241-251. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0686-6>
- Gómez H., J.A., Herrera, R., Ríos, V. y Villalaz, J. (2001). Análisis del sedimento y organismos de la infauna de playa El Salado – Aguadulce. *Tecnociencia*, 3(1), 81-94. <http://up-rid.up.ac.pa/900/1/Texto%20del%20articulo.pdf>
- Grajales González, G.G. y Vergara Chen, C. (2004). Cambios temporales en la abundancia y diversidad de poliquetos en un área de la zona entre mareas de playa Bique (Pacífico de Panamá). *Tecnociencia*, 6(2), 7-21. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/81113/Investig.Poliquetos%20Bique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hammer, O., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1):1-9. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Ibarra-Arana, M.J. y Rocha, L. (2018). Efectos de la calidad del agua y del sustrato blando sobre la macrofauna bentónica de la zona intermareal en la playa Pochimil, San Rafael del Sur. *Torreón Universitario*, 7(20), 43-61. <https://doi.org/10.5377/torreon.v7i20.8567>
- Keen, A.M. (1971). *Seashells of tropical west America*. Stanford University Press, 1064 p.
- Liñero, I. (1997). *Poliquetos béticos de Venezuela*. Instituto Oceanográfico de Venezuela. 147 p.
- López, E., Cladera, P., San Martín, G., Laborda, A. y Aguado, M.T. (2002). Polychaete assemblages inhabiting intertidal soft bottoms associated with mangrove systems in Coiba National Park (East Pacific, Panama). *Wetlands Ecol. Man.*, 10, 233-242. <https://doi.org/10.1023/A:1020179830880>



- Luque, J., Christy, J.A., Hendy, A.J.W., Rosenberg, M.S., Portell, R.W., Kerr, K.A. y Palmer, A.R. (2019). Quaternary intertidal and supratidal crabs (Decapoda, Brachyyura) from tropical America and the systematic affinities of fossil fiddler crabs. *J. Syst. Palaento.*, 16(12), 1037-1055.  
<https://doi.org/10.1080/14772019.2017.1362599>
- Maurer, D., Nguyen, H., Robertson, HG. & Gerlinger, T. (1999). The infaunal trophic index (ITI)\_ its suitability for marine environmental monitoring. *Ecol. Appl.*, 9(2), 699-713. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[0699:TITIII\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[0699:TITIII]2.0.CO;2)
- McAleece, N., Gage, J.D.G., Lamshead, P.J.D., Paterson, G.L.J. (1997). BioDiversity Professional statistics analysis software. Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.  
<http://www.sams.ac.uk/peter-lamont/biodiversity-pro>.
- Moriyasu, M, Allain, R., Benhalima, K. y Claytor, R. (2004). Effects of seismic and marine noise on invertebrates: A literature review. Canadian Science Advisory Secretariat. Department of Fisheries and Oceans. Research document 2004/126, 54 p.  
[https://www.pge.com/includes/docs/pdfs/shared/edusafety/systemworks/dcpp/moriyasu\\_et\\_al\\_2004\\_effects\\_of\\_seismic\\_and\\_marine\\_noise\\_on\\_invertebrates\\_a\\_literature\\_review.pdf](https://www.pge.com/includes/docs/pdfs/shared/edusafety/systemworks/dcpp/moriyasu_et_al_2004_effects_of_seismic_and_marine_noise_on_invertebrates_a_literature_review.pdf)
- Naser, H.A. (2022). Community structures of benthic macrofauna in reclaimed and natural intertidal areas in Bahrain, Arabian Gulf. *J. Mar. Sci. Eng.*, 10, 945.  
<https://doi.org/10.3390/jmse10070945>
- Orlando L., Ortega, L. y Defeo, O. (2020). Urbanization effects on Sandy beach macrofauna along an estuarine gradient. *Ecol. Ind.*, 111, 106036.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106036>
- Pardo, J.C.F., Poste, A.E., Frigstad, H., Quintana, C.O. y Tranum, H.C. (2023). The interplay between terrestrial organic matter and benthic macrofauna: framwork, synthesis, and perspectives. *Ecosphere*, 14(5), e4492.  
<https://doi.org/10.1002/ecs2.4492>
- Pérez, R., Tejera, V., Jiménez, A.M. (2020). Aporte a la historia natural de *Nyctanassa violacea* (Linnaeus, 1758) en la zona costera de Panamá Viejo, ciudad de Panamá. *Rev. Nic. Biodiv.*, 60, 3-12.  
<http://www.bio-nica.info/RevNicaBiodiv/60-Nyctanassa-Panama.pdf>

- Pinto, R., Patricio, J., Baeta, A., Fath, B.D., Neto, J.M., Marques, J.C. (2008). Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. *Ecol. Indic.*, 9, 1-25.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.005>
- Rahman, M.K., Hossain, M.B., Majumdar, P.R., Mustafa, M.G., Noman, M.A., Albeshr, M.F., Bhat, E.A. y Arai, T. (2022). Macrobenthic assemblages, distribution and functional guilds from a freshwater-dominated tropical estuary. *Diversity*, 14, 473.  
<https://doi.org/10.3390/d14060473>
- Reyes-Martínez, J.J., Ruíz-Delgado, M.C. Sánchez-Moyano, J.E. y García-García, F.J. (2015). Response of intertidal Sandy-beach macrofauna to human trampling: an urban vs. natural beach system approach. *Mar. Environm. Res.*, 103, 36-45.  
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.11.005>
- Rhoads, D.C. y Germano, J.D. (1986). Interpreting long-term changes in benthic community structure: a new protocol. *Hydrobiologia*, 142, 291-308.  
<https://semspub.epa.gov/work/01/508447.pdf>
- Rodil, I.F. y Lastra, M. (2022). Beyond physical control: macrofauna community diversity across sandy beaches and its relationship with secondary production. *Est. Coastl Shelf Sci.*, 277, 108083  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108083>
- Salas, F., Marcos, C., Neto, J.M., Patricio, J., Pérez-Ruzafa, A. y Marques, J.C. (2006). User-friendly guide for using benthic ecological indicators in coastal and marine quality assessment. *Ocean Coast. Manag.*, 49, 308-331.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.03.001>
- Sanders, H.L. (1968). Marine benthic diversity: A comparative study. *Am. Nat.*, 102(925), 243-282.
- Suguio, K. (1973). *Introdução à sedimentologia*. Ed. Blucher/Ed. Univ. São Paulo, 317 p.

Tidau, S., Brough, F.T., Gimenez, L., Jenkins, S.R. y Davies, T.W. (2023). Impacts of artificial light at night on the early life history of two ecosystem engineers. *Phil. Trans. Roy. Soc. B: Biol. Sci.*, 378(1886) en prensa.

[https://research.bangor.ac.uk/portal/files/60781108/Tidau\\_etal\\_2023\\_PhilTrans\\_accepted.pdf](https://research.bangor.ac.uk/portal/files/60781108/Tidau_etal_2023_PhilTrans_accepted.pdf)

Thivakaran, G.A. y Sawala, A.K. (2016). Mangrove macrofaunal diversity and community structure in Mundra and Kharo, Kachchh, Gujarat. *Indian J. Geo Mar. Sci.*, 45(11), 1584-1592.

<https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/38600/1/IJMS%2045%2811%29%201584-1592.pdf>

Van del Wall, D., Herman, P.M.J. y Ysebaert, T. (2004). Space-borne synthetic aperture radar of intertidal flat surfaces as a basis for predicting benthic macrofauna distribution. *EARSel eProceedings*, 3(1), 69-80.

[http://e proceedings.uni-oldenburg.de/website/vol03\\_1/03\\_1\\_vanderwal1.pdf](http://e proceedings.uni-oldenburg.de/website/vol03_1/03_1_vanderwal1.pdf)

Villalaz, J., Vega, C., Ávila, Y. y Gómez H. J.A. (2002). Análisis temporal de macroinvertebrados bentónicos en la playa El Agallito, Chitré. *Tecnociencia*, 4(2), 111-126.

<http://up-rid.up.ac.pa/897/>

Villalaz, V., Villarreal, N., Gómez H., J.A. y Goti, I. (2022). Estudio comparativo de la comunidad de moluscos y crustáceos epifaunales en los manglares La Honda y Che Paulito, Los Santos, Panamá, 2019 – 2020. *Visión Antataura*, 6(2), 7-27.

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/3378>

Whomersley, P., Huxham, M., Bolam, S., Shcratzberger, M., Augley, J. y Ridland, D. (2010). Response of intertidal macrofauna to multiple disturbance types and intensities – An experimental approach. *Mar. Env. Res.*, 69, 297-308. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2009.12.001>

Word, J.Q. (1980). The infaunal trophic index. The (1980) Annual Report, Southern California Coastal Research Project. Long Beach, CA, 19-39. <https://doi.org/10.2307/2641156>

**Artículo de revisión – Review article****PROPIEDADES BIOMECÁNICAS DE ERITROCITOS INFECTADOS  
POR Plasmodium Y SU ESTUDIO CON PINZAS OPTICAS****BIOMECHANICAL PROPERTIES OF ERYTHROCYTES INFECTED  
BY Plasmodium AND THEIR STUDY WITH OPTICAL TWEEZERS****Eveline Alaín.**

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias naturales, Exactas y Tecnología. Panamá.

[evi\\_d1b@hotmail.com](mailto:evi_d1b@hotmail.com)<https://orcid.org/0000-0003-2148-4035>**Recepción**

09-05-2023

**Aprobación**

27/10/2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4578>**Resumen**

La malaria es una enfermedad transmitida por el parásito *Plasmodium* cuando una hembra del género *Anopheles* inocula el parásito en el hospedero vertebrado. *P. falciparum* es la especie causante de la forma más grave de la enfermedad. Este parásito altera la deformabilidad de los eritrocitos al invadirlos volviéndolos más esféricos y rígidos, esta condición es responsable de la sintomatología de la enfermedad. Los fármacos utilizados para tratar la malaria también alteran la deformabilidad de los eritrocitos lo que provoca diferentes afecciones luego del tratamiento. Las pinzas ópticas son herramientas innovadoras que consisten en un haz de luz acoplados a un microscopio para manipular y estirar partículas microscópicas, lo que permite conocer las propiedades biomecánicas de las células. Esta técnica se puede utilizar como método diagnóstico de la enfermedad o para medir la efectividad de tratamientos antimaláricos.

**Palabras clave:** Antimaláricos, deformabilidad, malaria, membrana, pinzas ópticas

## Abstract

Malaria is a disease transmitted by the *Plasmodium* parasite when a female of the genus *Anopheles* inoculates the parasite into the vertebrate host. *P. falciparum* is the species that causes the most severe form of the disease. This parasite alters the deformability of erythrocytes by invading them, making them more spherical and rigid. This condition is responsible for the symptoms of the disease. The drugs used to treat malaria also alter the deformability of erythrocytes, which causes different conditions after treatment. Optical tweezers are innovative tools that consist of a beam of light coupled to a microscope to manipulate and stretch microscopic particles, which allows knowing the biomechanical properties of cells. This technique can be used as a diagnostic method of the disease or to measure the effectiveness of antimalarial treatments.

**Keywords:** Antimalarials, deformability, malaria, membrane, optical tweezers.

## Introducción

La malaria es una enfermedad causada por protozoos del género *Plasmodium*, que se transmite a hospederos vertebrados por mosquitos hembra del género *Anopheles* (Pimenta et al., 2015). Las principales especies que infectan a los humanos son *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* y *P. knowlesi* (Milner, 2018).

De los cinco especies *P. vivax* es la más extendida geográficamente, es capaz de sobrevivir en latencia durante períodos prolongados cuando las condiciones no son propicias para su transmisión continua, por lo que se atribuye sintomatologías más leves en comparación con *P. falciparum* (Price et al 2020), este último causa la malaria grave, además es la especie en la que ha reportado mayores casos de resistencia a fármacos (Dayananda et al., 2018)

Cientos de millones de personas se infectan anualmente en las regiones tropicales y subtropicales, principalmente en África, América del Sur y Central, India, el Sudeste Asiático y Oceanía (Lover et al., 2018). Esta enfermedad ha sido responsable de más de 400 000 muertes, en su mayoría de niños pequeños en el África subsahariana, con un estimado de 3200 millones de personas en todo el mundo susceptibles a la enfermedad (OMS, 2020).

La infección inicia cuando el mosquito inocula los esporozoítos en la piel del hospedero y estos entran al torrente sanguíneo, donde son transportados al hígado. Luego, ingresan a los hepatocitos para iniciar un ciclo de esquizogonia, creciendo y dividiéndose en merozoítos exoeritrocitarios (Sinnis y Zavala, 2012).

En las infecciones por *P. vivax* y *P. ovale*, algunos parásitos se vuelven formas latentes, llamadas hipnozoítos, después de la invasión de los hepatocitos del hospedero (Adams y Mueller, 2017), donde pueden permanecer inactivos durante meses o años antes de entrar en esquizogonia (White y Imwong, 2012; Shanks y White, 2013). *P. falciparum*, *P. malariae* y *P. knowlesi* no producen hipnozoítos. Después de la esquizogonia, los merozoítos se liberan de los hepatocitos al torrente sanguíneo, donde invaden los eritrocitos. Allí comienzan un nuevo ciclo que consta de las etapas de anillo, trofozoíto y esquizonte. Después de varios ciclos eritrocíticos se convierten en gametocitos, los cuales son los estadios infectantes para el mosquito (Smith et al., 2014).

Durante el desarrollo intraeritrocitario, el parásito exporta proteínas que interactúan con la membrana plasmática de la célula del hospedero, estas proteínas modifican las propiedades mecánicas de los eritrocitos, lo que da como resultado una circulación celular alterada (Weißbach et al., 2017; Lavazec, 2017). La patogenia de la malaria se debe en gran medida a la rigidez de los eritrocitos infectados (Miller et al., 2002)

La pérdida de la deformabilidad de los eritrocitos comienza poco después de la invasión del parásito. A medida que se desarrolla, el eritrocito infectado pierde su forma bicóncava y progresivamente se vuelve esférico y rígido.

Esta revisión corta tiene el objetivo de proporcionar información sobre el efecto que generan los parásitos del género *Plasmodium* sobre la biomecánica de los eritrocitos.



### **Como el parásito modifica la estructura de los eritrocitos**

Los eritrocitos están formados por un citoesqueleto de espectrina-actina que les confiere la capacidad de deformarse y así pasar a través de capilares y vasos estrechos, mientras que el parásito presenta un motor de actomiosina que le permite invadir los eritrocitos y reordenar su estructura provocando la pérdida de deformabilidad (Vahokoski et al., 2022).

Durante la etapa de anillo (es decir, dentro de las primeras 16 a 24 horas, los eritrocitos experimentan una pérdida de área de superficie de hasta un 9,6 % (Safeukui et al., 2013; Jaureguiberry et al., 2014).

Se descubrió que el Antígeno de superficie de eritrocitos infectados por anillo o Pf155 (RESA) es una proteína del parásito que desempeña un papel importante en la reducción de la deformabilidad de las células del hospedero en la etapa inicial del desarrollo del parásito, pero no en una etapa más avanzada. (Mills et al., 2007) esta proteína interactúa con la espectrina, lo que posiblemente estabiliza la membrana de los eritrocitos contra el estado febril que se produce en los pacientes después de la ruptura y reinvasión de los eritrocitos infectados (Diez-Silva et al., 2012)

Al igual que RESA las proteínas KAHRP y PfEMP3 interactúan con la espectrina lo que contribuye a la rigidez de los eritrocitos en las etapas de trofozoíto/esquizonte (Pei et al., 2005; Tiburcio et al., 2012).

### **La rigidez eritrocitaria disminuye la invasión**

Los parásitos *Plasmodium* tienen poca capacidad de invadir eritrocitos con mayor rigidez que pueden estar relacionadas por mutaciones de la membrana de los eritrocitos del hospedero que su vez le brindan protección contra la malaria (Fröhlich et al., 2019).

Unas de las mutaciones más reportadas son las variantes del grupo sanguíneo Dantu. Esta mutación es causada por una reordenación estructural de los grupos

de genes de la glicoforina (GYP) que da como resultado la expresión de una proteína Dantu híbrida con una fusión de dominio extracelular GYPA/GYPB que no interactúa con el citoesqueleto de los eritrocitos afectando la entrada del parásito (Ndila et al., 2018).

Se ha demostrado que las mutaciones de algunas proteínas de membrana eritrocitaria como la CR1, GPC, espectrina, anquirina y la banda 3 alteran la deformabilidad de los eritrocitos, mientras que ATP2B4 y PIEZO1 conducen cambios en la hidratación que terminan afectando la entrada del parásito al eritrocito (Groomes et al., 2022).

La deficiencia de la glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PD) se ha asociado con una protección contra la malaria debido a que produce estrés oxidativo en el eritrocito provocando su hemólisis (Ebel et al., 2021). La deficiencia del piruvato quinasa (PK) ha sido poco estudiada, pero se ha reportado que su protección está asociada con envejecimiento y fagocitosis acelerada de eritrocitos infectados por las etapas tempranas del parásito (Carvalho et al., 2023).

Estas enzimonopatías son difíciles de detectar ya que la mayoría de los portadores no presentan síntomas hasta que se exponen a los desencadenantes (Mbanefo et al., 2017).

### **Rigidez eritrocitaria inducida por fármacos**

Varios medicamentos se utilizan como tratamiento contra la malaria, aunque en los últimos años se han reportado resistencia por parte del parásito (Menard y Dondorp, 2017). Estos incluyen quinina, cloroquina, mefloquina, pirimetamina, sulfadoxina, atovacuona, artesunato, primaquina, artemisinina y sus derivados (Phillips et al., 2017; Su et al., 2019). Estudios previos han informado rigidez inducida en eritrocitos infectados después de la exposición a diferentes fármacos antimalaricos.

Se informó sobre la influencia del artesunato en la deformabilidad de los eritrocitos infectados por *P. falciparum* en etapa de anillo (Huang et al., 2013). Después del

tratamiento con artesunato, se realizaron los experimentos con la técnica aspiración con micropipeta que mostró una disminución del 50 % en la velocidad de tránsito de los eritrocitos infectados, mientras que solo se observó una pequeña reducción de velocidad (~10 %) entre los RBC no infectados. Los resultados también revelaron rigidez inducida en los eritrocitos sanos (Huang et al., 2014).

Deng et al 2015 demostró con la técnica de microfluidos que tanto los eritrocitos infectados como los no tratados con cloroquina mostraron una rigidez dependiente del tiempo. Sin embargo, después de 4 horas de incubación, los eritrocitos infectados tratados con cloroquina eran significativamente más rígidos que los eritrocitos no tratados.

Estos estudios demuestran que algunos fármacos alteran aún más la deformabilidad de los eritrocitos, lo que posteriormente puede influir en el bloqueo de los vasos sanguíneos y capilares que pueden provocar diferentes sintomatologías luego del tratamiento (Pivkin et al., 2016).

En la actualidad existen pocos estudios que establezcan una relación entre la deformabilidad de los eritrocitos y los fármacos antimaláricos con la técnica de pinzas ópticas.

### **Pinzas ópticas y su aplicación en malaria**

Las pinzas ópticas utilizan un rayo láser altamente enfocado para generar un gradiente tridimensional de energía electromagnética que permite atrapar y controlar objetos microscópicos (Ashkin, 1970) como células, ADN, ARN, orgánulos celulares, moléculas de lípidos o biopolímeros. (Mills et al., 2004) No ejercen fuerzas a través de un punto de contacto físico con el objeto manipulado, por lo tanto, evitan daños potenciales debido a la fricción o la química de la superficie (Banerjee et al., 2011). Usualmente se utilizan una o dos microesferas unidas a extremos diametralmente opuestos a la célula que son atrapadas y desplazadas para estirarlas ([Suresh et al., 2005](#)).

Se puede manipular una gran cantidad de objetos en paralelo que se pueden liberar

de las trampas ópticas al apagar el rayo láser (Banerjee y Gupta, 2009). La fuerza aplicada es dada en pico-Newton y requieren una calibración de la trampa óptica antes de la manipulación. (Sarshar et al., 2014)

La configuración incluye un fotodiodo para monitorear la posición del láser y un microscopio acoplado a una cámara para generar imágenes. (Fedosov et al., 2011; Hosseini y Feng, 2012; Ye et al., 2013). Las pinzas ópticas son más sensibles que otras técnicas que solo dan información sobre la elasticidad de la membrana mientras que las pinzas ópticas generan datos sobre el comportamiento mecánico de toda la célula (Depond et al., 2020).

Los primeros estudios de pinzas ópticas en malaria se basaron en establecer una diferencia entre la elasticidad de la membrana de eritrocitos sanos como infectados con *Plasmodium* cultivados *in vitro*, los resultados mostraron mayor rigidez en los eritrocitos infectados en comparación con los eritrocitos sanos (Dharmadhikari et al., 2004; Bambardekar et al., 2008).

Un estudio realizado por Crick et al (2014) demostró por primera vez que las pinzas ópticas pueden ser utilizadas para cuantificar la fuerza y el tiempo de las interacciones entre el parásito y los eritrocitos, como también la efectividad de tratamientos inhibidores al medir la elongación de los eritrocitos infectados luego de la exposición.

Con las pinzas ópticas se ha podido determinar el efecto espectador en sangre de pacientes infectados por *P. vivax* y *P. falciparum*, fenómeno en que los eritrocitos sanos también sufren cambios en su membrana volviéndose más rígidos y esféricos, esto demuestra que las alteraciones en la membrana eritrocitaria son similares tanto *in vitro* como *in vivo*, cumpliéndose en ambos casos el efecto espectador (Paul et al., 2017). Este fenómeno es dado por el aumento en los niveles intracelulares de monofosfato de adenosina cíclico (Ramdani y Langsley, 2014; Paul et al., 2017).

Esto sugiere que las pinzas ópticas se pueden utilizar como herramienta de detección de malaria en pacientes con fiebre, ya que los eritrocitos que no portan el parásito también mostrarán cambios en su membrana debido al efecto espectador, independientemente de la especie del parásito.

### **Conclusiones**

Es necesario buscar alternativas para controlar y disminuir los casos de malaria a nivel mundial. Con el estudio de las propiedades biomecánicas de eritrocitos sanos e infectados se puede establecer una relación entre la rigidez de la membrana eritrocitaria y la capacidad del parásito para invadirla. De cumplirse esta relación, la tecnología de pinzas ópticas se puede utilizar para la detección de compuestos antimaláricos que puedan bloquear la invasión del parásito. Además, ayudaría a saber si los pacientes que reciben tratamientos antimaláricos corren el riesgo de sufrir anemia u otras afecciones dadas por la deformabilidad de los eritrocitos.

## Referencias Bibliográficas

- Adams, J. H., & Mueller, I. (2017). The Biology of *Plasmodium vivax*. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 7(9), a025585. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a025585>
- Ashkin, A. (1970). Acceleration and trapping of particles by radiation pressure. *Physical review letters*, 24(4), 156.
- Bambardekar, K., Dharmadhikari, A. K., Dharmadhikari, J. A., Mathur, D., & Sharma, S. (2008). Measuring erythrocyte deformability with fluorescence, fluid forces, and optical trapping. *Journal of biomedical optics*, 13(6), 064021. <https://doi.org/10.1117/1.3037342>
- Banerjee, A. G., Chowdhury, S., Losert, W., & Gupta, S. K. (2011). Survey on indirect optical manipulation of cells, nucleic acids, and motor proteins. *Journal of biomedical optics*, 16(5), 051302. <https://doi.org/10.1117/1.3579200>
- Banerjee, A. G., Losert, W., & Gupta, S. K. (2009, January). A decoupled and prioritized stochastic dynamic programming approach for automated transport of multiple particles using optical tweezers. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 49033, pp. 785-796).
- Carvalho, M., Medeiros, M. M., Morais, I., Lopes, C. S., Balau, A., Santos, N. C., Carvalho, F. A., & Arez, A. P. (2023). 2,3-Diphosphoglycerate and the Protective Effect of Pyruvate Kinase Deficiency against Malaria Infection-Exploring the Role of the Red Blood Cell Membrane. *International journal of molecular sciences*, 24(2), 1336. <https://doi.org/10.3390/ijms24021336>
- Crick, A. J., Theron, M., Tiffert, T., Lew, V. L., Cicuta, P., & Rayner, J. C. (2014). Quantitation of malaria parasite-erythrocyte cell-cell interactions using optical tweezers. *Biophysical journal*, 107(4), 846–853. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2014.07.010>

- Dayananda, K. K., Achur, R. N., & Gowda, D. C. (2018). Epidemiology, drug resistance, and pathophysiology of *Plasmodium vivax* malaria. *Journal of vector borne diseases*, 55(1), 1–8. <https://doi.org/10.4103/0972-9062.234620>
- Deng, X., Duffy, S. P., Myrand-Lapierre, M. E., Matthews, K., Santoso, A. T., Du, Y. L., Ryan, K. S., & Ma, H. (2015). Reduced deformability of parasitized red blood cells as a biomarker for anti-malarial drug efficacy. *Malaria journal*, 14, 428. <https://doi.org/10.1186/s12936-015-0957-z>
- Depond, M., Henry, B., Buffet, P., & Ndour, P. A. (2020). Methods to Investigate the Deformability of RBC During Malaria. *Frontiers in physiology*, 10, 1613. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01613>
- Dharmadhikari, J., Roy, S., Dharmadhikari, A., Sharma, S., & Mathur, D. (2004). Torque-generating malaria-infected red blood cells in an optical trap. *Optics express*, 12(6), 1179–1184. <https://doi.org/10.1364/opex.12.001179>
- Diez-Silva, M., Park, Y., Huang, S., Bow, H., Mercereau-Puijalon, O., Deplaine, G., Lavazec, C., Perrot, S., Bonnefoy, S., Feld, M. S., Han, J., Dao, M., & Suresh, S. (2012). Pf155/RESA protein influences the dynamic microcirculatory behavior of ring-stage *Plasmodium falciparum* infected red blood cells. *Scientific reports*, 2, 614. <https://doi.org/10.1038/srep00614>
- Ebel, E. R., Kuypers, F. A., Lin, C., Petrov, D. A., & Egan, E. S. (2021). Common host variation drives malaria parasite fitness in healthy human red cells. *eLife*, 10, e69808. <https://doi.org/10.7554/eLife.6980>
- Fedosov, D. A., Lei, H., Caswell, B., Suresh, S., & Karniadakis, G. E. (2011). Multiscale modeling of red blood cell mechanics and blood flow in malaria. *PLoS computational biology*, 7(12), e1002270. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002270>
- Fröhlich, B., Jäger, J., Lansche, C., Sanchez, C. P., Cyrklaff, M., Buchholz, B., Soubeiga, S. T., Simporé, J., Ito, H., Schwarz, U. S., Lanzer, M., & Tanaka, M. (2019). Hemoglobin S and C affect biomechanical membrane properties of *P. falciparum*-infected erythrocytes. *Communications biology*, 2, 311. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0556-6>



- Groomes, P. V., Kanjee, U., & Duraisingh, M. T. (2022). RBC membrane biomechanics and Plasmodium falciparum invasion: probing beyond ligand-receptor interactions. *Trends in parasitology*, 38(4), 302–315. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.12.005>.
- Hosseini, S. M., & Feng, J. J. (2012). How malaria parasites reduce the deformability of infected red blood cells. *Biophysical journal*, 103(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2012.05.026>
- Huang, S., Amaladoss, A., Liu, M., Chen, H., Zhang, R., Preiser, P. R., Dao, M., & Han, J. (2014). In vivo splenic clearance correlates with in vitro deformability of red blood cells from Plasmodium yoelii-infected mice. *Infection and immunity*, 82(6), 2532–2541. <https://doi.org/10.1128/IAI.01525-13>
- Huang, S., Undisz, A., Diez-Silva, M., Bow, H., Dao, M., & Han, J. (2013). Dynamic deformability of Plasmodium falciparum-infected erythrocytes exposed to artesunate in vitro. *Integrative biology: quantitative biosciences from nano to macro*, 5(2), 414–422. <https://doi.org/10.1039/c2ib20161e>
- Jauréguiberry, S., Ndour, P. A., Roussel, C., Ader, F., Safeukui, I., Nguyen, M., Biligui, S., Ciceron, L., Mouri, O., Kendjo, E., Bricaire, F., Vray, M., Angoulvant, A., Mayaux, J., Haldar, K., Mazier, D., Danis, M., Caumes, E., Thellier, M., Buffet, P., ... French Artesunate Working Group (2014). Postartesunate delayed hemolysis is a predictable event related to the lifesaving effect of artemisinins. *Blood*, 124(2), 167–175. <https://doi.org/10.1182/blood-2014-02-555953>
- Lavazec C. (2017). Molecular mechanisms of deformability of Plasmodium-infected erythrocytes. *Current opinion in microbiology*, 40, 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.11.011>
- Lover, A. A., Baird, J. K., Gosling, R., & Price, R. N. (2018). Malaria Elimination: Time to Target All Species. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 99(1), 17–23. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0869>
- Mbanefo, E. C., Ahmed, A. M., Titouna, A., Elmaraezy, A., Trang, N. T., Phuoc Long, N., Hoang Anh, N., Diem Nghi, T., The Hung, B., Van Hieu, M., Ky Anh, N., Huy, N. T., & Hirayama, K. (2017). Association of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency and malaria: a systematic review and meta-analysis. *Scientific reports*, 7, 45963. <https://doi.org/10.1038/srep45963>.

- Menard, D., & Dondorp, A. (2017). Antimalarial Drug Resistance: A Threat to Malaria Elimination. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 7(7), a025619. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a025619>
- Miller, L. H., Baruch, D. I., Marsh, K., & Doumbo, O. K. (2002). The pathogenic basis of malaria. *Nature*, 415(6872), 673–679. <https://doi.org/10.1038/415673a>
- Mills, J. P., Diez-Silva, M., Quinn, D. J., Dao, M., Lang, M. J., Tan, K. S., Lim, C. T., Milon, G., David, P. H., Mercereau-Puijalon, O., Bonnefoy, S., & Suresh, S. (2007). Effect of plasmodial RESA protein on deformability of human red blood cells harboring *Plasmodium falciparum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(22), 9213–9217. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703433104>
- Milner D. A., Jr (2018). Malaria Pathogenesis. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 8(1), a025569. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a025569>.  
Organización Mundial de la Salud. (2020). Reporte de Malaria 2020.
- Paul, A., Padmapriya, P., & Natarajan, V. (2017). Diagnosis of malarial infection using change in properties of optically trapped red blood cells. *Biomedical journal*, 40(2), 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2016.10.001>
- Paul, A., Ramdani, G., Tatu, U., Langsley, G., & Natarajan, V. (2019). Studying the rigidity of red blood cells induced by *Plasmodium falciparum* infection. *Scientific reports*, 9(1), 6336. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42721-w>
- Pei, X., An, X., Guo, X., Tarnawski, M., Coppel, R., & Mohandas, N. (2005). Structural and functional studies of interaction between *Plasmodium falciparum* knob-associated histidine-rich protein (KAHRP) and erythrocyte spectrin. *The Journal of biological chemistry*, 280(35), 31166–31171. <https://doi.org/10.1074/jbc.M505298200>
- Phillips, M. A., Burrows, J. N., Manyando, C., van Huijsduijnen, R. H., Van Voorhis, W. C., & Wells, T. (2017). Malaria. *Nature reviews. Disease primers*, 3, 17050. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.50>

- Pimenta, P. F., Orfano, A. S., Bahia, A. C., Duarte, A. P., Ríos-Velásquez, C. M., Melo, F. F., Pessoa, F. A., Oliveira, G. A., Campos, K. M., Villegas, L. M., Rodrigues, N. B., Nacif-Pimenta, R., Simões, R. C., Monteiro, W. M., Amino, R., Traub-Cseko, Y. M., Lima, J. B., Barbosa, M. G., & Lacerda, M. V. (2015). An overview of malaria transmission from the perspective of Amazon *Anopheles* vectors. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 110(1), 23–47. <https://doi.org/10.1590/0074-02760140266>
- Pivkin, I. V., Peng, Z., Karniadakis, G. E., Buffet, P. A., Dao, M., & Suresh, S. (2016). Biomechanics of red blood cells in human spleen and consequences for physiology and disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(28), 7804–7809. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606751113>
- Price, R. N., Commons, R. J., Battle, K. E., Thriemer, K., & Mendis, K. (2020). Plasmodium vivax in the Era of the Shrinking P. falciparum Map. *Trends in parasitology*, 36(6), 560–570. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.03.009>
- Ramdani, G., & Langsley, G. (2014). ATP, an extracellular signaling molecule in red blood cells: a messenger for malaria? *Biomedical journal*, 37(5), 284–292. <https://doi.org/10.4103/2319-4170.132910>
- Safeukui, I., Buffet, P. A., Perrot, S., Sauvanet, A., Aussilhou, B., Dokmak, S., Couvelard, A., Hatem, D. C., Mohandas, N., David, P. H., Mercereau-Puijalon, O., & Milon, G. (2013). Surface area loss and increased sphericity account for the splenic entrapment of subpopulations of Plasmodium falciparum ring-infected erythrocytes. *PloS one*, 8(3), e60150. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060150>
- Sarshar, M., Wong, W. T., & Anvari, B. (2014). Comparative study of methods to calibrate the stiffness of a single-beam gradient-force optical tweezers over various laser trapping powers. *Journal of biomedical optics*, 19(11), 115001. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.19.11.115001>
- Shanks, G. D., & White, N. J. (2013). The activation of vivax malaria hypnozoites by infectious diseases. *The Lancet. Infectious diseases*, 13(10), 900–906. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70095-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70095-1)

- Sinnis, P., & Zavala, F. (2012). The skin: where malaria infection and the host immune response begin. *Seminars in immunopathology*, 34(6), 787–792. <https://doi.org/10.1007/s00281-012-0345-5>
- Smith, R. C., Vega-Rodríguez, J., & Jacobs-Lorena, M. (2014). The Plasmodium bottleneck: malaria parasite losses in the mosquito vector. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 109(5), 644–661. <https://doi.org/10.1590/0074-0276130597>
- Su, X. Z., Lane, K. D., Xia, L., Sá, J. M., & Wellems, T. E. (2019). *Plasmodium* Genomics and Genetics: New Insights into Malaria Pathogenesis, Drug Resistance, Epidemiology, and Evolution. *Clinical microbiology reviews*, 32(4), e00019-19. <https://doi.org/10.1128/CMR.00019-19>
- Suresh, S., Spatz, J., Mills, J. P., Micoulet, A., Dao, M., Lim, C. T., Beil, M., & Seufferlein, T. (2005). Connections between single-cell biomechanics and human disease states: gastrointestinal cancer and malaria. *Acta biomaterialia*, 1(1), 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2004.09.001>
- Tibúrcio, M., Niang, M., Deplaine, G., Perrot, S., Bischoff, E., Ndour, P. A., Silvestrini, F., Khattab, A., Milon, G., David, P. H., Hardeman, M., Vernick, K. D., Sauerwein, R. W., Preiser, P. R., Mercereau-Puijalon, O., Buffet, P., Alano, P., & Lavazec, C. (2012). A switch in infected erythrocyte deformability at the maturation and blood circulation of Plasmodium falciparum transmission stages. *Blood*, 119(24), e172–e180. <https://doi.org/10.1182/blood-2012-03-414557>
- Vahokoski, J., Calder, L. J., Lopez, A. J., Molloy, J. E., Kursula, I., & Rosenthal, P. B. (2022). High-resolution structures of malaria parasite actomyosin and actin filaments. *PLoS pathogens*, 18(4), e1010408. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010408>
- Weißbach, T., Golzmann, A., Bennink, S., Pradel, G., & Julius Ngwa, C. (2017). Transcript and protein expression analysis of proteases in the blood stages of Plasmodium falciparum. *Experimental parasitology*, 180, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2017.03.006>

White, N. J., & Imwong, M. (2012). Relapse. *Advances in parasitology*, 80, 113–150.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397900-1.00002-5>

Ye, T., Phan-Thien, N., Khoo, B. C., & Lim, C. T. (2013). Stretching and relaxation of malaria-infected red blood cells. *Biophysical journal*, 105(5), 1103–1109.  
<https://doi.org/10.1016/j.bpj.2013.07.008>

## **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN GRANO DE CUATRO CULTIVARES DE MAÍZ (*ZEA MAYS* L.) EN ÉPOCA DE LLUVIA.**

EVALUATION OF GRAIN YIELD OF FOUR CORN CULTIVARS (*ZEA MAYS* L.) DURING THE RAINY SEASON.

### **Franklin Eduardo Wilcox Cuervo**

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de los Santos. Laboratorio Especializado de Análisis de Suelo y Tejido Foliar. Panamá.

[franklin.wilcox@up.ac.pa](mailto:franklin.wilcox@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0001-8617-3137>

### **José Nazario Rivera Robles**

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de los Santos. Panamá.

[jose.rivera@up.ac.pa](mailto:jose.rivera@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-7767-747X>

**Recepción**

09-05-2023

**Aprobación**

27/10/2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4579>

### Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el rendimiento en grano de cuatro cultivares de maíz. Realizada en la Finca Aranda, Corregimiento de Pocrí, Distrito de Pocrí, Provincia de los Santos, en época de lluvia. Se evaluaron los cultivares de maíz P30-F35, SV 1020, IDIAP 1102 y ADV 9293. Implementando un diseño completo al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco bloques. Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una significancia  $\alpha$  de 0.05 que los cuatro cultivares de maíz presentaron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento en grano, siendo los mejores cultivares el ADV 9293 con 6.4 Ton/ha y el P30-F35 con 6.1 Ton/ha, los cultivares SV 1020 y IDIAP 1102 mostraron el menor rendimiento en grano con 4.8 Ton/ha y 4.3 respectivamente. Concluyendo que los valores obtenidos en este ensayo coinciden con los resultados presentados en la evaluación de híbridos de maíz en la región Mesoamericana, PCCMCA 2021, en idénticas condiciones agronómicas, por lo cual, es imperante realizar evaluaciones de prácticas agrícolas abocadas a el aumento del rendimiento y la disminución del costo de producción.

**Palabras clave:** cultivar, grano, rendimiento, tratamiento.

### Abstract

The main objective of this research was to evaluate the grain yield of four maize cultivars. Carried out at Finca Aranda, Corregimiento de Pocrí, District of Pocrí, Province of Los Santos, during the rainy season. The maize cultivars P30-F35, SV 1020, IDIAP 1102 and ADV 9293 were evaluated. Implementing a randomized complete forest design (DBCA), with four treatments and five blocks. When applying the analysis of variance, it was demonstrated with an  $\alpha$  significance of 0.05 that the four maize cultivars presented significant statistical differences in grain yield, the best cultivars being ADV 9293 with 6.4 Ton/ha and P30-F35 with 6.1 Ton. /ha, the cultivars SV 1020 and IDIAP 1102 showed the lowest grain yield with 4.8 Ton/ha and 4.3 respectively. Concluding that the values obtained in this trial coincide with the results presented in the evaluation of maize hybrids in the Mesoamerican region, PCCMCA 2021, under identical agronomic conditions, for which it is imperative to carry out evaluations of agricultural practices aimed at increasing yield. and decrease the cost of production.

**Keywords:** Cultivate, grain, yield, treatment.



## Introducción

En los últimos años, varios factores principales han desviado al mundo de la senda que lleva a poner fin al hambre y la malnutrición mundial en todas sus formas para 2030. Las dificultades han aumentado a raíz de la pandemia del Coronavirus Síndrome Respiratorio Agudo Severo dos (COVID-19) y de las medidas para contenerla (La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2021).

Además, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2006), citado por Gordillo (2013), expresa que “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para satisfacer sus tres necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana” (p. 4).

Así mismo, otros actores como Organizaciones No Gubernamental (ONG) y organizaciones de la sociedad civil, ampliaron el concepto y acuñaron el término de soberanía alimentaria (Gordillo, 2013).

De acuerdo con Sélingué (2007), consultado por Gordillo (2013, p. 5), la soberanía alimentaria descansa sobre seis pilares:

1. Se centra en alimentos para los pueblos: a) Pone la necesidad de alimentación de las personas en el centro de las políticas. b) Insiste en que la comida es algo más que una mercancía.
2. Pone en valor a los proveedores de alimentos: a) Apoya modos de vida sostenibles. b) Respeta el trabajo de todos los proveedores de alimentos.
3. Localiza los sistemas alimentarios: a) Reduce la distancia entre proveedores y consumidores de alimentos. b) Rechaza el dumping y la asistencia alimentaria inapropiada. c) Resiste la dependencia de corporaciones remotas e irresponsables.

4. Sitúa el control a nivel local: a) Lugares de control están en manos de proveedores locales de alimentos. b) Reconoce la necesidad de habitar y compartir territorios. c) Rechaza la privatización de los recursos naturales.
5. Promueve el conocimiento y las habilidades: a) Se basa en los conocimientos tradicionales. b) Utiliza la investigación para apoyar y transmitir este conocimiento a generaciones futuras. c) Rechaza las tecnologías que atentan contra los sistemas alimentarios locales.
6. Es compatible con la naturaleza: a) Maximiza las contribuciones de los ecosistemas. b) mejora la capacidad de recuperación. c) Rechaza el uso intensivo de energías de monocultivo industrializado y demás métodos destructivos.

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del Nuevo Mundo porque su centro de origen está en América (Paliwal, 2001).

Ahora bien, la palabra Maíz, de origen indio caribeño, significa literalmente lo que sustenta la vida. El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1993).

Con relación a lo anteriormente expresado, Fischer y Palmer, (1984) citados por Gordón (2012) expresan que el maíz es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental, sembrándose en latitudes que van desde los cincuenta y cinco grados Norte a los cuarenta grados Sur y desde los cero metros

hasta tres mil ochocientos metros (m) de altitud del nivel del mar. Existen cultivares de menos de un metro de altura, de ocho a nueve hojas y una madurez de sesenta días, y otros con más de cinco metros de altura, de cuarenta a cuarenta y dos hojas y una madurez de trecientos cuarenta días.

Además, Quishpe-Yanchaliquin (2010) indica que, actualmente el producto se cultiva en ciento treinta y cinco países, por su adaptabilidad y crecimiento en diversas condiciones agroecológicas, siendo en su mayoría utilizado como grano seco y en algunos países en estado tierno (elote, choclo, maíz nuevo) (Chang, et al., 2018).

Gordón, et al. (2017) y Rodríguez (2013) nos dicen que en Panamá se observa una gran dependencia del mercado internacional para garantizar el abastecimiento del grano. Uno de los problemas identificados se relaciona con las diferencias en cuanto al costo, al ciclo vegetativo y al rendimiento de las semillas para su cultivo (Chang, et al., 2018).

Atendiendo a esto, depender de las importaciones se convierte en un peligro latente hacia la seguridad y soberanía alimentaria. Panamá según datos del Index Mundi (2021) se importan seiscientas mil toneladas del rubro anualmente, de setecientas treinta mil toneladas del consumo anual total del país para el año 2020, lo cual representa ochenta y dos por ciento (%) de importación.

Contrario a los datos de consumo la Contraloría General de la República (2021), evidencian una disminución exponencial de rendimiento (2.45 millones de quintales) al año 2019, lo cual está directamente relacionado al cambio climático que sufre el planeta. Evidencia de las consecuencias del bajo rendimiento, es la disminución de superficie sembrada (52.5 miles hectáreas) al año 2018, situación preocupante en el intento de alcanzar la seguridad y soberanía alimentaria.

Tomando en consideración que el maíz es esencial a nivel mundial y en Panamá en gran parte de los productos industriales, pecuario, o de consumo fresco, por su gran versatilidad para obtención de subproductos en base a su aceite, carbohidratos y almidones. Esto coloca al maíz entre uno de los productos más importantes en la alimentación humana y animal.

Por consiguiente, el cultivo de maíz es considerado uno de los rubros más importantes para el país. De ahí, que entre las políticas sectoriales del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) está considerado como uno de los rubros prioritarios en la gestión de Gobierno panameño (Gordon, et al., 2017).

Donde, la provincia de Los Santos es el mayor productor del cultivo de maíz a nivel nacional aportando un millón quinientos doce mil cuatrocientos quintaes (qq) para la zafra 2018/2019, lo cual representa un sesenta y dos por ciento de la producción total nacional (Contraloría General de la República, 2021).

Por consiguiente, lograr aumentar la productividad de rendimiento del cultivo es imperante ante la creciente necesidad de alimentos, por lo cual, la constante evaluación de cultivares es importante como estrategia para aumentar los rendimientos del cultivo en grano.

Por lo cual, el objetivo principal de esta investigación es evaluar cuatro cultivares de maíz, comúnmente utilizados por los productores y su rendimiento en grano, aportando base de datos sobre el comportamiento agronómico de los mismos en el Distrito de Pocrí, Provincia de Los Santos.

## **Materiales y Métodos.**

### **Localización:**

La investigación se realizó en la Finca ARANDA, Corregimiento de Pocrí, Distrito de Pocrí, Provincia de Los Santos (7° 38' 56" N y 80° 04' 48" O) a unos 11 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m); desde el mes de septiembre 2021 hasta febrero de 2022, época siembra para el área definida por Gordón (2012).

El ensayo se planteó con una superficie total de investigación de treientos veinticuatro metros cuadrados (m<sup>2</sup>), que comprende cinco bloques de tratamientos con sesenta metros cuadrados cada uno, y separados entre sí a 0.5 metros (m). Como unidad experimental se considerarán cuatro hileras de cultivo separadas a 0.8 m con un total de doce metros cuadrados por tratamiento, y se tomara como

muestra de análisis las dos hileras centrales con un total de ocho metros cuadrados cada una, excluyendo las hileras externas como efecto de borde.

- **Preparación de suelo:** Para esta investigación se utilizó el sistema de siembra labranza cero, aplicando un control inicial de malezas con el herbicida Bipiridilo Paraquat a dosis de dos litros (L)/hectárea (ha), posteriormente se efectuó la marcación y división de los bloques y tratamientos con cinta y estacas.
- **Siembra:** Se realizó a chuzo, cuatro hileras por tratamiento a razón de 0.20 m entre plantas y 0.80 m entre hileras, a dos granos por sitio para su posterior raleo a una planta por sitio y asegurar la población de investigación, un control de maleza pre emergente con glifosato a tres L/ha, más un control pos emergente con Dinitroanilina Pendimentalina (Prowl 45.5 CS) + Atrazina (gesaprim 90 WDG) a los doce días después de germinación (DDG).
- **Fertilización:** Se utilizó la fertilización recomendada por Gordón (2012), ciento treinta a doscientos kilogramos (kg) de Nitrógeno/ha, sesenta kilogramos de Fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) /ha, de veinte a treinta kg/ha de Potasio y veinte a treinta kilogramos de Azufre/ha. Estas cantidades de nutrimentos se logran aplicando cinco quintales de fórmulas como 13-26-6-7 al momento de la siembra. Para completar la cantidad de nitrógeno indicada, es necesario aplicar 5.5 a ocho quintales de urea por hectarea (qq/ha) en una o dos aplicaciones (depende de la precipitación). De realizar una sola aplicación la misma se debe realizar de treinta a treinta y cinco días después de la siembra (dds); mientras que si se realizan en dos fraccionamientos la aplicación de urea, la primera aplicación se realiza de diecisiete a veintiún días después de la siembra a razón de 2.5 a 3.5 qq/ha y la segunda aplicación de treinta y cinco a cuarenta días después de la siembra en dosis de tres a 4.5 qq/ha.

- **Cosecha:** Se realiza de forma manual por tratamiento, cosechando las dos hileras del medio controlando así el efecto de borde, para su posterior pesaje, muestreo de porcentaje de humedad y cálculo de mediante formula descrita en el Manual de Determinación de Rendimiento (CIMMYT, 2012).

### Diseño Experimental:

Se utilizo un diseño de boques completos al azar (DBCA), que responde al siguiente Modelo Lineal Aditivo para este experimento:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

Dónde:  $y_{ij}$  = Observación de la respuesta en el nivel o bloque  $i$  th, con el material de maíz  $j$  th.

$\mu$  = Media poblacional estimada por la media general del ensayo.

$\tau_i$  = efecto del material de maíz  $i$  th

$\beta_j$  = Efecto del  $i$  th nivel o bloque.

$e$  = Error experimental

Dónde:  $i = 1...5$

$J = 1,...4$

Los parámetros evaluados o variables de respuesta cuantificados fueron:

- Rendimiento de grano (Ton/ha).

EL análisis de varianza se realiza mediante el Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Se efectuaron pruebas de comparación de medias para los factores en estudio (Pérez, 2001).

## Resultados

En cuanto a la variable Rendimiento a nivel general de la investigación, en la ANOVA, no se observó diferencia significativa (sig.) entre los bloques (BLO) (P – valor. = 0.067); más, sin embargo, si se observa diferencia altamente significativa entre los tratamientos (TRATA) (P-valor. = 0.001), lo cual está directamente relacionado a las diferencias en productividad de las variedades en estudio (Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento en grano de cuatro cultivares de maíz (Zea mays L.).*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático o promedio	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Bloque	5.465	4	1.366	2.918	0.067	0.603
Tratamiento	14.796	3	4.932	10.533	0.001	0.986
Error	5.619	12	.468			
Total corregido	25.880	19				

No obstante, al realizar la prueba de medias generales de rendimiento por bloque, se denota una diferencia clara en la productividad en grano, principalmente entre el bloque uno (6.35 Ton/ha) y el bloque tres (4.775 Ton/ha), lo cual se puede considerar estadísticamente una diferencia altamente significativa en su rendimiento (Tabla 3). De aquí se fundamenta la aleatorización y el implementar un DBCA, el cual da un balance en la diferencia topográfica y en la heterogeneidad presente en los suelos por naturaleza.



**Tabla 2.**

*Media general para la variable rendimiento por bloques.*

Bloque	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	6.350	0.342	5.605	7.095
2	5.200	0.342	4.455	5.945
3	4.775	0.342	4.030	5.520
4	5.225	0.342	4.480	5.970
5	5.450	0.342	4.705	6.195

El análisis por agrupamiento de medias Tukey para la variable rendimiento por bloque, corrobora las diferencias mostradas en el ANOVA, evidenciada por la separación en los distintos conjuntos. Se destaca que este análisis presenta un error = 0.468, dato por debajo del nivel permitido del 0.5. Indica que se ajusta el diseño experimental planteado para esta investigación (Tabla 3).

**Tabla 3.**

*Prueba de agrupamientos de medias Tukey para la variable rendimiento entre bloques.*

	Bloque	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	3	4	4.7750	
	2	4	5.2000	5.2000
	4	4	5.2250	5.2250
	5	4	5.4500	5.4500
	1	4		6.3500
Sig.			0.642	0.187

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.468.

Por otro lado, en el análisis comparativo de medias en rendimiento de grano para los tratamientos, presenta diferencia significativa de los materiales ADV 9293 y el P30-F35 con respecto al SV 1020 y el IDIAP 1102. Ahora bien, se destaca que este análisis presenta un error = 0.433, dato por debajo del nivel permitido del 0.5, lo que indica que para este análisis se ajusta el diseño experimental planteado para esta investigación. (Tabla 4).

**Tabla 4.**

*Media general para la variable rendimiento por tratamiento.*

Tratamiento	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
P30-F35	6.060	0.306	5.393	6.727
SV 1020	4.840	0.306	4.173	5.507
IDIAP 1102	4.300	0.306	3.633	4.967
ADV 9293	6.400	0.306	5.733	7.067

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.433.

Corroborando los datos obtenidos en la prueba de medias generales de rendimiento por tratamiento, el análisis por agrupamiento de media Tukey en rendimiento por tratamiento, indica que existe diferencia significativa entre los cultivares ADV 9293 y P30F-35 con respecto al IDIAP 1102, por otra parte, se observa que existe diferencia significativa entre el ADV 9293 y el SV 1021, evidenciado por la separación en tres conjuntos de medias distintos). En esa misma línea se destaca que este análisis presenta un error = 0.468, dato por debajo del nivel permitido del 0.5, lo que indica que para este análisis se ajusta el diseño experimental planteado para esta investigación. (Tabla 5).

**Tabla 5.**

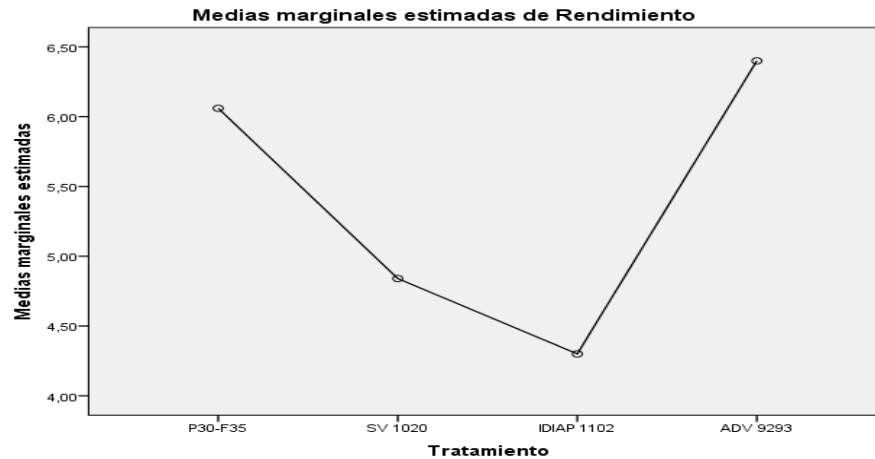
*Prueba de agrupamientos de medias Tukey para la variable Rendimiento entre tratamientos.*

	Tratamiento	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	IDIAP 1102	5	4.3000		
	SV 1020	5	4.8400	4.8400	
	P30-F35	5		6.0600	6.0600
	ADV 9293	5			6.4000
	Sig.			0.610	0.065

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.468.

Mostrando los datos de manera gráfica, se observa la diferencia existente entre los cultivares ADV 9293 y P30F-35 con respecto al IDIAP 1102, y la diferencia significativa del cultivar ADV 9293 con respecto al SV 1020 (Figura 1).

**Figura 1.**  
*Medias estimadas Marginales de Rendimiento por Tratamiento.*



En la prueba de comparaciones múltiples de media (DMS), se muestra a profundidad las interacciones y diferencias entre cultivares en su rendimiento de grano. Arrojando que existe diferencia altamente significativa entre P30-F35 con respecto al SV 1020 (P – valor de 0.015) y el IDIAP 1102 (P – valor de 0,002). Además, muestra que existe diferencia altamente significativa entre el SV 1020 con respecto al P30-F35 (P – valor de 0.15) y el ADV 9293 (P – valor de 0.004), datos por debajo de 0.05 de probabilidad estadística propuesto en esta investigación (Tabla 6).

**Tabla 6.**
*Comparaciones Múltiples de Medias (DMS) para la Variable Rendimiento.*

(J) Tratamiento	(I) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
DMS P30-F35	SV 1020	1.2200*	0.43278	0.015	0.2770	2.1630
	IDIAP 1102	1.7600*	0.43278	0.002	0.8170	2.7030
	ADV 9293	0.3400	0.43278	0.447	-1.2830	0.6030
SV 1020	P30-F35	1.2200*	0.43278	0.015	-2.1630	-0.2770
	IDIAP 1102	0.5400	0.43278	0.236	-0.4030	1.4830
	ADV 9293	1.5600*	0.43278	0.004	-2.5030	-0.6170
IDIAP 1102	P30-F35	1.7600*	0.43278	0.002	-2.7030	-0.8170
	SV 1020	0.5400	0.43278	0.236	-1.4830	0.4030
	ADV 9293	2.1000*	0.43278	0.000	-3.0430	-1.1570
ADV 9293	P30-F35	0.3400	0.43278	0.447	-0.6030	1.2830
	SV 1020	1.5600*	0.43278	0.004	0.6170	2.5030
	IDIAP 1102	2.1000*	0.43278	0.000	1.1570	3.0430

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.468.

## Discusión

El análisis de rendimiento en grano de las variedades en estudio, indica que el tratamiento cuatro presenta la media más alta con 6.4 Ton/ha seguido del tratamiento uno con 6.08 Ton/ha, el tratamiento dos con 4.83 Ton/ha y el tratamiento tres con 4.29 Ton/ha (tabla 4).

Con la finalidad de facilitar la transferencia de la información recopilada en esta investigación se presentan los datos obtenidos en qq/ha, unidad de medida comúnmente utilizada por el productor. Donde se evidencia que el ADV 9293 presentó el mayor rendimiento (142.5 qq/ha) seguido del P30-F35 (135.1 qq/ha), SV 1020 (106.1 qq/ha) y el IDIAP 1102 (95.4 qq/ha).

Ahora bien, en este ensayo se utiliza un área de investigación con condiciones de cultivo similares con respecto a la topografía del terreno utilizada por el productor, lo cual coloca en evidencia marcada la diferencia en productividad entre los bloques, ya que, en pendientes por encima del 3% se presenta diferencia en el gradiente de concentración de humedad en los suelos, ósea que, al no presentarse precipitación la humedad se moverá de la parte alta a la baja por efecto gravedad.

Atendiendo a lo anteriormente expresado, considerando el movimiento del agua por la diferencia topográfica del terreno, se presenta estrés hídrico en las partes más altas o saturación de agua por ondulaciones en la parcela al existir un exceso de lluvia; esta es la razón por la cual se observa una diferencia altamente significativa entre los bloques uno y tres principalmente, aunado a esto, al realizar el análisis específico también se observa diferencia significativa entre el bloque uno con respecto los bloques dos y cuatro.

Esta diferencia tiene relación directa con la posición y la topografía del bloque uno, ya que el mismo estaba en el área alta y uniforme del ensayo, por lo cual, se atribuye su mayor rendimiento, por ende, deja en evidencia que, en las condiciones reales de cultivo del productor, se tendrá diferentes rendimientos dentro de una misma parcela.

Realizando un análisis general, basado en los resultados entre bloques, de los ensayos de rendimiento, debe realizarse una segunda fase semi comercial con una superficie más amplia donde intervengan mayor número de variables topográficas en el terreno, obteniendo así resultados de producción a mediana escala, los cuales, nos brindarían datos precisos con respecto a la producción comercial a gran escala.

En forma general los resultados obtenidos en esta investigación para la variable rendimiento se encuentran en rangos similares a los reportados en la evaluación de híbridos de maíz en la región Mesoamericana, PCCMCA 2021, lo que corrobora los datos de productividad de los distintos cultivares analizados (Gordon, 2021).



## Conclusiones

Es importante considerar las diferencias genéticas entre los cultivares para la evaluación de producción en grano, ya que, el rendimiento del ADV 9292 y el P30-F35 siendo híbridos línea F1 fue superior al SV1020 híbrido triple y a la variedad IDIAP 1102.

Aunado a esto, otra variable a considerar es la arquitectura de los diferentes cultivares, por la diferencia en desarrollo vegetativo, lo cual repercute en el espacio necesario para su correcto desarrollo y la expresión de su máximo potencial de rendimiento.

Para llevar a cabo una producción comercial se debe tomar en cuenta la diferencia en el tipo de grano por cultivar, ya que, el P30-F35 es para consumo animal (piensos y alimentos), el IDIAP 1102 es para consumo animal y humano pero baja calidad molinera, SV1020 y el ADV 9292 son para consumo humano con alta calidad molinera.

Otro dato importante por considerar es el costo de las semillas, ya que los híbridos F1 tienen valor superior a los 200 balboas (B/.) la bolsa de 60,000 semillas y los híbridos triples tienen un valor de 150 B/. la bolsa de 60,000 semillas. Por otro lado, variedades tiene un costo aproximado de 33.0 B/. la bolsa de 60,000 semillas.

Lo anteriormente expresado, contribuye a la toma de decisiones del productor sobre que cultivar a producir según su nivel tecnológico, capacidad económica y la oferta y demanda del mercado.

De manera general para la variable rendimiento el ADV 9293 presento la mayor media con 6.4 Ton/ha, por lo cual sería el cultivar recomendad para la producción de grano. Pero es importante considerar el genotipo, fenotipo y destino final de la producción.

Es importante destacar que la disponibilidad tanto de semillas e insumos de manera oportuna está sujeta a su existencia en las casas comerciales, lo cual, se presenta como una limitante en el cumplimiento de los tiempos establecidos para la siembra del cultivo.

Por otra parte, el secado del grano de maíz para su posterior cosecha se realiza en condiciones de campo abierto, tomando en consideración que las lluvias para la zafra 2021-2022 se extendieron hasta mediados del mes de enero, retraso las actividades de cosecha en espera que el grano se encontrara a 14% de humedad o menos, condición normal de cosecha del productor.

Finalmente, es necesario realizar futuras evaluación sobre los efectos del gradiente de concentración de humedad, causado por las topografías des uniformes en las parcelas y su efecto en el rendimiento en grano de maíz.

Así mismo, las diferencias fenotípicas como la arquitectura de los cultivares de maíz, hace necesario la evaluación de arreglos topológicos y su incidencia en el rendimiento de grano.

De igual manera, al considerar los tipos de grano y su finalidad en el mercado, se debe realizar ensayos de investigación dirigidos a la evaluación de la calidad de

molinera de los distintos cultivares.

En esa misma línea, la mayor parte del costo de producción del cultivo está en los insumos, principalmente en el costo de los fertilizantes, por lo cual, es imperante realizar ensayos en la utilización de bioestimulantes y biofertilizantes que bajen los costos y contribuyan a una agricultura sustentable.

### Referencias Bibliográficas

Chang, A. Rodríguez, A. Pile, E. (2018). Evaluación Productiva de Cinco Híbridos de Maíz en Estado Tierno En Villa Darién, Darién. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 5, p49. <http://up-rid.up.ac.pa/2887/>

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2012). *Manual de Determinación de Rendimiento 2012*. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/18249>

Contraloría General República de Panamá. (2021). Instituto Nacional de Estadística y Censo. *Cosecha de Maíz en la República: Años Agrícolas 2012/13 A 2018/19* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.inec.gob.pa>

Fischer, K. Palmer, A. (1984). Tropical maize. In P.R. Goldsworthy and N.M. Fischer (eds) *The Physiology of Tropical Field Crops*. John Wiley and Sons, New York. Pp. 2133-428.

Gordillo, G. (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Seguridad y Soberanía Alimentarias* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.fao.org>.

Gordón, R. (2012). *Manejo Integrado del Cultivo de Maíz. Guía Técnica. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://1bestlinks.net/DHAQU>

Gordón, R. Franco, J. Núñez, J. Sáez, A. Jaén, J. y Ramos, F. (2017). Evaluación de la adaptabilidad de híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la región de Azuero, Panamá, 2017. *Revista visión antataura*, 3 (2). pp. 15-32. <http://up-rid.up.ac.pa/2413/>

- Gordón, R. Deras, H. (2021). *Evaluación de híbridos de maíz en la región Mesoamericana, PCCMA 2021<sup>1</sup>*. Informe Final. IICA. [Archivo PDF]. <https://1bestlinks.net/JDIlh>
- Indexmundi. (2021). *Consumo doméstico de maíz en Panamá* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.indexmundi.com>.
- Indexmundi. (2021). *Importaciones de Maíz de Panamá* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.indexmundi.com>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1993). *El maíz en la nutrición humana* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.fao.org>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/3/a0800s/a0800s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo (2021). Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una mejor nutrición y dietas asequibles y saludables para todos* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.fao.org>.
- Paliwal, R. Granados, G. Lafitte, H. (2001). *El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción*. Organización De Las Naciones Unidas Para la Agricultura y La Alimentación [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm>.

Pérez, C. (2001). *Técnicas Estadísticas con SPSS*. PERSON EDUCACION, S. A. Madrid. 592 p.

Quishpe-Yanchaliquin, B. L. (2010). *Evaluación de la producción de 2 variedades experimentales en etapa fenológica (choclo) y seco, de maíz (Zea mays) de grano blanco harinoso, y un híbrido simple, frente al testigo local, en Loja - Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Sélingué M. (2007). Forum for Food Sovereignty at Nyéléni [Archivo PDF].  
[https://nyeleni.org/DOWNLOADS/Nyelni\\_EN.pdf](https://nyeleni.org/DOWNLOADS/Nyelni_EN.pdf)

## DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS EN EL ÁREA PROTEGIDA DE LOS MANGLARES DE LA BAHÍA DE CHAME, PANAMÁ, AÑO 2010

DIAGNOSTIC OF THE EXTRACTING ACTIVITIES IN THE  
PROTECTED AREA OF THE MANGROVE OF CHAME BAY,  
PANAMA, YEAR: 2010

**Freddy E. González G.**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

fredy.gonzalez@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-8582-9306>

**Carlos Juan Vargas Oro afiliación**

Planta Feliz, Panamá.

info@agrocit.net

<https://orcid.org/0009-0006-4829-9867>

**Francisco Farnum C.**

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de San Miguelito, Panamá

[francisco.farnum@up.ac.pa.](mailto:francisco.farnum@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-5879-2296>

**Recepción**

16/10/2023

**Aprobación**

13/11/2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n1.a4580>

## RESUMEN

Este trabajo considera el estudio de las comunidades estudiadas por Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) en 1994 durante la ejecución del Proyecto Manglares (ANAM, 2009; CONFOREC, 2007), como parte del Proyecto de Investigación de Manejo, Conservación y Desarrollo de los Manglares (Diagnóstico Socioeconómico de los Beneficiarios del Manglar del Área de Chame). Con este antecedente se recaba información proveniente de los censos nacionales, para determinar la base socioeconómica de las comunidades elegidas. Adicionalmente, se realizaron 43 encuestas y más de 30 entrevistas a los usuarios del manglar (leñadoras, carboneros, pescadores, concheros y cangrejeros) de las comunidades de Sajalices, El Espavé, y La Cresta, funcionarios de ANAM y CEDESAN, S.A, e intermediarios de productos del manglar.

Son múltiples los beneficios de los manglares (Lugo y Snedaker, 1974), que este trabajo tiene como objetivo conocer las actividades humanas extractivas del Manglar de Chame, para ello se realiza por medio de una encuesta en el año 2011 en tres (3) poblados del distrito de Chame. Donde se encontró que las comunidades hacen actividades extractivas del Manglar de Chame como complemento a sus ingresos y no dependen directamente como medio económico.

## PALABRAS CLAVE

Recursos Naturales, Manglar, Ecología Humana y Desarrollo Rural.

## Abstract

This work considers the study of settlement evaluated by ANAM and OIMT in 1994 during the Project Mangrove (ANAM, 2009; CONFOREC, 2007), as part of the Investigation of Management, Conservation and Development of the Mangrove (Diagnostic Social and Economical of Benefits from Mangrove in Chame). With this background, the data is compiled from National Census to determinate socioeconomic basis of the selected communities. Additionally, 43 surveys were conducted and over 30 interviews with users of the mangrove (woodcutters, colliers, fishermen and crabbers) of the communities of: Sajalices, El Espavé, y La Cresta, ANAM's staff, CEDESAN's members and mangrove product's dealers.

There are multiple benefits of mangroves ((Lugo and Snedaker, 1974), that this work aims to know the extractive human activities of the Chame Mangrove, for this it is carried out through a survey in 2011 in three (3) villages of the district of Chame. Where it was found that the communities make extractive activities of the Chame Mangrove as a complement to their income and do not depend directly as an economic means.

## KEYWORDS

Natural Resources, Mangrove, Human Ecology, Rural Development.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se centraliza en los manglares del Área Protegida del Área de Uso Múltiple de la Bahía de Chame y las actividades extractivas realizadas dentro del mismo, por parte de las comunidades de Sajalices, El Espavé, y la Cresta, las cuales son las principales comunidades que realizan sus actividades en torno al manglar (OIMT, 1990; D'CROZ, 1993; FAO, 1999; Sudtongkong y Webb, 2008).

Desde comienzos del siglo XX se ha reconocido la importancia del manglar; sin embargo, otro sector de la sociedad consideró que eran tierras de poco uso, sin ningún valor. En la década del sesenta, trabajos de Chapman (1976), Lugo y Snedaker (1974; Osorio, 1994; Baran, 1998; Volker, 2001) y otros jugaron un papel en reconocer, y divulgar el rol que realizan los manglares y los beneficios que proveen, entre los cuales están: control de calidad de agua a través del filtrado de sedimentos y material orgánico, protección de la costa contra la erosión hídrica o eólica, criadero de especies marinas de importancia comercial y hábitat de fauna silvestre, especialmente avifauna. Adicionalmente los manglares benefician a las comunidades aledañas al impedir que la erosión eólica afecte los suelos agrícolas vecinos, filtran la sal de los vientos que vienen de la costa, mejoran la calidad de las aguas. Además, redistribuyen los sedimentos provenientes de las partes altas del estuario, ayudando a mantener el equilibrio ecológico de la zona costera (Carrasquilla, 2005; Crona, 2006; RAMSAR, 2009).

Los manglares proveen bienes forestales como varas para la construcción, leña, carbón y taninos, para la industria del cuero. Otros beneficios, provenientes del manglar, son el valor agregado que ofrecen a la acuicultura, la cacería, producción de miel, sal, educación ambiental, turismo, recreación y la conservación *in situ* de recursos genéticos del ecosistema (Clyde, 2001; Doyon, 2006; ISLAM,. 2008).

El área de Chame se ha visto gravemente afectada por esta línea de pensamiento; la superficie de manglar se transformó en un 55% para el uso acuícola. De acuerdo con el plan de manejo, los terrenos afectados por la actividad camaronera totalizan 1216.7 hectáreas (CONFOREC, S.A., 2007); esta situación fue documentada, en mayo 2011, en una inspección conjunta con personal de ANAM.

## Métodos y materiales

Entre los insumos utilizados para la realización de este trabajo figuran los siguientes:

- Datos del Censo Nacional de Población y Vivienda Años: 2000 y 2010.
- Datos del Sexto Censo Agropecuario Nacional - Año 2001.
- Programas Estadísticos (Excel 2000).

En primer lugar, se colectaron los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2010, que sirvieron para elaborar la línea base socioeconómica, considerando los estudios previos de diagnóstico de la explotación de manglares de Chame realizados por la ANAM y la OIMT. Se realizaron inspecciones a las áreas donde se produce carbón en El Espavé y Sajalices; se visitó el horno subterráneo experimental y apiario de Sajalices; se realizaron más de 15 entrevistas a funcionarios, usuarios, e intermediarios en La Cresta, Sajalices y El Espavé. Además, se realizaron 43 encuestas a usuarios de El Espavé y Sajalices.

Las entrevistas se realizaron con guías y contactos en cada comunidad, en El Espavé, funcionarios de ANAM proporcionaron contactos de intermediarios, y usuarios del manglar. En Sajalices, se contactó a los usuarios a través del grupo Defensores Unidos del Manglar de Sajalices (DEUMSA) y en La Cresta se contó con la cooperación de un cangrejero de la comunidad que actuó como guía.

Las encuestas se aplicaron exclusivamente a personas que extrajeran: madera, fuesen intermediarios, recolectaran conchas, pescadores artesanales y cangrejeros. Se realizaron por grupo familiar: si más de un miembro de la familia se dedicaban a hacer carbón, y pertenecían al mismo grupo de trabajo, solo se encuestaba a uno de los usuarios. Otros usuarios, pertenecientes al mismo grupo, se entrevistaban para determinar información con respecto a volumen de madera, metodología de explotación y calidad de vida.

### **Resultados y discusión**

Para la realización de este estudio, se tomaron como marco de muestra, las comunidades estudiadas por ANAM y la OIMT en 1994, como parte del Proyecto Manejo, Conservación y Desarrollo de los Manglares “Diagnóstico Socioeconómico de los Beneficiarios del Manglar del Área de Chame”.

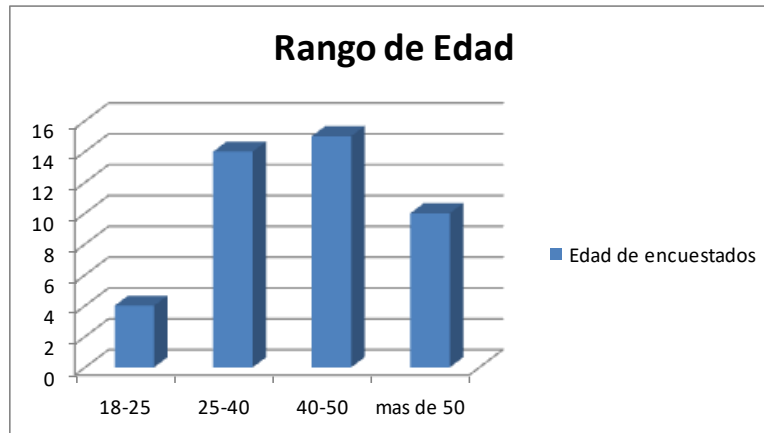
Con este antecedente se recabó información proveniente del Censo Nacional del año 2000, para determinar la base socioeconómica de las comunidades elegidas. Esta información, luego, se corroboró con los resultados del Censo de 2010. Por otra parte, se realizaron encuestas y entrevistas a los usuarios del manglar.

Las comunidades todas pertenecen al Distrito de Chame, Las comunidades son Sajalices, El Espavé, y La Cresta. De acuerdo con el Censo del 2010, estas comunidades tienen poblaciones de 1236, 962 y 564 respectivamente.

Las gráficas demuestran que la población está compuesta en gran parte por infantes y personas entre los 18 y 50; este último grupo es la población de usuarios potenciales del manglar, pues aún cuentan con el vigor físico para poder realizar labores o adentrarse en el bosque, para adquirir bienes y productos.

Las encuestas y entrevistas, de mayo de 2011, revelan que el 62% de los usuarios entrevistados fluctúan entre 25 y 50 años, mientras que solo un 12% están en un rango de edad entre los 17-22 años. Por otro lado, el 28% tiene más de cinco (5) décadas de dedicarse a labores extractivas. (Figura 1).

**Figura 1**  
*Rango de Edad de encuestados.*



Todos los usuarios encuestados realizan algún tipo de actividad extractiva en el manglar; nótese que el número de usuarios de menos de 25 años es muy bajo, comparado a los otros rangos de edad. De acuerdo con la opinión de entrevistados, el nivel de deserción escolar en la secundaria es alto. Al inicio de la investigación, los entrevistados enunciaron que los varones dejan los estudios para dedicarse al carbón.

Para determinar las variedades de actividades extractivas realizadas en los manglares, y el número de usuarios que las practican se consultaron los Censos de 2000 y 2010. Adicionalmente, se tomó información del Plan de Manejo; sin embargo, hay incongruencias en los datos. Pues en el año 2000, estaban incluidas las comunidades de Bejuco y El Líbano, pero para el año 2010 no se reportaron extractivismo de estas comunidades.

El Censo de 2000 y el trabajo de campo, realizado en mayo 2010, revelaron que la ocupación con mayor representatividad es la de carbonero. Otras ocupaciones, como la de talador y trozador, también están fuertemente ligadas a la explotación de los árboles de manglar.

De la Tabla 1, derivado de la información del Censo de 2000, sabemos que había 94 carboneros en todo Chame. El Proyecto Manglares estaba vigente durante este periodo y el mismo generó empleos para puntos específicos, explicando labores como Obrero Forestal.

**Tabla 1:**  
*Ocupación en el Distrito de Chame, año: 2000.*

<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>
Talador de árboles	15
Trozador de madera	5
Injertador	1
Obrero forestal, n.e.	9
Secador de madera	1
Guardabosque	4
Reforestador	17
Carbonero	94
Cortador de leña	1

**Fuente:** INEC, Censo de 2000



El Censo de 2010, identificó en El Espavé 56 personas extrayendo madera o labores afines. Por otro lado, entre las tres (3) comunidades, se identificaron 41 pescadores. Estos datos no coinciden con la información del Plan de Manejo, que señala la población de extractores de madera de manglar en más de 200 para esta comunidad.

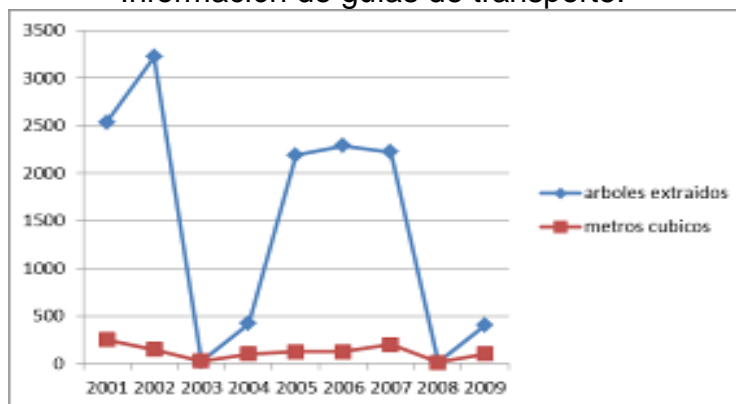
Por otro lado, el trabajo de campo realizado en mayo 2011, estudiando el número de planas para construir hornos, cantidad de botes para acarreo de madera, observación, entrevistas y encuestas, se calcula que en El Espavé no puede haber menos de 65 grupos de carboneros, familias o individuos, dedicados a la actividad.

Si en el año 2000 había 94 personas dedicadas a producir carbón en todo Chame, y ahora podemos estar seguros de que solo en El Espavé hay por lo menos 65 carboneros, podemos inferir que la actividad de producción de carbón se ha mantenido estable, si es que no se ha intensificado en la última década. Por otro lado, las encuestas y entrevistas revelaron que muchas personas que se dedican a la pesca también de la actividad de hacer carbón. Esto se debe a la estacionalidad, la actividad de producir carbón puede hacerse todo el año, y el producto se vende rápidamente. Por otro lado, la pesca está sujeta a variables que el usuario no controla y puede haber temporadas con poca o ninguna captura.

Explotación del manglar 2000-2011

La investigación de las guías de transporte, desde 2001 a 2009, reveló que durante 2003 y 2008, se redujeron drásticamente el número de guías de transporte de madera emitidas. Esto se debió a una suspensión de los permisos de tala, por la reorganización de documentos de ANAM en 2003 y a la elaboración del Plan de Manejo en 2008. (Figura 2).

**Figura 2**  
Información de guías de transporte.



Fuente: ANAM 2001-2009

Por otro lado, también fue relevante el hecho de que en 2002 se derribaron más árboles que en 2001, pero el volumen de madera fue casi la mitad. Esto pudo deberse a la tala de árboles de menor diámetro, impulsada por variables desconocidas, por ejemplo: madera para construcción a madera como fuente de energía (leña y carbón), la cual puede ser de menor diámetro, que la primera.

Los hallazgos de las encuestas y entrevistas, de mayo 2011, revelaron que la producción de carbón es la principal actividad económica realizada por los usuarios; sin embargo, el grueso de la producción se trasladó de Sajalices a El Espavé. Si bien aún se comercializan astillas y varas, este tipo de producción ha bajado significativamente.

El 93% de los encuestados y entrevistados de las comunidades estudiadas revelaron que se dedicaban a la producción de carbón ya fuese a tiempo completo o eventualmente. Los carboneros confeccionan entre uno y dos hornos por mes, el rendimiento de cada horno puede ir de 50 a 150 sacos, de 25 libras. Por otro lado, los usuarios generalmente construyen hornos con rendimiento de 80 sacos.

Para armar un horno se emplean de 2 a 8 árboles, esto depende del diámetro, el cual los carboneros que no sea mayor de 30 cm diámetro. Un cálculo realizado con carboneros de Sajalices indica que, para armar un horno que rinda 80 sacos de carbón, el usuario puede utilizar 6m<sup>2</sup> del bosque de manglar, de árboles con diámetro inferior a 20 cm.

Los hornos contruidos tienen alrededor de cuatro (4) metros de diámetro por 1.5m de altura. Cada usuario tiene sus propias técnicas para la construcción. Los mismos se construyen sobre áreas llamadas “planas”. En el Espavé, donde se genera la mayor parte del carbón se contabilizaron 65 planas, que de acuerdo con las entrevistas se usan una vez por mes.

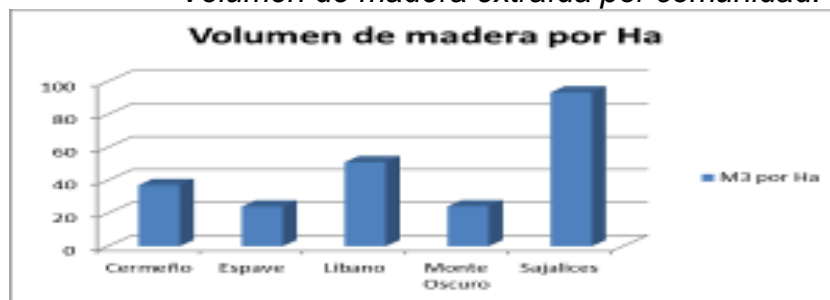
Considerando que cada barrido dentro del manglar para identificar los sitios de extracción se usa una vez por mes, que la muestra de carboneros entrevistados y encuestados de El Espavé construye por lo menos 39 hornos por mes, y utilizando el cálculo de área de manglar necesaria para construir un horno mediano (80 sacos), estimamos que los usuarios de esta comunidad utilizan 312 m<sup>2</sup> de manglar por mes. (Figuras 3 y 4).

**Figura 3**  
*Volumen de árboles extraídos por comunidad.*



**Fuente:** *Plan de Manejo, 2010*

**Figura 4**  
*Volumen de madera extraída por comunidad.*



**Fuente:** *Plan de Manejo, 2010*

La información forestal levanta (CONFOREC, S.A.) indica que El Espavé no solo cuenta con los bajos números de árboles por hectárea; además, el volumen de madera es bajo. Estos pueden ser indicadores de sobreexplotación y alteración de condiciones ambientales que a su vez degradan el manglar.

### Explotación de Concha Negra

Existen personas explotando moluscos como la *Anadara tuberculosa* y la *Anadara grandis*, dedicándose a extraerlas con fines comerciales. En 1993, se estimaba que se extraían alrededor de 57464 conchas anualmente del manglar generando la suma de B/. 13833.60. Es una de las especies recolectada, se venden a 0.75 USD la unidad. Los lugareños prefieren consumirlas frescas con un poco de limón o asadas. Se ofrecen frescas en la Panamericana; se venden por docenas; algunas veces se ofrece seviche a 2 USD, en recipientes de 8 onzas, pero eso depende de la estacionalidad de los limones.

El método de recolección es manual; los usuarios se adentran en las secciones del bosque donde las raíces de especies como *R. mangle* sirven de hábitat para los moluscos; el usuario, entonces, introduce su mano en el fango y mediante el tacto localiza y los extrae.

En la actualidad aún se explotan en la Bahía de Chame, principalmente por usuarios de El Espavé, quienes las comercializan por docena a 1-1.75 UDS. A pesar de que existen usuarios en otras comunidades, la recolección de los moluscos en El Espavé es con fines comerciales, personas cuyas actividades económicas son de pesca, o leñadores dedican algunas horas al día para recolectar conchas para complementar sus ingresos.

El proyecto Manglares, de ANAM y la OIMT, registró que las comunidades aledañas a los manglares de Chame extraen crustáceos como el cangrejo de manglar (*Cardisoma crassum*) con fines de comercialización en 1996. Indicando que se extraen anualmente alrededor de 23040 cangrejos, que son comercializados por un total de B/. 6912.00 anuales.

El muestreo, realizado en mayo 2011, indica que, si existe la actividad de recolección y comercialización de cangrejos provenientes del manglar, esta práctica es exclusiva de la comunidad de La Cresta, donde algunos usuarios la realizan para complementar sus ingresos.

Los animales son capturados manualmente y amontonados en grupos de hasta 12 individuos, estos grupos se venden en la Panamericana hasta por 20 USD. Estos animales no son parte de la dieta regular de los usuarios, quienes solo los consumen

cuando están muertos o no lo suficiente frescos para vender. Debido a su alto valor, los usuarios prefieren vender el producto y adquirir otro tipo de alimento.

Promediando las capturas y el precio de venta, se estima que esta actividad puede generar un promedio de 121.55 USD, por día, para los usuarios. Por otro lado, entrevistas realizadas revelan que algunos cangrejeros logran generar hasta 400 USD, durante un fin de semana. Esta es una actividad exclusiva de la temporada lluviosa.

Estos pueden ser signos de impactos en las poblaciones de cangrejos; a medida que las poblaciones colapsan, los usuarios se ven obligados a rotar las áreas de recolección. A diferencia de la concha negra, usuarios de Sajalices y Espavé comentan que no acostumbran a consumir cangrejos.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los trabajos de campo (visitas, inspecciones con personal técnico, encuestas y entrevistas). Los ingresos generados por las diversas actividades extractivas en el manglar de la Reserva Forestal de la Bahía de Chame son realizados como complementarias entre sí por las comunidades.



Solo un (1) encuestado declara que se dedicaba a la extracción de conchas como actividad principal; los demás eran carboneros o pescadores. La estimación de venta de conchas directamente a intermediarios, y generan ingresos totales por debajo de los 200 USD al mes, según los encuestados.

Por entrevistas realizadas a intermediarios en la vía Panamericana, este producto y el carbón son muy populares. Esta actividad es exclusiva en El Espavé, pues en Sajalices y La Cresta, los usuarios que recolectan concha negra lo hacen para su consumo personal.

Durante las entrevistas y encuestas a los usuarios, se formularon preguntas para diagnosticar posible sobreexplotación de cualquiera de las dos especies de conchas. Sin embargo, las personas declaran que las tallas de los animales recolectados se han mantenido estables en los últimos años, y que se pueden recolectar más de diez docenas en algunas horas de trabajo. Este producto no forma parte de la dieta regular de los usuarios debido a que, por su popularidad y buen precio, prefieren venderlo; con el ingreso compran otros alimentos.

De una muestra de 43 encuestados y más de 15 entrevistas, solo usuarios del Espavé declararon recolectar conchas negras para la venta. En Sajalices y La Cresta, solo cuatro comentaron hacerlo, pero para consumo propio y actividad recreativa familiar.

Las entrevistas también revelaron que los concheros de El Espavé se están adentrando en zonas que no visitaban previamente en Sajalices y en La Cresta. Esto puede ser un indicador que las conchas en los sitios aledaños al Espavé han sido diezgadas y esto ha obligado a los recolectores a extenderse a áreas vecinas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAM. (2009). Organización Internacional de Maderas Tropicales. Proyecto de Conservación y Repoblación de las Áreas Amenazadas del Bosque de Manglar en el Pacífico Panameño. Informe final de los resultados del proyecto I y II. CATHALAC. Panamá. 76 p.
- BANN C. (2011). An economic analysis of alternative mangrove management strategies in Koh Kong Province, Cambodia.
- BARAN E.; HAMBREY, J. (1998). Mangrove Conservation and Coastal Management in Southeast Asia: What Impact on Fishery Resources? Marine Pollution Bulletin. Vol.37. Nos. 8-12. 431-440 p.
- CARRASQUILLA Luis. (2005). Árboles y arbustos de Panamá. Novo Art, S.A. 478 p. Panamá.
- CENTRO REGIONAL RAMSAR PARA LA CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN SOBRE HUMEDALES PARA EL HEMISFERIO OCCIDENTAL. (2009). Inventario de los humedales continentales y costeros de la República de Panamá. Flores De. G., E., Gallardo, M., Núñez, E. (editores). Panamá. 255 p.
- CLYDE L. y McKenzie Jr. (2001). The fisheries for mangrove cockles, *A. spp* from Mexico to Peru, with description of their habitat and biology, the fishermen's life, and the effects of shrimp farming (en línea). Estados Unidos.
- CONFOREC, S.A. (2007). Plan de manejo de los manglares de la Bahía de Chame. CATHALAC. Panamá. 171p.

- Contraloría General de la República de Panamá. (2000). Censos Nacionales de Población y Vivienda.
- Contraloría General de la República de Panamá. (2010). Censos Nacionales de Población y Vivienda.
- CRONA, B. (2006). Of mangrove and middlemen, a study of social and ecological linkages in a coastal community. (tesis doctoral). Universidad de Estocolmo. Suecia.
- CHAPMAN, J. (1976). Mangrove Vegetation. Leutershausen. 427 p.
- D'CROZ, L. (1993). Status and uses of mangroves in the Republic of Panama. In: Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions. Part I: Latin America: 115-127, edited by L.D. Lacerda. International Society for Mangrove Ecosystems and International Tropical Timber Organization. ITTO/ISME Project PD114/90.
- DOYON, L. (2006). State livelihood issues and environmental perceptions in a coastal Cuban community: A revolutionary path to mangrove management.
- (FAO). ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. (1994). Directrices para la ordenación de los manglares. Impresa en Chile. 345p.
- ISLAM, N. S. (2008). Cultural landscape changing due to anthropogenic influences on surface water and threats to mangrove wetland ecosystem: A case study on the Sundarbans, Bangladesh (Tesis Doctoral). Branderburg University of Technology at Cottbus. Alemania
- Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (1974). The Ecology of Mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics, 5, 39-64.  
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000351>
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES (OIMT). 1990. Conservación y Aprovechamiento Sostenible de Bosque de Manglar en las Regiones América Latina y África, Parte I América Latina. Luís, D' Cruz. Universidad de Panamá. Pág. 107-119.
- OSORIO, O. Álvarez G. (1994). Diagnóstico socioeconómico de los beneficiarios del manglar del área de Chame. ANAM-OIMT. Panamá. 21 p.
- SUDTONGKONG, C. y WEBB, E. L. 2008. Outcomes of state vs community based mangrove management in southern Thailand.

VOLKER, L. (2001). Mangrove ecosystems: Function and Management. Editorial: Springer-Verlag Berlin Heidelb. Berlin, Alemania.

### **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, se quisiera agradecer a las siguientes Instituciones y personas que ofrecieron un apoyo técnico, aportes teóricos y metodológicos, sin los cuales no se hubiera realizado este trabajo:

- Organización Internacional de Maderas Tropicales por su apoyo a esta investigación.
- Moradores de las comunidades Sajalices, El Espavé, y La Cresta. Por su apoyo incondicional a la realización de encuestas y entrevistas.
- Personal de ANAM de la oficina regional de Panamá Oeste.