



Revista Semilla del Este



Vol. 5, (2), abril - septiembre 2025 / ISSN L: 2710-7469
Centro Regional Universitario Panamá Este



REVISTA ESPECIALIZADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

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



Revista Semilla del Este

Vol. 5 (2)

abril - septiembre 2025

ISSN L: 2710-7469

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

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

**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Arnold Muñoz
Vicerrector Administrativo

Mgter. Mayanin Rodríguez
Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Ricardo Him
Vicerrector de Extensión

Mgter. Ricardo A. Parker
Secretario General

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

Directores de la Revista

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

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

Editor Jefe de la Revista

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

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

Secretario Técnico de la Revista

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

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

Equipo Editorial de la Revista

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

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

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

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

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

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

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

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

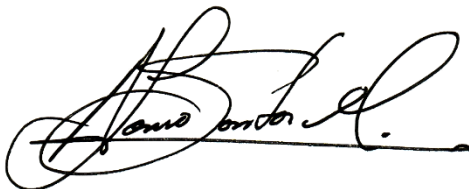
Contacto

semilladeleste@up.ac.pa

EDITORIAL

La Revista Semilla del Este, medio de publicación científica indexada y premiada como Categoría Sostenibilidad 2do año consecutivo; especializada en Gestión Ambiental de la Universidad de Panamá, se complace en presentarles el segundo número del quinto volumen, el cual cuenta con un total de 19 contribuciones originales en materia de investigación y gestión ambiental desarrollados tanto en el territorio nacional, desde la provincia de Darién hasta la provincia de Chiriquí; y en otros países de la región latinoamericana como Chile; en esta ocasión la revista ha priorizado la Gestión Sostenible de Recursos Naturales y la Biodiversidad, recibándose trabajos en materia de: Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Chitré, evaluación, causas y recomendaciones en las fallas de los sedimentadores primarios en colegios públicos y particulares en el sector este de Panamá, percepción de impactos ambientales en proyecto de infraestructura vial en Los Santos, Panamá, diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su importancia en el ecosistemas dulceacuícolas del Río Seco, Tortí, Panamá, análisis de la percepción comunitaria sobre la Sostenibilidad y Conservación en la Subcuenca del Río Zaratí, provincia de Coclé, Panamá, estudio del recurso polínifero utilizado por *Apis mellifera* L. en un apiario en el Distrito de Chagres, Colón, Panamá, La educación ambiental en entornos virtuales para promover la sostenibilidad y resiliencia ante el cambio climático, evaluación del estado ecológico de la quebrada la sonadora en Cermeño, Coclé, Panamá, primer registro de *Phyllostomus hastatus* en una región del país, genes de resistencia a antibióticos en suelos agrícolas: Un enlace entre agricultura y salud, evaluación de un formulado de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del pasto *Cynodon dactylon* en la Provincia de Coclé, suplementación nutricional con sal proteínada: impacto en el peso normalizado de novillas de reemplazo, residuos de glifosato y ácido aminometilfosfónico: Un riesgo silencioso para el ambiente.

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



Profesor, Alonso Santos Murgas, PhD.

Editor jefe, Revista Semilla del Este

INDICE

Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Chitré 2024 con internet de las cosas (IoT)	8
Población de mariposas diurnas como indicadoras de calidad ambiental en el Parque Natural San Francisco, Tortí, Panamá.....	25
Cultura de las 3R y Gestión de Residuos: Estrategia para mejorar el distrito de Chitré, Herrera, Panamá	44
Evaluación, causas y recomendaciones en las fallas de los sedimentadores primarios en colegios públicos y particulares en el sector este.	66
Percepción de impactos ambientales en proyecto de infraestructura vial en Los Santos, Panamá.....	80
Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su importancia en el ecosistemas dulceacuícolas del Río Seco, Tortí, Panamá	100
Análisis de la Percepción Comunitaria sobre la Sostenibilidad y Conservación en la Subcuenca del Río Zaratí, Provincia de Coclé, Panamá	119
Estudio del recurso polinífero utilizado por <i>apis mellifera</i> l. En un apiario en el Distrito de Chagres, Colón, Panamá, 2024	141
La Educación Ambiental en entornos virtuales para promover la sostenibilidad y resiliencia ante el cambio climático en UDELAS Azuero.	160
Evaluación del estado ecológico de la quebrada la sonadora en Cermeño, Coclé, Panamá, utilizando fitoplancton como bioindicador.....	185
List of Dental Anomalies in Bats from Panama and First Report for <i>Phyllostomus hastatus</i> (pallas, 1767).....	203
Genes de resistencia a antibióticos en suelos agrícolas: Un enlace entre agricultura y salud	216
Aprovechamiento del nance: perspectiva en el contexto panameño.....	233

Evaluación de un formulado de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del pasto cynodon dactylon en la Provincia de Coclé	255
Suplementación nutricional con sal proteinada: impacto en el peso normalizado de novillas de reemplazo	272
Residuos de glifosato y ácido aminometilfosfónico: Un riesgo silencioso para el ambiente	284
Tendencias del marketing en relación con el cambio climático: revisión de literatura de 1992 a 2023	297
Frutales promisorios en el sur de Chile: estudio de caso de agrícola río negro – región de los lagos	317
Efecto bioplaguicida de las microalgas: una estrategia sostenible contra <i>botrytis cinerea</i>	327

Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Chitré 2024 con internet de las cosas (IoT)

Air quality analysis in the city of Chitre 2024 with the inter-net of things (IoT)

Alexis Camargo

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero. Panamá

alexis.camargo@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1801-0712>

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero. Panamá

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

Recepción: 22 de mayo de 2024

Aprobación: 6 de septiembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6203>

Resumen

La contaminación del aire es un problema crítico que afecta la salud pública y el medio ambiente. Nuestra propuesta aborda este desafío mediante el uso de dispositivos de internet de las cosas (IoT) de bajo costo para el análisis de la calidad del aire en la ciudad de Chitré-Herrera. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del aire en Chitré utilizando estaciones equipadas con placas Arduino y sensores que generaron información de agentes contaminantes durante el mes de agosto. La metodología involucró la instalación de las estaciones en los corregimientos de Chitré Cabecera y San Juan Bautista, donde se midió los niveles de $PM_{2.5}$, PM_{10} y CO_2 . Se emplearán técnicas estadísticas descriptivas para identificar patrones, comparar las condiciones entre corregimientos. Los resultados obtenidos indican que las concentraciones de $PM_{2.5}$, PM_{10} y CO_2 están dentro de los límites aceptables establecidos por la OMS, con valores promedio de $PM_{2.5} = 2.85 \mu g/m^3$, $PM_{10} = 5.63 \mu g/m^3$ y $CO_2 = 51.65$ ppm. Los datos recolectados muestran que los niveles de partículas y CO_2 son aceptables o bajos, lo cual no implica un peligro considerable para la salud de la población. Según los parámetros medidos, el aire de Chitré es seguro y sin amenaza de contaminación. Este estudio servirá de punto de referencia valioso para las entidades de salud y educación

que se dedican a la investigación en temas ambientales y de salud pública, contribuyendo al desarrollo de políticas y acciones para la mejora continua de la calidad del aire en la región.

Palabras clave: ambiente, contaminación, calidad del aire, tecnología arduino.

Abstract

Air pollution is a critical problem that affects public health and the environment. Our proposal addresses this challenge by using low-cost Internet of Things (IoT) devices for the analysis of air quality in the city of Chitre-Herrera. This research aimed to evaluate air quality in Chitre using stations equipped with Arduino boards and sensors that generated information on polluting agents during the month of August.

The methodology involved the installation of stations in the towns of Chitre Cabecera and San Juan Bautista, where the levels of PM_{2.5}, PM₁₀ and CO₂ were measured. Descriptive statistical techniques will be used to identify patterns and compare conditions between townships. The results obtained indicate that the concentrations of PM_{2.5}, PM₁₀ and CO₂ are within the acceptable limits established by the WHO, with average values of PM_{2.5} = 2.85 µg/m³, PM₁₀ = 5.63 µg/m³ and CO₂ = 51.65 ppm . The data collected shows that the levels of particles and CO₂ are acceptable or low, which does not imply a considerable danger to the health of the population. According to the measured parameters, Chitre air is safe and without threat of pollution. This study will serve as a valuable reference point for health and education entities that are dedicated to research on environmental and public health issues, contributing to the development of policies and actions for the continuous improvement of air quality in the region.

Keywords: air quality, arduino technology, environment, pollution.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire representa un desafío global debido a su impacto en la salud pública y el medio ambiente, especialmente en áreas urbanas donde la industrialización y la actividad vehicular son constantes. Esta se define como el grado en el que el aire está libre de contaminantes que pueden afectar la salud humana y el medio ambiente (Fenaer, 2023). A nivel mundial, la exposición a contaminantes atmosféricos se asocia con enfermedades respiratorias, afectando tanto a poblaciones vulnerables como a la comunidad en general (OMS, 2021). En América Latina, la exposición a contaminantes atmosféricos como partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2.5}$), y dióxido de carbono (CO_2) está vinculada a un aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, especialmente en grandes ciudades. Ciudades como Bogotá, Ciudad de México, São Paulo y Santiago frecuentemente exceden los límites de contaminación recomendados por la OMS, lo cual incrementa los casos de bronquitis, infecciones respiratorias en niños y enfermedades cardíacas en adultos mayores (Wtitzmfeld, n.d.). Según la Organización Panamericana de la Salud, hasta el 76% de los habitantes urbanos en la región están expuestos a niveles de partículas superiores a los recomendados, lo que genera un impacto significativo en la salud pública y una mayor carga sobre los sistemas de salud (Organización Panamericana de la Salud, 2016). En la ciudad de Chitré, provincia de Herrera, Panamá, la calidad del aire se ha convertido en una preocupación significativa debido al crecimiento demográfico e industrial.

Los estudios en torno a la calidad del aire en entornos urbanos han demostrado que factores como la densidad poblacional, el tráfico vehicular y las condiciones meteorológicas influyen en la concentración de contaminantes (Domingo et al, 2020). En Panamá, el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) a través de la **Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental**, es la entidad responsable de monitorear y evaluar la calidad del aire en el país, que sigue las directrices internacionales y establece normativas para mantener los contaminantes dentro de límites aceptables. Sin embargo, los sistemas de monitoreo de alta precisión en el país se limitan a ciertas áreas, lo que impide tener una visión completa de la calidad del aire en regiones fuera de la capital, como Chitré (Quintero et al., 2023).

El uso de tecnología del Internet de las Cosas (IoT) de bajo costo para el monitoreo ambiental ha ganado relevancia en la última década, gracias al desarrollo de plataformas de hardware libre como Arduino (Kaur, S., & Singh, S., 2020), (Banzi, M., & Shiloh, M. 2014). Estos sistemas permiten el despliegue de estaciones de monitoreo de bajo costo y cobertura amplia, con capacidad para recolectar datos en tiempo real (Banzi & Shiloh, 2014). En el contexto de la ciudad de Chitré, provincia de Herrera, la implementación de estaciones de monitoreo equipadas con sensores IoT(Arduino) ofrece una oportunidad para obtener información valiosa sobre la calidad del aire en las áreas más pobladas de la ciudad. Este enfoque innovador no solo facilita la recolección de datos, sino que también contribuye al análisis de patrones y tendencias en la contaminación, permitiendo a las autoridades competentes y a la comunidad tomar decisiones informadas. Mas aún que la falta de datos locales precisos dificulta la comprensión de los niveles y la variabilidad de los contaminantes, lo cual es fundamental para el desarrollo de políticas efectivas de control de la contaminación y protección ambiental.

Este estudio tiene como objetivo analizar la calidad del aire en dos corregimientos de Chitré (Chitré cabecera – San Juan Bautista) mediante el uso de sensores de partículas en suspensión ($PM_{2.5}$, PM_{10}) y dióxido de carbono (CO_2) integrados en estaciones de monitoreo IoT (Arduino). Además la investigación se centra en identificar las variaciones de la calidad del aire proporcionando así una base de datos actualizada que pueda guiar la implementación de medidas de mitigación y la mejora de la salud pública en la región

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

Figura 1.

Ubicación de los sensores Arduino para medir la calidad del aire en el distrito de Chitré.



Fuente: Google maps

En la figura 1 se observa marcados con la flecha roja los lugares donde se colocaron las estaciones de monitoreo.

Tipo de Datos

Los datos recolectados en este proyecto son **cuantitativos**, ya que se basan en la medición numérica de la concentración de partículas en el aire ($PM_{2.5}$, PM_{10}) y niveles de dióxido de carbono (CO_2) en partes por millón (ppm). Estos datos cuantitativos permiten un análisis estadístico y comparativo con los estándares internacionales, como los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Forma de Obtener los Datos

Frecuencia de la recogida de los datos:

Ambas estaciones enviaban lecturas cada 20 segundos, haciendo un total aproximado de 10800 lecturas diarias, de las cuales se sacó un promedio diario.

Para la recolección de datos, se utilizó una **metodología experimental** mediante la implementación de dispositivos Arduino equipados con sensores específicos para medir la concentración de contaminantes en el aire. Los sensores más comúnmente usados incluyen:

Sensor de polvo y partículas (PM_{2.5} y PM₁₀) SDS011: Estos sensores detectan la concentración de partículas en el aire y emiten datos en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 2

Sensor SDS011.



Fuente: ESPHome. (s.f.).

En la figura 2 se muestra el sensor SDS011 que se utilizó en el proyecto para medir los niveles de partículas PM_{2.5} y PM₁₀.

Sensor de CO₂ (MQ135): Mide la concentración de dióxido de carbono en el aire en partes por millón (ppm).

Figura 3

Sensor MQ135



Fuentes: Moviltronics (2023)

En la figura 3 se muestra el sensor MQ135 que se utilizó en el proyecto para medir los niveles de CO₂.

Arduino Yun: El Arduino Yun es una placa de desarrollo basada en un sistema Linux, el cual permite la conexión avanzada a redes y aplicaciones. Permite conectar la placa a la red Wi-Fi o a una red cableada de una forma sencilla gracias al panel web de Yun.

Figura 4

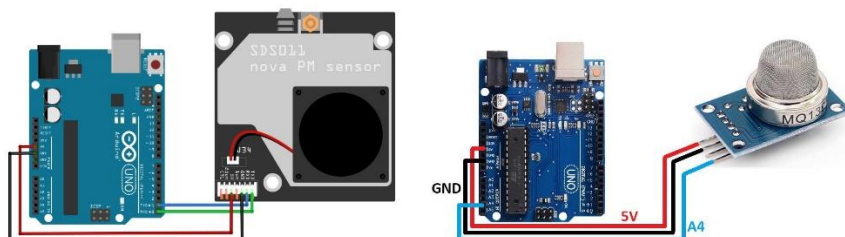
Arduino Yun



Fuente: Arduino Yun. (s.f.)

Figura 5

Esquema de conexión de sensores a la placa Arduino



Fuente: ElectroVigyan. (s.f.).

En la figura 5 se puede observar el esquema de conexión de los sensores usados con Arduino.

b. Descripción de los métodos y técnicas de investigación escogidos.

Para la presente investigación se utilizó el método cuantitativo experimental debido a la necesidad de medir, cuantificar, y analizar datos específicos sobre la calidad del aire, lo que permite una evaluación objetiva y precisa. Además, el enfoque experimental permite manipular y controlar las condiciones bajo las cuales se recolectan los datos, garantizando la validez de los resultados obtenidos (Anguera, n.d.).

Este enfoque proporcionará datos sólidos y fiables que pueden ser utilizados para hacer inferencias sobre la calidad del aire en la ciudad de Chitré y su impacto en la salud pública.

c. Selección de la muestra:

Para el presente estudio, se seleccionó el **muestreo intencional o por juicio**. En el muestreo intencional, también conocido como muestreo por juicio, es una técnica no probabilística en la que el investigador selecciona deliberadamente las unidades de estudio basándose en su conocimiento y criterio sobre qué áreas serán más representativas o relevantes para el objetivo de la investigación (Neftali, 2016).

La elección de los corregimientos de Chitré Cabecera y San Juan Bautista como muestras para el estudio de monitoreo de la calidad del aire es una decisión fundamentada en varios factores clave que podían influir en la representatividad y la relevancia de los datos obtenidos. A continuación, se justifica esta selección de los siguientes corregimientos:

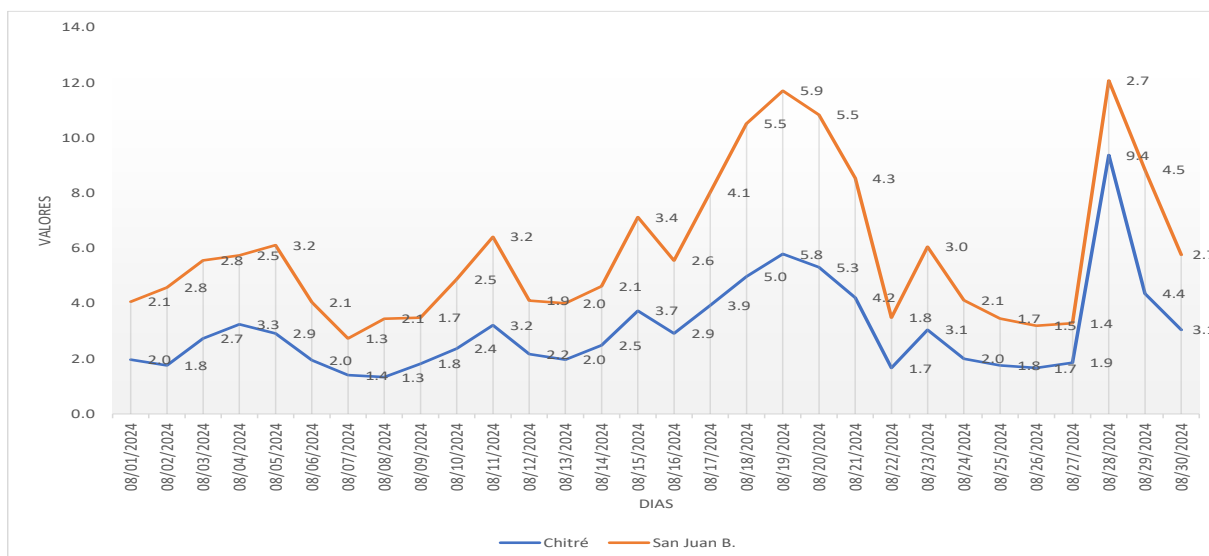
Chitré Cabecera: Es el centro urbano principal de la ciudad, donde se concentra la mayor parte de la actividad comercial, administrativa y residencial. Este corregimiento es representativo de las zonas más densamente pobladas y urbanizadas, lo que permite captar los niveles de contaminación del aire asociados al tráfico vehicular, la actividad industrial ligera y el uso de combustibles fósiles en el día a día.

San Juan Bautista: Este corregimiento, aunque también urbano, puede ofrecer una perspectiva contrastante al ser menos denso que Chitré Cabecera. Permite evaluar cómo varía la calidad del aire en un área con menos congestión vehicular y menor actividad comercial, lo que ayuda a identificar posibles variaciones en la contaminación atmosférica dentro de la misma ciudad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 6.

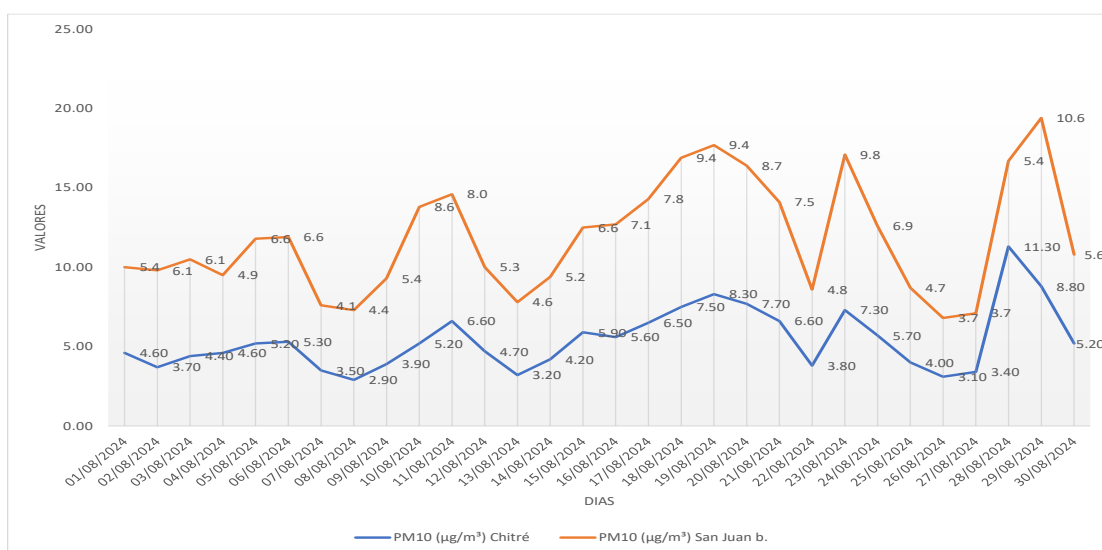
Partículas $PM_{2.5}$ en la Estación Base de Chitré y San Juan Bautista



En la figura 6 se puede observar que los días con mayores concentraciones de $PM_{2.5}$ para la estación de Chitré fueron el 28 de agosto ($9.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que el de menor concentración fueron el 8 de agosto ($1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y para la estación de San Juan Bautista días con concentración más altas fue el 17/08/2024 ($4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 7

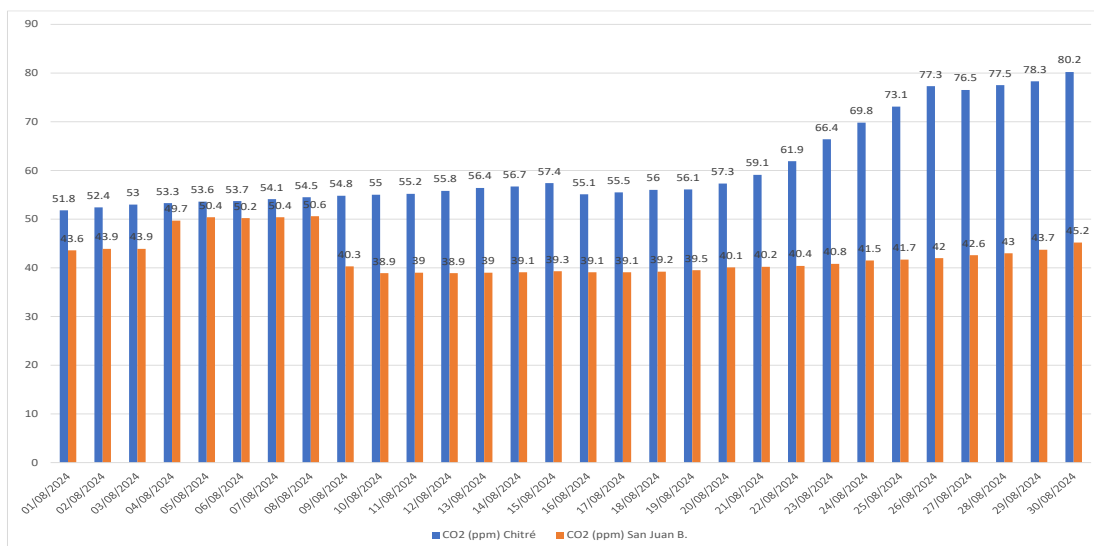
Partículas PM_{10} en la Estación Base de Chitré y San Juan Bautista



En la figura 7 se puede observar que los días con mayores concentraciones de PM_{10} registrado en Chitré fue el 28 de agosto con $11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en San Juan Bautista fue el 29/08/2024, con $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 8

Niveles de CO₂ Estación Base de Chitré y San Juan Bautista



Como podemos ver en la figura 8 los valores del CO₂ para ambas estaciones están por debajo de 1,000 ppm.

Análisis Comparativo entre las Dos Estaciones

Tabla 1.

Promedio Mensual de Partículas PM_{2.5}, PM₁₀ y CO₂ de la Estación de Chitré Cabecera y la estación de San Juan Bautista

Promedio Mensual (01- al 30 de agosto de 2024)

Ubicación de la Estación	Partículas PM _{2.5}	Partículas PM ₁₀	CO ₂
Chitré	3.24 µg/m ³	5.45 µg/m ³	59.4 ppm
San Juan Bautista	2.47 µg/m ³	5.81 µg/m ³	43.9 ppm

La calidad del aire describe el estado del aire en nuestro entorno y su nivel de pureza en cuanto a la ausencia de contaminantes que pueden afectar la salud y el medio ambiente (Qué Es La Calidad Del Aire: Importancia Y Medición, 2024). Está influenciada por diversos contaminantes en la atmósfera, como partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2.5}$), dióxido de carbono, dióxido de azufre, monóxido de carbono y ozono, los cuales provienen tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, tales como la industria y el tráfico vehicular. Estos contaminantes pueden causar problemas respiratorios y cardiovasculares en las personas y afectar negativamente a los ecosistemas. La calidad del aire se mide y clasifica en índices, que permiten a las autoridades tomar decisiones para proteger la salud pública, incluyendo restricciones de tráfico o el uso de mascarillas en días críticos (Fenaer, 2023), (World Health Organization, 2021).

Los datos mostrados en las figuras 6,7,8 indican que los valores promedios diarios de partículas $PM_{2.5}$, PM_{10} y CO_2 están muy por debajo del umbral de los $25 \mu g/m^3$, $50 \mu g/m^3$ y 1000 ppm respectivamente y coinciden al estar dentro de los valores establecidos por la OMS, (2021), que establece límites para la exposición diaria a ciertos contaminantes del aire con el fin de proteger la salud pública. Estos índices generalmente clasifican la calidad del aire en categorías como buena, moderada, insalubre para grupos sensibles, insalubre, muy insalubre y peligrosa (WHO Global Air Quality Guidelines, 2021).

Para las partículas finas $PM_{2.5}$, el límite diario recomendado es de $15 \mu g/m^3$, mientras que para las partículas más grandes PM_{10} , el límite diario es de $45 \mu g/m^3$. En cuanto al dióxido de carbono (CO_2), aunque la OMS no establece un valor límite específico para la exposición diaria, se considera concentraciones inferiores a 1.000 ppm en interiores. Estos valores están diseñados para minimizar los riesgos de enfermedades respiratorias y cardiovasculares asociadas con la contaminación del aire. indicando que los niveles son buenos y seguros (World Health Organization: WHO, 2021).

Los días con mayores concentraciones de $PM_{2.5}$ para la estación de Chitré fueron el 28 de agosto ($9.4 \mu g/m^3$), seguido del 19 de agosto ($5.8 \mu g/m^3$) y 20 de agosto ($5.3 \mu g/m^3$). Mientras que los días con menores concentraciones fueron el 8 de agosto ($1.3 \mu g/m^3$) y el 7 de agosto

(1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) fueron los días con menor presencia de partículas $\text{PM}_{2.5}$. Para la estación de San Juan Bautista el promedio es bajo, hay días con concentraciones más altas, como los días 17/08/2024 (4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 18/08/2024 (5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 19/08/2024 (5.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y 20/08/2024 (5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Estos picos, aunque están por debajo del límite diario según la OMS, podrían indicar eventos o condiciones temporales que contribuyen a un aumento en la concentración de partículas $\text{PM}_{2.5}$. Ver figura 6,7,8.

Los días con mayor concentración de PM_{10} en la estación base de Chitré fue registrado el 28 de agosto con 11.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que sigue siendo considerablemente inferior al límite recomendado por la OMS. Se observaron algunos días con concentraciones más altas, especialmente entre el 18/08/2024 y el 29/08/2024. En este periodo, las concentraciones fluctúan entre 7.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 11.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual sigue estando dentro de los límites aceptables según la OMS (2021), pero es notable que las concentraciones sean más elevadas en comparación con los otros días. En tanto que para la estación base de San Juan Bautista se pueden observar algunos picos significativos, especialmente hacia la segunda mitad del mes, como el día 18/08/2024 y el 29/08/2024, donde los valores alcanzan 9.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 10.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Estos picos pueden reflejar episodios de mayor contaminación que pueden ser importantes para una evaluación detallada de la calidad del aire.

Tanto para los valores de las partículas $\text{PM}_{2.5}$ como para los valores de las partículas PM_{10} existen picos de concentración que podrían deberse a factores externos como fenómenos climáticos, aumento de actividades humanas (construcción, tránsito vehicular, etc.).

Los valores del CO_2 para ambas estaciones están por debajo de 1,000 ppm, lo cual es considerado aceptable y seguro para ambientes interiores, indicando una concentración segura y adecuada de CO_2 (OMS, 2021). Los datos parecen consistentes en términos de concentración de CO_2 , con valores que se mantienen en un rango bastante estrecho, lo que indica estabilidad en las condiciones de ventilación y emisión de CO_2 en el área monitoreada.

Análisis Comparativo entre las Dos Estaciones

Comparar la calidad del aire entre dos estaciones de monitoreo permite analizar variaciones en la concentración de contaminantes como $PM_{2.5}$, PM_{10} y CO_2 , y ofrece una comprensión detallada de los factores que influyen en cada ubicación. Esta comparación ayuda a identificar fuentes de contaminación, a evaluar la exposición de la población a riesgos de salud, y a observar patrones de contaminación que varían según la temporada o el día. También es útil para medir la efectividad de políticas ambientales implementadas, al analizar los cambios en las concentraciones de contaminantes antes y después de las intervenciones. Este análisis comparativo apoya la generación de modelos predictivos que permiten alertas tempranas para reducir el impacto de la contaminación en la salud pública (Fenaer, 2023; World Health Organization, 2021).

Según los datos mostrados en la tabla No.1, el promedio mensual de partículas $PM_{2.5}$ en ambos lugares están muy por debajo del estándar de $25 \mu g/m^3$, pero San Juan Bautista tiene una concentración promedio ligeramente más baja.

De igual manera, el promedio mensual de partículas PM_{10} en ambos lugares están por debajo del estándar de $50 \mu g/m^3$, pero la estación de Chitré muestra valores ligeramente más bajos a pesar de se encontraba a 350 metros de la avenida central y a 800 metros de la terminal de transporte de la ciudad de Chitré.

En cuanto a los niveles de CO_2 , ambos lugares están dentro del rango aceptable (menos de 1,000 ppm), pero la estación de San Juan Bautista muestra concentraciones de CO_2 algo más bajas, indicando mejor ventilación o menos fuentes de emisión en comparación con Chitré Cabecera.

CONCLUSIONES

El uso de tecnología del Internet de las cosas (Arduino) para el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Chitré nos permitió obtener mediciones precisas y en tiempo real de los contaminantes atmosféricos, lo que contribuirá a una mejor comprensión de los niveles de contaminación y facilitará la toma de decisiones para mejorar la calidad del aire.

Los valores promedio diarios de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en las estaciones de Chitré y San Juan Bautista se encuentran considerablemente por debajo de los límites establecidos por la OMS, lo que indica que la calidad del aire es buena y segura para la salud pública. A pesar de algunos picos registrados en días específicos, como el 28 de agosto, estos no superan los umbrales recomendados, lo que sugiere que las fluctuaciones en las concentraciones de partículas probablemente estén relacionadas con factores temporales o externos, como fenómenos climáticos o actividades humanas.

Las concentraciones de CO_2 en ambas estaciones monitoreadas se mantienen consistentemente por debajo del límite de 1,000 ppm establecido por la OMS para ambientes interiores, lo que indica que las condiciones de ventilación en las áreas evaluadas son adecuadas y seguras. La estabilidad en los valores de CO_2 refuerza la idea de que no hay riesgos significativos asociados con este contaminante en los lugares monitoreados.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anguera, M. T. (n.d.). *El control experimental*. Recuperado de <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/24051/1/18712.pdf>
- Arduino Yun. (s.f.). DEV-12053 - SparkFun Electronics. <https://www.sparkfun.com/products/retired/12053>
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting started with Arduino: The open source electronics prototyping platform*. Maker Media, Inc.
- Domingo, J. L., Rovira, J., & Schuhmacher, M. (2020). Health Effects of Air Pollutants on Humans: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145271>

- Fenaer. (2023, August 8). Calidad del aire - FENAER. Federación Nacional De Asociaciones De Pacientes Alérgicos Y Con Enfermedades Respiratorias. <https://fenaer.es/calidad-del-aire/>
- Google maps. www.google.com/maps
- ElectroVigyan. (s.f.). *Interface MQ135 Air Quality Sensor with Arduino* [Imagen de sensor de calidad del aire MQ135 con Arduino]. Recuperado de <https://www.electrovigyan.com/arduino/mq135-air-quality-sensor/>
- Kaur, S., & Singh, S. (2020). Internet of Things (IoT) in environmental monitoring: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(6), 5908-5920. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07382-6>
- Madrid, S. (2024, August 29). Partículas en suspensión y salud. Página De Salud Pública Del Ayuntamiento De Madrid. <https://madridsalud.es/particulas-en-suspension-y-salud/>
- Neftali, T. D. D. L. (2016). Población y muestra. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63099/secme26877.pdf?sequence=1>
- Organización Panamericana de la Salud. (2016). *La salud y el ambiente en la Agenda de Desarrollo Sostenible*. Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/28392>
- Organización Panamericana de la Salud. (2022). Las funciones esenciales de la salud pública ambiental. In *Un Marco Para Poner En Marcha La Agenda De Las Américas Sobre Salud, Medioambiente Y Cambio Climático 2021-2030*. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55703/OPSCDECE220003_spa.pdf?iAllowed=y&sequence=1
- Quintero, E., González, J., García, F., Sáez, Y., & Collado, E. (2023). IoT-based system prototype for particulate matter monitoring in the city of Chitre, Panama. Public. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.847>
- ESPHome. (s.f.). *Imagen del sensor de partículas SDS011*. Recuperado de <https://esphome.io/components/sensor/sds011.html>
- Moviltronics. (2023). *Imagen del sensor de gas MQ135 de calidad del aire*. Recuperado de <https://moviltronics.com/tienda/sensor-mq135/>
- Wtitzmfeld, (s.f.) Contaminación atmosférica y salud en américa latina. In *Bulletin of the Pan American Health Organization* (Vol. 26, Issue 1). <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/16541/v112n2p97.pdf?sequence=1&iAllowed=y>

World Health Organization (WHO). (2021). Air Quality Guidelines: Global Update 2021. Geneva: World Health Organization.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034051>

World Health Organization: WHO. (2021, September 22). Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire. OMS.

<https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>

Población de mariposas diurnas como indicadores de calidad ambiental en el Parque Natural San Francisco, Tortí, Panamá

Diurnal butterfly population as indicator environmental quality of the Natural Park San
Francisco, Torti, Panama

Janaí Domínguez

University of Arkansas at Fayetteville. Estados Unidos
jd072@uark.edu <https://orcid.org/0009-0000-9190-2007>

Génesis Almanza

Ontario Tech University. Canadá.
zarahialmanza14@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-5029-2369>

José Antonio Aguilar Llerena

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.
betacaroteno_22@yahoo.es <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

*Autor de correspondencia: betacaroteno_22@yahoo.es

Recepción: 17 de enero de 2025

Aprobación: 30 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6708>

Resumen

El propósito general de este trabajo fue evaluar la calidad biológica del área boscosa del Parque Natural San Francisco, por medio de la medición de los atributos ecológicos de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea). Para esto se recolectaron mariposas en estado adulto en un área total de 2,078 metros, durante los meses de julio y agosto de 2018. Las colectas se realizaron con una red entomológica y con la trampa de dosel VanSomerén-Rydon con cebo de cerveza con guineo, cerveza con mango-manzana y levadura con manzana. Las muestras fueron transportadas al laboratorio e identificadas con claves taxonómicas. El análisis de los datos se realizó mediante el índice de riqueza de Margalef (DMg), Shannon – Wiener (H') y el índice cuantitativo de Chao-Sorensen. Se capturaron en total 71 ejemplares de mariposas diurnas, distribuidos en 7 familias y 30 especies. La mayor representación fue de la familia Nymphalidae, con una riqueza de 14

especies, seguida por las familias Pieridae, Papilionidae, Hesperidae, Lycaenidae y Riodinidae, cada una con 3 especies, respectivamente. La mayor abundancia de mariposas fue obtenida en el mes de julio con 41 individuos, seguido por agosto con 30. Las especies más abundantes fueron *Urania boisduvalii*, *Morpho menelaus amathonte*, *Uraneis ucubis* y algunas del género *Parides*. Algunas de las especies se ubicaron en el interior del bosque, constituyendo un indicador del alto grado de fragmentación, el estado de sucesión secundaria, considerándolas propias de bosque secundario y bordes de bosque.

Palabras clave: biodiversidad, calidad ambiental, indicadores ambientales

Abstract

The general purpose of this work was to evaluate the biological quality of a wooded area of Parque Natural San Francisco, throughout the measurement of the ecological attributes of diurnal butterflies' community (Lepidoptera: Rhopalocera). For this, we collected butterflies in adult state in a total area of 2,078 meters, during the month of July and August of 2018. The collection was done with an entomological net and with the VanSomeren-Rydon trap with bait of beer with banana, beer with mango-apple and yeast with apple. The samples were transported to the laboratory and were identified with taxonomic keys. The analysis of the data has been made by using the Margalef (DMg) wealth index, Shannon – Wiener (H') and the quantitative index of Chao-Sorensen. There were captured a total of 71 specimens of diurnal butterflies, distributed in 7 families and 26 species. The greatest representation was the Nymphalidae family, with a wealth of the 14 species, followed by the Pieridae, Papilionidae, Hesperidae, Lycaenidae and Riodinidae families, each one with three (3) species, respectively. The greatest abundance of butterflies was obtained in the month of July with 41 individuals, followed by August with 30. The more abundant species were *Urania boisduvalii*, *Morpho Menelaus amathonte*, *Uraneis ucubis* and the *Parides* gender. Some of the species were located inside of the wood, constituting an indicator of the high grade of fragmentation, the secondary succession status, considering them as a secondary forest and forest edges.

Keywords: biodiversity, environmental indicators, environmental quality

INTRODUCCIÓN

La alteración ecológica de los ecosistemas naturales genera cambios en las condiciones físicas del hábitat, y en la disponibilidad de los recursos alimenticios. En consecuencia, algunas especies de animales y plantas pueden resultar afectadas de manera negativa. Una de las principales causas de la pérdida global de la biodiversidad, es la transformación de los bosques tropicales debido a las actividades humanas (Kattan, 2002). Por ejemplo, como resultado de la deforestación, los fragmentos de bosque quedan inmersos en matrices modificadas, las cuales contienen hábitats en condiciones sub-óptimas de desarrollo para los taxa especialistas de bosque poco perturbado (Ospina, 2014; Bezděk et al., 2006; Álvarez et al., 2021).

La continua reducción y fragmentación de los bosques tropicales por la deforestación y por la explotación agrícola pecuaria constituyen amenazas contra la integridad de los ecosistemas naturales, de los cuales en su mayoría no se cuenta con información básica para revertir este proceso (Cascante & Estrada, 2001).

La información sobre los atributos ecológicos de una comunidad biótica en los ecosistemas protegidos constituye una herramienta importante para la implementación de medidas adecuadas de conservación efectiva y manejo a largo plazo, especialmente en áreas reducidas o fragmentadas. Los bioindicadores son especies o grupos taxonómicos capaces de reflejar el estado de conservación, diversidad, endemismo e intervención o grado de perturbación en los ecosistemas naturales. La presencia o ausencia de estos bioindicadores revela la existencia de procesos de alteración ecológica en ambientes con distintos grados de alteración hábitat (Colwell & Coddington, 1994; Andrade-C, 1998; Brown & Freitas, 2000; Uehara-Prado & Freitas, 2009)

Las mariposas, dentro del orden Lepidóptera, son capaces de esclarecer los procesos de diversificación biológica (Thomas, 2005), y son consideradas como bioindicadores por sus respuestas rápidas a los cambios ambientales. Esto les convierte en un recurso natural

valiosos para la evaluación de la calidad de los ecosistemas (Callirgos Bardales, 2016; Apaza et al., 2006). Además, recientemente, dentro de los programas de conservación y diagnóstico, se han empleado a los lepidópteros como bioindicadores ecológicos, ya que son muy sensibles a los cambios producidos por las perturbaciones antropogénicas, haciéndolos potencialmente útiles para determinar el grado de alteración ecológica de los ecosistemas naturales (Andrade-C, 1998; Atauri & de Lucio, 2001; Lassau et al., 2005; Álvarez et al., 2021; Clavijo-Giraldo et al., 2024)

El propósito del presente proyecto de investigación científica es medir los atributos ecológicos de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea), como método para evaluar la calidad biológica de un área boscosa del Parque Natural San Francisco. Nuestra contribución estará basada en la premisa de que una elevada diversidad y riqueza de especies de mariposas diurnas será indicativo de una buena calidad del hábitat en los ambientes protegido del Parque Natural San Francisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de investigación es deductivo, observacional y descriptivo. Se realizó en el Distrito de Chepo, Corregimiento de Tortí, comunidad de Guacuco, en el Parque Natural San Francisco, con acceso desde la vía panamericana (8°57'51,7"N 78°27'27,9"O). La Fundación Parque Natural San Francisco, fundada por el padre Pablo Kasubosky (q.e.p.d.) en el año 2001, procurando garantizar la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales en el área de Guacuco. Según el padre Pablo la Fundación Parque Natural San Francisco, es dueña de alrededor de 380 hectáreas, que no son más que áreas montañosas, se han hecho alrededor de 5 acueductos y esta iniciativa comenzó debido a que se veían amenazadas la zona boscosa del área, ya que la mayoría de los residentes utilizan las tierras para convertirlas en potreros. La zona de muestreo está ubicada entre un bosque primario y secundario en transición atravesado por una quebrada. El acceso al bosque es fácil, la intervención en esa área no es considerable, se puede observar la presencia de helechos a los bordes del sendero.

El área posee una cobertura vegetal arbórea con algunas especies de árboles, entre ellos los más representativos son: *Cavanillesia platanifolia*, *Anacardium excelsum*; *Annona spraguei*; *Cecropia sp.*; *Castilla elastica*; *Luehea sp.*; *Inga sp.*; la pendiente para el acceso y tránsito al interior del área de muestreo es media – alta; y se nota una regeneración natural dinámica con claros naturales. La presencia de plántulas y juveniles es media por lo que se nota un tipo de lucha por ocupar espacios, quizás en un tiempo exista una regeneración constante y natural de especies propias de esta zona. No existe una presión humana sobre el desarrollo de esta área boscosa, solo por la actividad de mejoras en el área de la toma de agua y para reparaciones de ésta.

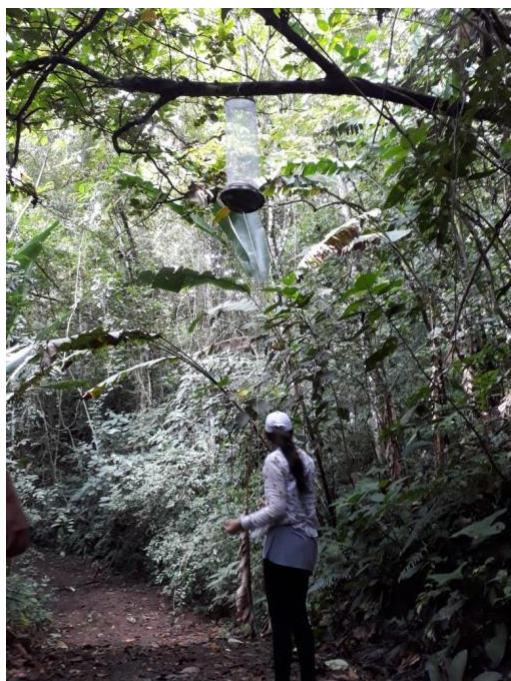
Para la colecta de mariposas se utilizó una red entomológica recorriendo un transecto tipo sendero de 2,078 metros, en los meses de julio y agosto de 2018. La red consiste en una aro de 40 cm de diámetro, tiene un cono en tela de tul muy suave, el largo del cono es de 90 cm y la punta de este cono debe terminar de manera redondeada, para evitar daño alar al ingresar en la red; el mango de la red, es de madera de 150 cm de longitud, ésta red se utiliza para la captura de ejemplares en cualquier tipo de ecosistema, a lo largo de todo el transecto y la trampa de dosel VanSomeren-Rydon (Figura 1), las mismas consisten en un cilindro de tul blanco, suave, el cual tiene tapado la parte superior dicha trampa, adicional un sistema de apertura y cierre con alfileres; una base con plato que contenía el cebo, una mezcla de cerveza con guineo (Andrade et al., 2013), cerveza con mango y manzana y levadura con manzana. Las trampas fueron colocadas a 3 metros sobre el nivel del suelo en cada sitio de muestreo (Núñez Peralta et al., 2018), al azar y de forma intercalada a unos 50 metros aproximadamente una trampa de otra. Se sacrificaron con la técnica de presión digital en el torax y posteriormente se colocaron en sobres de papel cebolla, de acuerdo al tamaño del individuo colectado, anotando el sitio donde fue capturado, se transportaron en bolsas con cierre hermético (tipo ziploc) y se mantuvieron en cadena de frío hasta su posterior montaje, etiquetado e identificación (Andrade et al., 2013; Apaza et al., 2006).

Se estimaron los índices de equidad de Shannon - Wiener (Magurran, 2004; Moreno, 2001; Apaza et al., 2006). La diversidad se evaluó a partir del índice de Margalef (DMg) (Ospina,

2014). Para hacer un análisis de similitud de datos de composición de la fauna de lepidópteros diurnos entre los que se ubicaron en el interior del área boscosa y las que se encontraron en la parte exterior del área, enlistamos las especies permitiéndonos obtener una medida de la similitud faunística del área interna y externa del bosque, basado en el cálculo del índice cuantitativo de Chao-Sorensen (Chao et al., 2005; Cárdenas-Lugo et al., 2015). Estos análisis e interpretación de datos se llevaron a cabo con los programas PAST versión 4.15 y RStudiosversión 4.3.1 2023-06-16, R.app 1.79.

Figura 1.

Trampa de dosel VanSomeren-Rydon siendo colocada.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

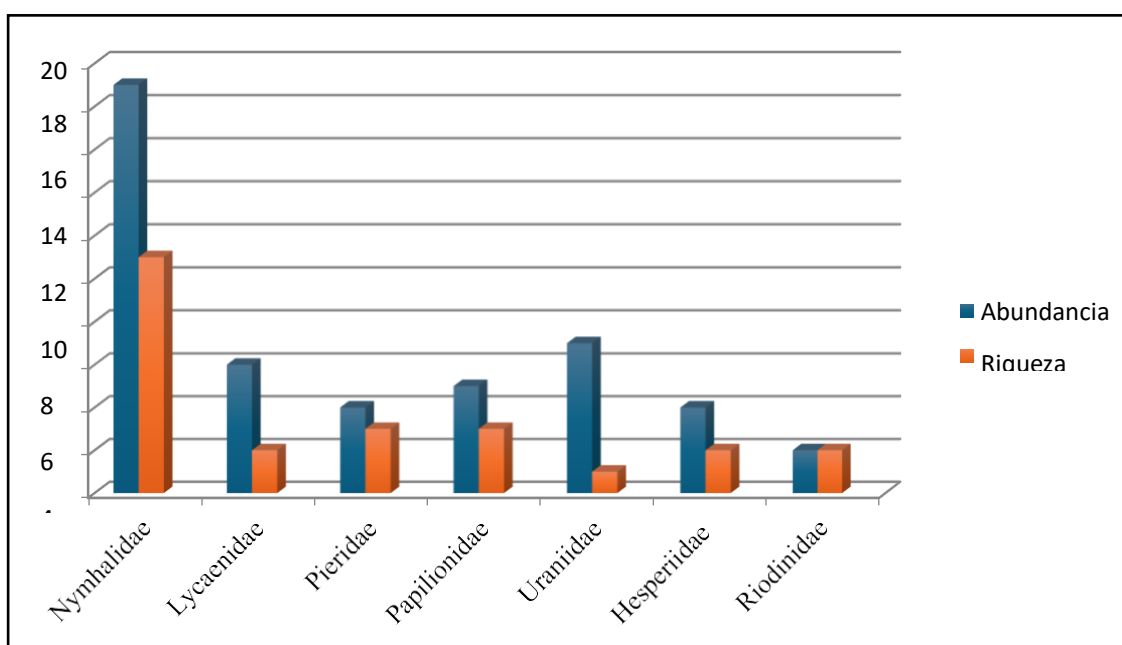
En esta investigación se colectaron en total 71 ejemplares de mariposas diurnas distribuidos en 7 familias, 26 especies identificadas, 4 individuos categorizados a nivel familia y solo 11 individuos del total que no pudieron ser identificados debido a su elevado deterioro. La mayor representatividad fue la familia Nymphalidae con una riqueza de 14 especies, seguida por las familias Pieridae, Papilionidae, Hesperidae, Lycaenidae y Riodinidae con 3 especies cada una, y por último, la familia Uraniidae con una sola especie. La mayor cantidad de

mariposas fue colectada en los meses de julio con 41 individuos (58%) y 30 individuos (42%) en agosto.

La familia con mayor abundancia fue Nymphalidae con 35% de los individuos. Los representantes de esta familia fueron encontrados en todos los trayectos del área boscosa siendo *Morpho menelaus* (C. Linnaeus, 1758) una de las especies con más individuos, en el área de muestreo se pudo observar en los claros del bosque, cerca de quebradas con temperaturas medias y clima húmedo; su comportamiento es volar por medio del bosque y son difíciles de atrapar, sin embargo, se aproximan a los visitantes en algunas ocasiones (Figura 2).

Figura 2.

Abundancia y Riqueza por familia de Lepidópteros.

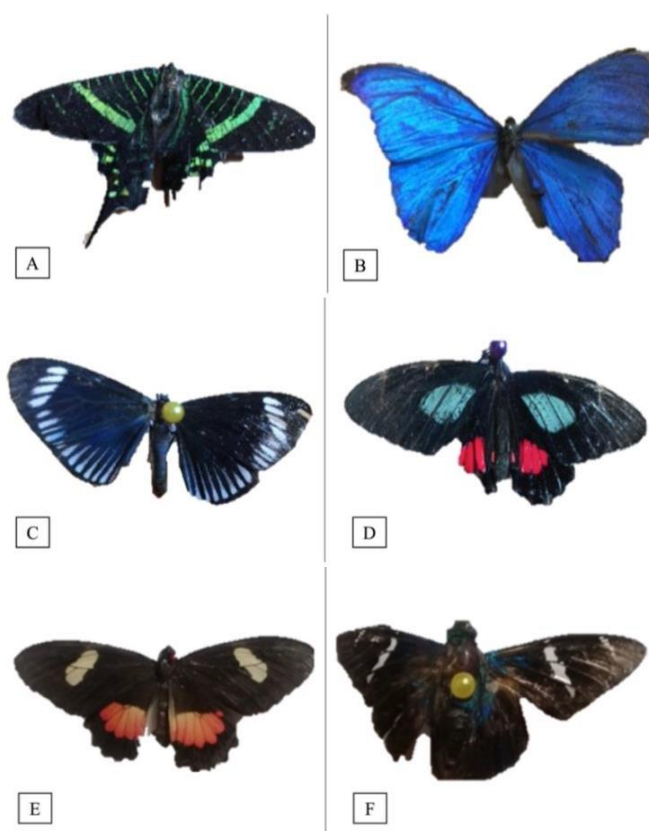


Según Núñez Peralta et al. (2018), los márgenes de ríos son sitios activos para mariposas como *Morpho helenor* y *Morpho menelaus*; ya que propician hábitats óptimos para su desarrollo. De la misma forma Araúz et al., (2020) reporta a *Morpho helenor* como una de las más frecuentes en su muestreo, registrando su actividad durante el día, volando por los senderos abiertos, pudiendo atribuir esta frecuencia a una variedad de ecosistemas que presenta el sitio de

muestreo permitiendo un mejor desarrollo para la especie. También la familia Nymphalidae es una de las más diversa dentro de las mariposas diurnas con 7,250 especies, de las cuales aproximadamente el 42% de ellas son neotropicales (García-Robledo, Constantino et al., 2002; Núñez Peralta et al., 2018).

Figura 3.

Especies más representativas de mariposas diurnas colectadas en el Parque Natural San Francisco.





Nota. (A) *Urania fulgens*; (B) *Morpho menelaus*; (C) *Uraneis ucubis*; (D) *Parides eurimedes mylotes* ♂; (E) *Parides eurimedes mylotes* ♀; (F) *Astraptes* sp.; (G) *Archaeoprepona meander megabates*; (H) *Marpesia berania fruhstorferi*; (I) *Dismorphia amphione*; (J) *Caligo teucer*.

La mayor diversidad y abundancia de Nymphalidae fue registrada en el interior del bosque, mientras que en los bordes y exterior encontramos menos especies, entre ellas, *Anartia fatima* (Fabricius, 1793) *Mechanitis polymnia isthmia* Bates, 1863. El estudio de Aiello (1992) destaca estrategias de supervivencia en mariposas tropicales frente a la estacionalidad climática. En Panamá, especies como *Anartia fatima* y *Pierella luna* presentan adaptaciones para persistir en la estación seca, ya sea mediante diapausa pupal o refugio en zonas húmedas. Estos mecanismos pueden influir en la abundancia relativa de las especies y en su capacidad de re-expansión tras la llegada de la temporada de lluvias. Este tipo de estrategias deben considerarse al interpretar la composición de la comunidad de mariposas en el área de estudio. Por otro lado, *Marpesia berania fruhstorferi* (Seitz, 1913) y *Morpho menelaus amathonte* Deyrolle, 1860 fueron encontradas en todos los ambientes, por lo que pudieran ser consideradas especies generalistas de hábitat. Nuestros resultados se asemejan a los obtenidos por Santos Murgas et al. (2012), quienes observaron especies como *Heliconius erato petiverata* (Doubleday, 1847) *Heliconius ethilla claudia* Godman & Salvin, 1881 y *Heliconius melpomene melpomene* (Linnaeus, 1758) en plantas

de las familias Cucurbitaceae y Passifloraceae ubicadas en zonas de transición del bosque en la isla Majé. Una especie de mariposa con un comportamiento diferente fue *Marpesia berania fruhstorferi* (Seitz, 1913), la cual se encontraba en el suelo y cerca de pequeños charcos. Ospina & Reinoso (2009) reportan que la ocurrencia de especies generalistas y especialistas de la familia Nymphalidae indica un elevado grado de adaptación ecológica para explotar diversos recursos alimenticios, los cuales en el estado adulto pueden ser desde néctar (gremio nectarívoro) y minerales disueltos en arena húmeda y charcos (gremio hidrofílico), hasta materia orgánica en descomposición (gremio acimófago). Asimismo, los registros del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild en el Parque Nacional Darién (Santos M. & Cambra T., 2003) resaltan la presencia de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae en un ecosistema protegido. Al comparar estos datos con nuestros resultados, se observa que la biodiversidad de mariposas puede verse favorecida en áreas de conservación, en contraste con zonas más intervenidas donde la fragmentación del hábitat limita la presencia de algunas especies. Por otro lado, el estudio realizado en Playa Corona, Panamá (Padilla Zamora et al., 2020), registró 38 especies de mariposas, evidenciando una baja frecuencia de recolecta atribuida a la perturbación ambiental en la zona. Esto coincide con nuestros hallazgos, donde la fragmentación del hábitat parece afectar la abundancia y diversidad de mariposas. Además, en ambos estudios, Nymphalidae fue la familia más representativa, lo que sugiere su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales. Estos resultados resaltan la importancia de considerar el estado de conservación de los hábitats al evaluar la biodiversidad de mariposas. En este mismo sentido el estudio de Valdés (2018) sobre fragmentación del hábitat en comunidades de mariposas diurnas en la Ciudad de Panamá demostró que la pérdida de vegetación reduce la riqueza de especies y afecta la estructura de las comunidades. Se encontró que las áreas con mayor cobertura arbórea presentaban una mayor diversidad de mariposas en comparación con zonas altamente fragmentadas. Además, se observó que especies con mayor capacidad de dispersión, como algunas de la familia Nymphalidae, son más resistentes a la fragmentación, mientras que especies especializadas en microhábitats específicos tienden a disminuir su abundancia en áreas urbanizadas. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de

conservar los fragmentos de hábitat y mejorar la conectividad entre ellos para mitigar los efectos negativos de la urbanización sobre la biodiversidad de mariposas.

Otro aspecto importante fue la presencia de la especie *Urania fulgens* Walker, 1854, el único representante de la familia Uraniidae y, a la vez la especie más abundante en nuestras colectas, fue capturada solamente en lugares abiertos donde los rayos del sol son más fuertes, como los claros en el bosque. Esta especie fue colectada en horas próximas al medio día, volando en movimiento circulares agrupadas en dos o tres, y cerca de la copa de algunos árboles. La preferencia de *Urania fulgens* por claros boscosos con alta incidencia solar se relaciona con su necesidad de ambientes cálidos para mantener su actividad migratoria diurna. Estas polillas dependen de la radiación solar para termorregular su vuelo, especialmente durante migraciones transcontinentales, donde alcanzan velocidades constantes de aproximadamente 3.7 m/s, incluso en condiciones ambientales variables (DeVries & Dudley, 1990). Sin embargo, su hábitat reproductivo está restringido a bosques húmedos con suelos calcáreos o esquistosos, donde crecen sus plantas hospederas del género *Omphalea*, cuya toxicidad aumenta con el tiempo debido al consumo larval (González-Valenzuela et al., 2023). Los vuelos circulares cerca de copas arbóreas observados en las colectas coinciden con patrones de cortejo documentados durante migraciones masivas. Los machos realizan persecuciones aéreas y señalización visual, probablemente para competir por hembras o defender territorios temporales (Srygley, 2007). Aunque no existen datos específicos sobre su comportamiento reproductivo en contextos locales, su ecología migratoria sugiere que la reproducción podría estar sincronizada con la disponibilidad de *Omphalea* no explotadas, lo que obliga a los adultos a migrar en busca de nuevos recursos (Smith, 1983). *Urania fulgens* migra diurnamente en grandes grupos, cubriendo miles de kilómetros entre México y Sudamérica. Su ruta no es predecible, aunque se ha reportado un patrón general de desplazamiento sur-este en otoño y noroeste en primavera (González-Valenzuela et al., 2023). Durante el vuelo, mantienen trayectorias rectilíneas sobre cuerpos de agua, como el lago Gatún (Panamá), donde se han medido velocidades de aire constantes independientes de la temperatura ambiental (Srygley & DeVries, 1996). La energía para estas migraciones proviene principalmente de néctar

consumido durante el vuelo, ya que las reservas lipídicas almacenadas son insuficientes para distancias tan extensas (DeVries & Dudley, 1990). Aunque las colectas locales muestran actividad concentrada alrededor del mediodía, los estudios migratorios indican que *Urania fulgens* vuela continuamente durante el día, sin restricciones horarias específicas (Srygley & DeVries, 1996). La variabilidad en la intensidad migratoria (años con millones de individuos vs. ausencia total) se atribuye a ciclos de toxicidad de *Omphalea* spp., que generan fluctuaciones poblacionales en escalas de 4–6 años (Smith, 1983). Esta impredecibilidad contrasta con especies no migratorias, donde los patrones de actividad suelen correlacionarse con ciclos estacionales fijos (Dudley & DeVries, 2002).

En contraste, la composición de la comunidad de mariposas está mayormente formada por especies que son poco abundantes o raras, principalmente pertenecientes a las familias Riodinidae y Lycaenidae. Esta estructura se alinea con un modelo de abundancia de tipo logarítmico en casi todas las localidades estudiadas. Este modelo es característico de comunidades pequeñas que enfrentan estrés o que son pioneras, y sugiere que solo unos pocos factores tienen un impacto significativo en la ecología de la comunidad. Esto se debe a que las interacciones entre las especies son débiles, las tasas de natalidad y mortalidad operan de manera independiente, y hay una alta tasa de inmigración (Putman, 1994; Moreno, 2001; Magurran, 2004; Solarte Cabrera, 2005). Para el caso de nuestro proyecto, las especies representantes de estas familias las ubicamos en el interior del bosque, con vegetación variadas, humedad y temperatura poco alta tal como se muestra en la Figura 2, son de las familias con menor abundancia y riqueza de especie, algo similar en otros sitios de Panamá registrados por Santos Murgas et al. (2012) y Araúz et al., (2020) donde estas familias son las menos abundantes. Autores como Brown K. S. (1991) y DeVries (1997), mencionan que la baja abundancia y riqueza de las familias Lycaenidae y Riodinidae, constituyen un indicador del alto grado de fragmentación, para tales efectos de nuestro estudio el área boscosa se encuentra alrededor de un área donde se extrae tierra, y dentro de ella un sendero utilizado como vía de acceso a la toma de agua. La baja abundancia y riqueza de las familias Lycaenidae y Riodinidae podría estar relacionada con la fragmentación del hábitat, una

observación que también ha sido reportada en otros estudios. Esta información refuerza la importancia de conservar los hábitats naturales para garantizar la biodiversidad de estos insectos. Además, el estudio de Basset et al. (2015) en la Isla Barro Colorado, Panamá, documenta la extinción local de mariposas debido a la pérdida de plantas hospederas y la baja capacidad de dispersión de algunas especies, lo que refuerza la necesidad de evaluar cómo la disponibilidad de recursos influye en las poblaciones de mariposas en nuestro sitio de estudio.

Tabla 1.

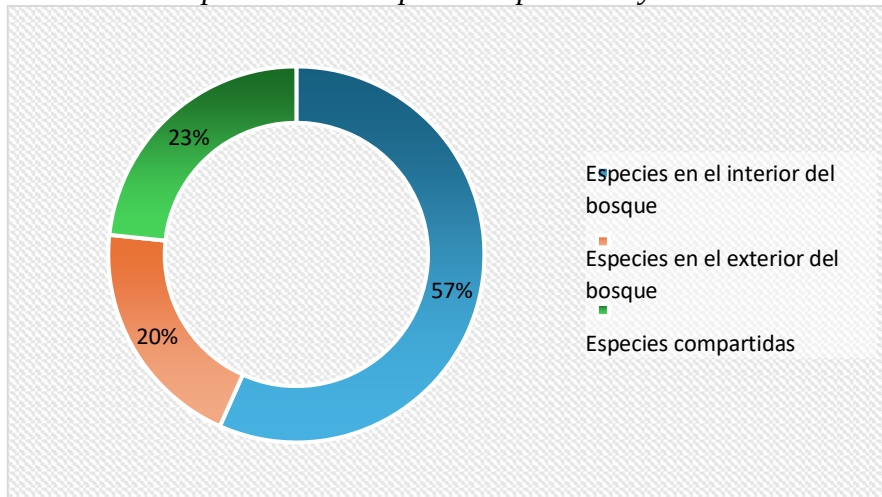
Índices de diversidad del área boscosa en el Parque Natural San Francisco.

Localidad	Índices	Valor
Área boscosa en el Parque Natural San Francisco	Shannon – Wiener	3.349
	Margalef	7.038
	Chao-Sorensen	0.608

Tal como se observa en la tabla 1, los resultados han sido positivos e indican diversidad biológica. Estos rangos son muy propios del tipo de bosques tropicales húmedos como el área estudiada. El índice de Chao-Sorensen sugiere una similitud moderada entre las dos comunidades. Esto significa que aproximadamente el 61% de la composición de especies es compartida entre el interior y el exterior del bosque, lo que implica que hay una cantidad significativa de especies en común, pero también hay diferencias notables en la riqueza total y la composición. La presencia de especies compartidas puede indicar que ambos hábitats (interior y exterior del bosque) ofrecen condiciones adecuadas para ciertas especies, lo que puede ser importante para la conservación y manejo de ecosistemas. Sin embargo, la diferencia en el número total de especies (57% en el interior y 20% en el exterior) sugiere que el interior del bosque podría ser un hábitat más diverso o especializado (Figura 4).

Figura 4.

Distribución espacial de las especies capturadas y su ubicación en el área boscosa.



CONCLUSIONES

Los atributos de comunidad de mariposas pertenecientes a la familia Nymphalidae y algunas especies pertenecientes a las familias Lycaenidae, Pieridae y Riodinidae nos indican el nivel de intervención que tiene el lugar, al encontrarlas en los bordes del bosque y espacios muy degradados por acción del hombre. Al evaluar la calidad biológica del área boscosa, midiendo los atributos de la comunidad de mariposas diurnas, se pudo determinar que la presencia exclusiva de mariposas dentro del bosque y de otras mariposas fuera de él, reflejan el estado real de degradación del hábitat del Parque Natural San Francisco. Para determinar otras relaciones de las mariposas y el hábitat a futuros estaremos monitoreando la comunidad de mariposas diurnas en otros meses del año.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Parque Natural San Francisco y al Padre Pablo (q. e. p. d.) por permitirnos realizar este aporte para la conservación del Parque Natural San Francisco, a todas las personas que nos acompañaron en cada uno de los muestreos, en especial a Kurt Sensenbrenner y su equipo por hacernos protagonistas de su documental The Indicators y a nuestros familiares por su apoyo incondicional en todo el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello, A. (1992). Dry season strategies of two Panamanian butterfly species, *Anartia fatima* (Nymphalinae) and *Pierella luna* (Satyrinae) (Lepidoptera: Nymphalidae). En D. Quintero Arias & A. Aiello (Eds.), *Insects of Panama and Mesoamerica: Selected studies* (pp. 573-575). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780198540182.003.0037>
- Álvarez, C. F., Clavijo-Giraldo, A., Uribe, S. I., Pyrcz, T. W., Iserhard, C. A., Lucci-Freitas, A. V., & Marín, M. A. (2021). Sampling performance of bait traps in high Andean fruit-feeding butterflies. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 507–513.
<https://doi.org/10.1080/23766808.2021.2004802>
- Andrade-C, M. G. (1998). Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Colombiana de Ciencias Exactas*, 22(84), 407-421. [https://doi.org/10.18257/raccefyn.22\(84\).1998.2933](https://doi.org/10.18257/raccefyn.22(84).1998.2933)
- Andrade, C, M. G., Henao Bañol, E. R., & Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para recolección, preservación y montaje de Mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea – Papilionoidea). *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311-325. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.12>
- Apaza, M. A., Osorio, F., & Pastrana, A. (2006). Evaluación del grado de amenaza al hábitat a través de bioindicadores (lepidópteros) en dos comunidades dentro del área de influencia del PN Anmí Madidi . *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1(1), 17.
- Atauri, J. A., & de Lucio, J. V. (2001). The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*, 16, 147–159.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1011115921050>
- Araúz, G., Santos M., A., Iglesias, C., & Añino, Y. (2020). Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en la Meseta de Chorchá, provincia de Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*, 23(1), 385–403.
<https://doi.org/10.48204/j.tecno.v23n1a21>
- Basset, Y., Barrios, H., Segar, S., Srygley, R. B., Aiello, A., Warren, A. D., Delgado, F., Coronado, J., Lezcano, J., Arizala, S., Rivera, M., Pérez, F., Bobadilla, R., López, Y., & Ramírez, J. A. (2015). The butterflies of Barro Colorado Island, Panama: Local extinction since the 1930s. *PLoS ONE*, 10(8), 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136656>

- Bezdek, A., Jaroš, J., & Spitzer, K. (2006). *Spatial distribution of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and moths (Lepidoptera) in the Mrtvý luh bog, Šumava Mts (Central Europe): a test of habitat island community*. (Vol. 15). (D. L. Hawksworth, & A. T. Bull, Edits.) České Budějovice, Czech Republic: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5204-0_23
- Brown, K. S. (1991). Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicator. En N. M. Collins, J. A. Thomas, N. M. Collins, & J. A. Thomas (Edits.), *The conservation of Insects and Their Habitats* (Vol. 15, pág. 433). London: Academic Press Limited.
- Brown, K., & Freitas, A. (2000). Atlantic forest butterflies: Indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32(4b), 934-956. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>
- Clavijo-Giraldo, A., Álvarez-Hincapié, C. F., & Colorado Z, G. J. (2024). La estructura del hábitat influencia la diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en ecosistemas de alta montaña en Colombia. *Biología Tropical*, 72(1), 16. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v72i1.57968>
- Cárdenas-Lugo, C. P., León-Cortés, J. L., & Angulo-Audeves, J. T. (2015). Diversidad, distribución y abundancia de mariposas en hábitats costeros de Sinaloa, México (Insecta: Lepidoptera). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 43(169), 15-26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45538652002>
- Chao, A., Chazdon, C. P., Colwell, R. K., & Shen, T. (2005). A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8(2), 148-159. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00707.x>
- Cascante, A., & Estrada, A. (2001). Composición florística y estructura de un bosque húmedopremontano en el Valle Central de Costa Rica. *Biología Tropical*, 49(1), 213-225. Recuperado de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000100020&lng=en&tlng=es.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 345(1311), 101-118. Recuperado de: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/4441/Colwell_Coddington94.pdf
- Callirgos Bardales, J. P. (2016). *Diversidad y abundancia de lepidópteros diurnos (Satyrinae y morphinae) en 2 tipos de bosque en la reserva nacional Alpahuayo Mishana, Loreto*. Tesis de grado, Universidad Científica de Perú, Iquitos, Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/145>
- DeVries, P. J., & Dudley, R. (1990). *Flight physiology of migrating Urania fulgens (Uraniidae) moths: Kinematics and aerodynamics of natural free flight*. *Journal of Comparative Physiology A*, 167, 145-154. <https://doi.org/10.1007/BF00188128>

- DeVries, P. J. (1997). *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History. Volumen II: Riodinidae*. (Vol. 2). New Jersey: Princeton University Press.
- Dudley, R., & DeVries, P. J. (2002). Flight speeds, lipid reserves, and predation of the migratory Neotropical moth *Urania fulgens* (Uraniidae). *Biotropica*, 34(3), 452-458. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00558.x>
- García-Robledo, C. A., Constantino, L. M., Heredia, D. M., & Kattan, G. (2002). *Guía de Campo: Mariposas comunes de la cordillera Central de Colombia*. (WCS, Ed.) EcoAndina. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275772044_Common_Butterflies_of_the_Central_Cordillera_of_Colombia_Field_Guide
- González-Valenzuela, P., Taylor, A. D., & Hill, R. I. (2023). Non-overlapping climatic niches and biogeographic barriers explain disjunct distributions of continental *Urania* moths. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 112. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.112>
- Kattan, G. (2002). *Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies*. Cartago, Cartago, Costa Rica: M. R. Guariguata & G. Kattan (Eds.) Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Disponible en: https://faculty.lsu.edu/kharms/files/harms_2002.pdf
- Lassau, S. A., Hochuli, D. F., Cassis, G., & Reid, A. M. (2005). Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distributions*, 11(1), 73–82. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00124.x>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. (Vol. VIII). USA: Blackwell.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. (Vol. 1). (O. & CYTED, Ed.) Zaragoza, España: M&T–Manuales y Tesis SEA. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Núñez Peralta, H., Santos Murgas, A., Gómez, I., Rodríguez, J., & Ramos, E. (2018). Diversidad de Mariposas Diurnas en la Reserva Hídrica Cerro Turega, Provincia de Coclé, República de Panamá. *Nicaraguense de Entomología*, 148. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325067414_DIVERSIDAD_DE_MARIPosas_DIURNAS_EN_LA_RESERVA_HIDRICA_CERRO_TUREGA_PROVINCIA_DE_COCLÉ_REPUBLICA_DE_PANAMA
- Ospina, L. A. (2014). *Estructura de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) en distintos tipos de hábitats en la cuenca del Río Lagunillas (Tolima-Colombia)*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53198>

- Ospina-López, L. A., & Reinoso-Flórez, G. (2009). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del Jardín Botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué, Colombia). *Tumbaga*, 1(4), 135-148. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3632038>
- Padilla Zamora, A. C., Thurman, A., MacDonald, J., & Añino, Y. (2020). Lista sinóptica y frecuencia de recolecta de mariposas (*Lepidoptera: Rhopalocera*) en Playa Corona, San Carlos, Panamá. *Poeyana*, 510, 89–92. Recuperado de <https://www.revistasgeotech.com/index.php/poey/article/view/356>
- Putman, R. J. (1994). *Community Ecology* (Vol. 1). Dordrecht, Netherlands. Disponible en: https://books.google.com.pa/books/about/Community_Ecology.html?id=xwjjMzGU VgwC&redir_esc=y
- Santos M., A., & Cambra T., R. A. (2003). Mariposas del Parque Nacional Darién: Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera) depositadas en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá. *Tecnociencia*, 5(2), 23–33. Recuperado de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/631>
- Santos Murgas, A., Muñoz M., R. A., Osorios A., M. A., & Carranza, R. (2012). Mariposas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera) de la Isla Majé, Comarca Guna de Madungandí, Panamá. *Tecnociencia*, 14(2), 39–49. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1003/840>
- Smith, N. G. (1983). *Host plant toxicity and migration in the dayflying moth Urania*. Florida Entomologist, 66(2), 191-198. <https://journals.flvc.org/flaent/article/view/74258>
- Solarte Cabrera, V. M. (2005). *Diversidad y estructura espaciotemporal de la comunidad demariposas diurnas en la Reserva Natural Río Nambí*. Tesis de grado, Universidad de Nariño, Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/14213>
- Srygley, R. B. (2007). Evolution of the wave: Aerodynamic and aposematic functions of butterfly wing motion. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1612), 913–917. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3763>
- Srygley, R. B., & DeVries, P. J. (1996). *Flight speeds, lipid reserves, and predation of the migratory Neotropical moth Urania fulgens*. *Biotropica*, 28(2), 330–339. <https://doi.org/10.2307/2385795>
- Thomas, J. A. (2005). Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360, 339–357. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1585>



- Uehara-Prado, M., & Freitas, A. V. (2009). The effect of rainforest fragmentation on species diversity and mimicry ring composition of ithomiine butterflies. *Insect Conservation and Diversity*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2008.00025.x>
- Valdés Rodríguez, L. A. (2018). *Estructura de las comunidades de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en fragmentos de vegetación en la Ciudad de Panamá* [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Repositorio Institucional Digital de la Universidad de Panamá. Recuperado de <https://up-rid.up.ac.pa/1438/>

Cultura de las 3R y Gestión de Residuos: Estrategia para mejorar el distrito de Chitré, Herrera, Panamá

Culture of the 3Rs and Waste Management: Strategy to Improve the District of
Chitré, Herrera, Panama

Virgilio Villalaz

Universidad de Panamá. Panamá

virgilio.05vd@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-0692-1420>

Ricardo A. Calderón R.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos. Panamá

ricardo.calderon@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-7289-9479>

Nadiezhda Ruíz

Ministerio de Salud. Panamá

nadiezhda.ruiz@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6477-4561>

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero. Panamá

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

Recepción: 26 de noviembre de 2024

Aprobación: 25 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7086>

Resumen

La investigación se centra en la gestión de residuos sólidos en Chitré, Panamá, (2019), analizando la efectividad de la cultura de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar) en la protección del medio ambiente. Metodología: Se utilizó un diseño no experimental y descriptivo, con una muestra de 400 habitantes distribuidos en cuatro corregimientos. Se aplicaron encuestas para evaluar el conocimiento y prácticas sobre la gestión de residuos. Resultados más importantes: El 79% de la población paga el servicio de recolección de basura; el 76% separa desechos orgánicos e inorgánicos; y el 78% tiene algún conocimiento sobre los beneficios del reciclaje. Sin embargo, el 34% mencionó que la falta de espacio en sus hogares es un

obstáculo para realizar compostaje. En conclusión, la cultura de las 3R es fundamental para mejorar la gestión de residuos en Chitré, aunque persisten desafíos como la falta de educación y recursos. Aplicación de esta información: Los hallazgos sugieren que es crucial implementar programas educativos y de infraestructura que faciliten el reciclaje y compostaje, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los residuos y a la mejora del entorno urbano. Esta investigación resalta la necesidad de políticas públicas que promuevan prácticas ambientales responsables entre los ciudadanos.

Palabras clave: contaminación, desechos, educación ambiental, gestión de residuos, reciclaje.

Abstract

The research focuses on solid waste management in Chitré, Panama, (2019), analyzing the effectiveness of the 3R culture (reduce, reuse, recycle) in protecting the environment. Methodology: A non-experimental and descriptive design was used, with a sample of 400 inhabitants distributed in four townships. Surveys were applied to assess knowledge and practices on waste management. Most important results: 79% of the population pays for the garbage collection service; 76% separate organic and inorganic waste; and 78% have some knowledge about the benefits of recycling. However, 34% mentioned that the lack of space in their homes is an obstacle to composting. In conclusion, the culture of the 3Rs is essential to improve waste management in Chitré, although challenges such as lack of education and resources remain. Application of this information: The findings suggest that it is crucial to implement educational and infrastructure programs that facilitate recycling and composting, thus contributing to more sustainable waste management and the improvement of the urban environment. This research highlights the need for public policies that promote responsible environmental practices among citizens.

Keywords: environmental education, pollution, recycling, waste, waste management.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se ha convertido en una problemática de gran magnitud en los entornos urbanos, impulsada por el creciente volumen de desechos sólidos generados por la población. Según datos recientes, se estima que, en el curso de los próximos 30 años, una crisis en la generación de Residuos Sólidos Municipales (RSM) a nivel mundial, impulsada por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones, aumentará de 2010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3400 millones en la actualidad. Se estima un marcado incremento de la cantidad de residuos generados en asentamientos urbanos, sobre todo en los países de altos ingresos. Esta situación impacta directamente la calidad de vida de los habitantes. La acumulación de basura y la falta de gestión adecuada no solo afectan la salud pública, sino que también deterioran el paisaje urbano y contribuyen al cambio climático. Por ello, es esencial implementar estrategias integrales de gestión de residuos y fomentar la conciencia ambiental para asegurar un futuro sostenible en nuestras ciudades (Alea, 2019).

La protección eficaz del ambiente requiere la prevención de la contaminación mediante la conjugación de materiales, procesos o prácticas que minimicen los desechos. El manejo de desechos y su separación involucra actividades relacionadas con su gestión desde que se producen hasta que se almacenan para su posterior recolección (Flores, 2009). Durante la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro por la Organización de las Naciones Unidas en 1992, se formularon cuatro áreas de programas relacionadas con los residuos: reducción al mínimo, aumento máximo de reutilización y reciclaje ecológico, promoción del tratamiento ecológicamente racional y ampliación del alcance de los servicios encargados (ONU, 2002).

El manejo de los residuos sólidos constituye un problema global para las ciudades en crecimiento. Factores como el crecimiento demográfico y los cambios en los patrones de consumo han incrementado significativamente la generación de residuos (Ojeda et al., 2008). En este contexto, investigadores como Velázquez (2005) y De los Santos (2018) consideran que los residuos sólidos pueden ser considerados productos reutilizables si son bien clasificados y manejados.

Con respecto a su clasificación, esta varía según el país e instituciones. Por ejemplo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) clasifica los desechos según su fermentabilidad e inflamabilidad (Álvaro, 1999). Ay & Widjaya (2006) dividen los desechos en orgánicos e inorgánicos.

La gestión integral está normada en Panamá por la Ley No. 276 del 30 de diciembre de 2021 sobre gestión integral de residuos sólidos, que entró en vigor el 1 de julio de 2022. Esto representa un reto significativo para un país donde el manejo adecuado parece no ser una prioridad (Gaceta Oficial, 2021).

Por lo tanto, esta investigación es urgente y requiere especialistas que propongan soluciones integrales para disminuir la contaminación ambiental (Pérez, 2012). El presente trabajo tiene como objetivo verificar si la cultura de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) y una gestión adecuada representan herramientas fundamentales para cuidar nuestro planeta entre los pobladores de Chitré, provincia de Herrera.

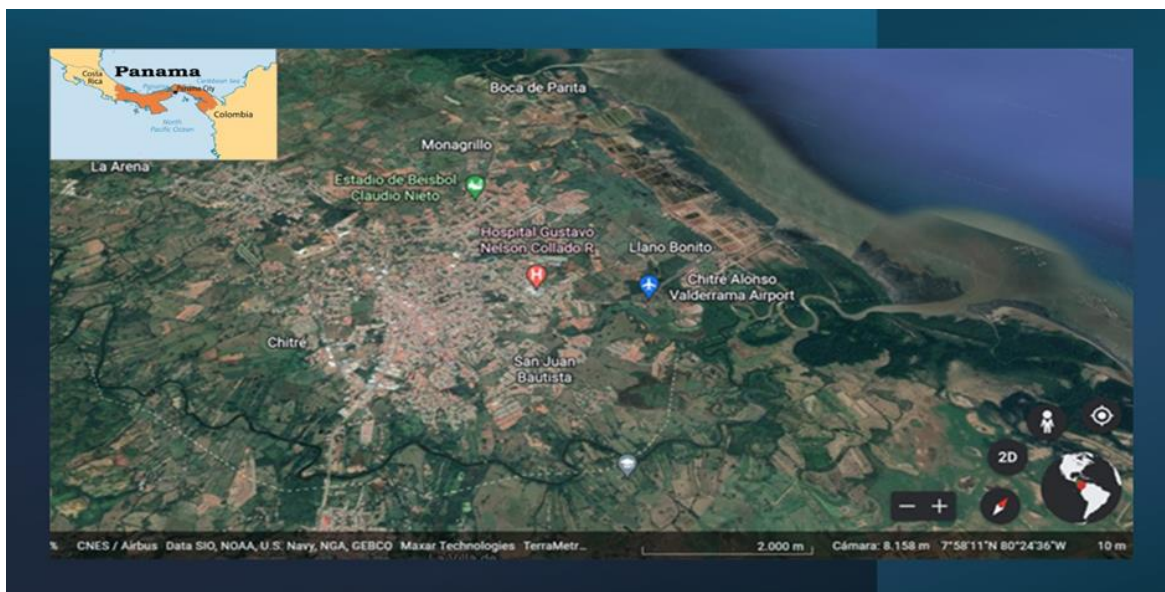
MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El distrito de Chitré se localiza en la provincia de Herrera, república de Panamá y está ubicado geográficamente en las coordenadas 7.968597 - 80.443786. Con un perímetro de 34,5 km y un área de 78 km² y una altitud de 24 metros sobre el nivel del mar (ver figura 1).

Figura 1

Ubicación del área de estudio



Fuente: Google Earth Pro 2022

Diseño de investigación

Es un diseño no experimental transversal porque trata de describir el nivel en que se encuentra la Gestión de los residuos sólidos en el municipio de Chitré, que incluye los corregimientos de San Juan Bautista, Monagrillo, La Arena, Llano Bonito y Chitré cabecera.

Tipo de Estudio

Es descriptivo porque trata de verificar si la cultura de las 3R y la gestión de los residuos representan herramientas fundamentales para cuidar el planeta por parte de pobladores de la ciudad de Chitré, provincia de Herrera, República de Panamá, en el año 2019.

Población

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la República de Panamá la población del distrito de Chitré es de 15,101 habitantes, en donde la mayor cantidad se

concentra en Chitré cabecera, Monagrillo, Llano Bonito y La Arena. En cuanto al nivel de educación media y premedia es de 2,429 egresados. Mientras que los estudiantes que salen egresados de la universidad, la cantidad de hombres es de 233 y 849 mujeres para la provincia de Herrera (INEC, 2010).

Muestra

Está corresponde a 400 individuos distribuidos entre los 4 corregimientos del distrito de Chitré, ellos son: Chitré cabecera, La Arena, Llano Bonito y Monagrillo (80 por cada uno Individuos o personas) a excepción de Monagrillo que por su densidad de población se aplicó el doble, en donde se clasificará el nivel en que se encuentra la cultura de las 3R y la gestión de los residuos por parte de los pobladores.

Variables

Residuos: es cualquier elemento o sustancia química o biológica, que después de ser utilizada, carece de valor y se le da un destino final que puede ser un vertedero o un relleno sanitario, se puede encontrar en estado sólido, líquido o gaseoso, peligroso para la seguridad y salud humana, animal, vegetal o del ambiente (Mi Ambiente, 1998).

Cultura de las 3R que tiene la población: Conjunto de conocimientos que permite a la población desarrollar su juicio crítico y someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a reutilizar, reducir o reciclar (Real Academia Española, 2023).

Definición operacional

Se va a medir a los conocimientos que tiene la población sobre cómo mejorar la gestión de los residuos orgánicos e inorgánicos:

➤ **Desecho Orgánico:** es todo desecho de origen biológico, alguna vez estuvo vivo o, fue parte de un ser vivo.

- Desecho Inorgánico: es todo desecho de origen no biológico, es decir, que proviene de productos químicos, minerales o sintéticos creados artificialmente por los seres humanos (INEC, 2010)

Instrumento

- Encuesta a los pobladores para verificar la adecuada gestión de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos con la aplicación de las 3R, construido y validado por juez experto para la investigación.
- Portafolio de evidencia fotográfica de la clasificación de los desechos y cuadro estadístico con las observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1.

Edad de los encuestados por corregimiento

Edad	Llano Bonito	La Arena	Monagrillo	Chitré Centro
15-19	0	2	0	0
20-30	16	16	22	36
31-40	8	14	26	22
41-50	14	24	40	8
51-60	4	16	26	4
61-70	24	4	32	10
71-80	4	2	14	0
81-90	8	2	0	0
91-100	2	0	0	0
	80	80	160	80

En la tabla 1 se puede observar que la edad más representativa oscila entre los 20 a 70 años.

Tabla 2.

Género de los encuestados

Género	Llano Bonito	La arena	Monagrillo	Chitré Centro
Masculino	40	44	52	30
Femenino	40	36	108	50

El sexo femenino es el que más prevaleció en las familias encuestadas (ver tabla 2).

Tabla 3

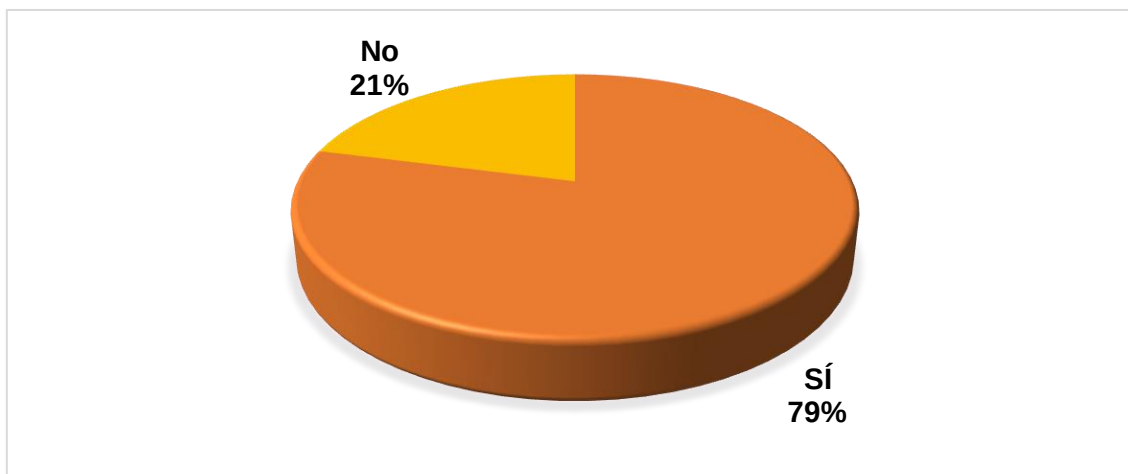
Nivel de estudio.

Nivel de estudio	Llano Bonito	La Arena	Monagrillo	Chitré centro	Total	Porcentaje
Primaria	24	22	54	8	108	27.0
Secundaria	20	20	64	22	126	31.5
Técnico	4	10	8	10	32	8.0
Universidad	30	18	30	34	112	28.0
Nivel de post universitario	0	0	4	6	10	2.5
Nada	2	3	3	4	12	3.0

En la tabla 3 se observa que la mayoría de la población encuestada tiene un nivel de estudio secundario con 31.5 %, mientras que el nivel universitario representa el 28 %.

Figura 2

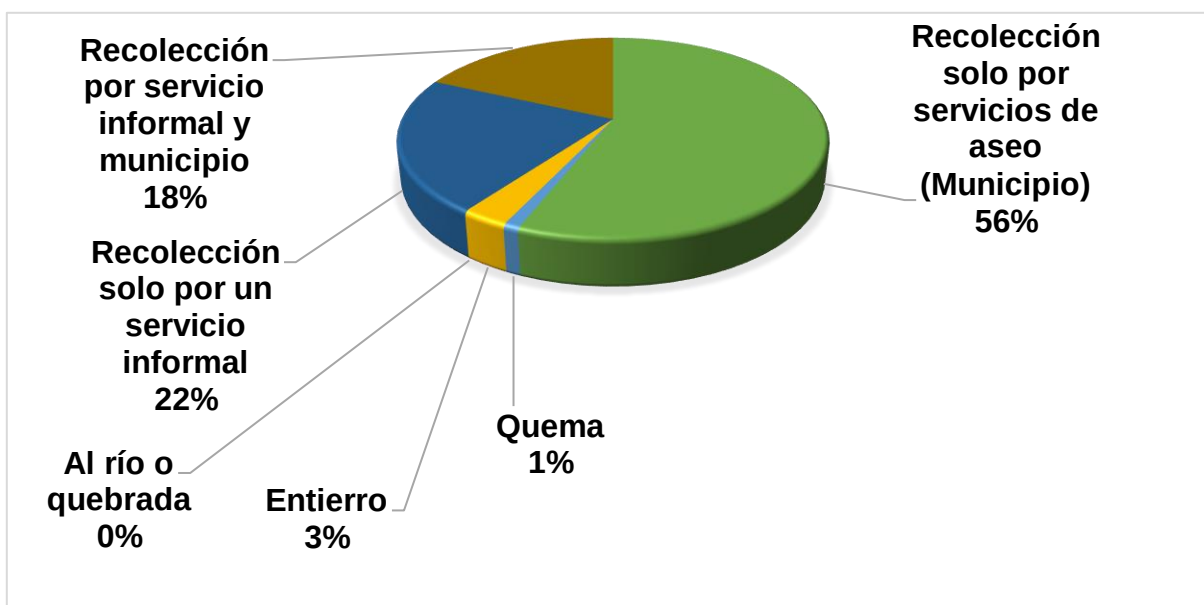
Cantidad de personas que pagan el servicio de recogida de la basura en el distrito de Chitré.



El porcentaje de recolección de la población que paga el servicio de aseo es de 79 % mientras que el 21 % no paga el servicio (ver figura 2).

Figura 3

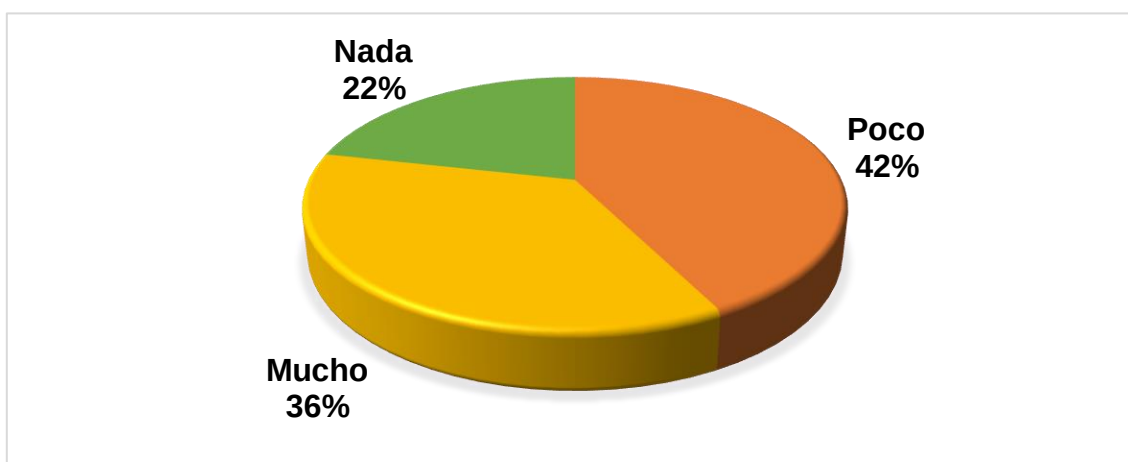
Disposición final de los desechos por familia en los corregimientos del distrito de Chitré.



El 56 % de la población en el distrito de Chitré paga los servicios de recolección de la basura municipal para el manejo de todos sus residuos, mientras que un 22% de las familias encuestadas utilizan los servicios de recolección informales y un 18% el servicio es mixto, o sea informal y municipal (ver figura 3).

Figura 4

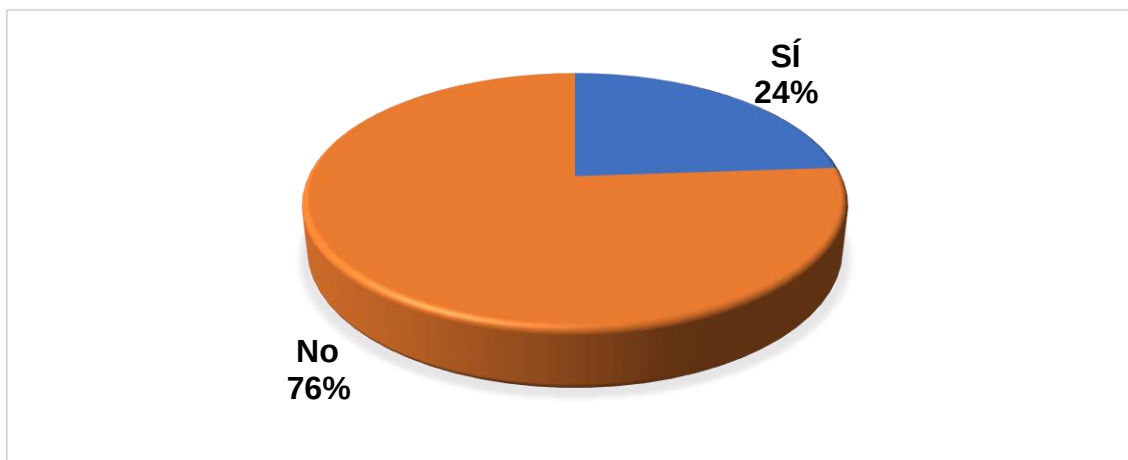
Conocimientos de las personas del distrito de Chitré sobre el beneficio de reciclar



El 78 % de la población del distrito de Chitré conoce mucho o poco revisar en qué consisten los beneficios de reciclar, mientras que un 22% desconoce sobre el tema (ver figura 4).

Figura 5

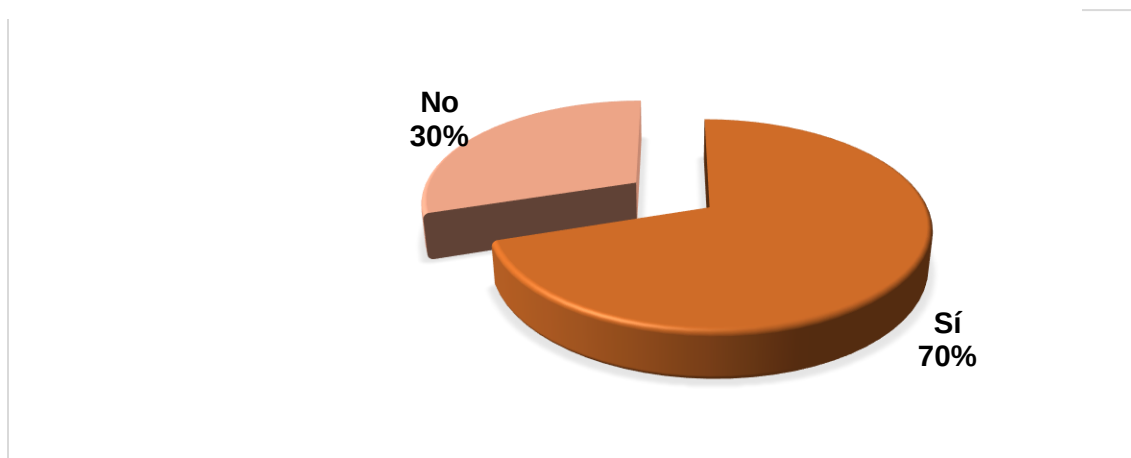
Separación de la basura en orgánica e inorgánica.



El 76% de los encuestados realizan la separación de los desechos orgánicos inorgánicos y el 24% no llevan a cabo dicha separación (ver figura 5).

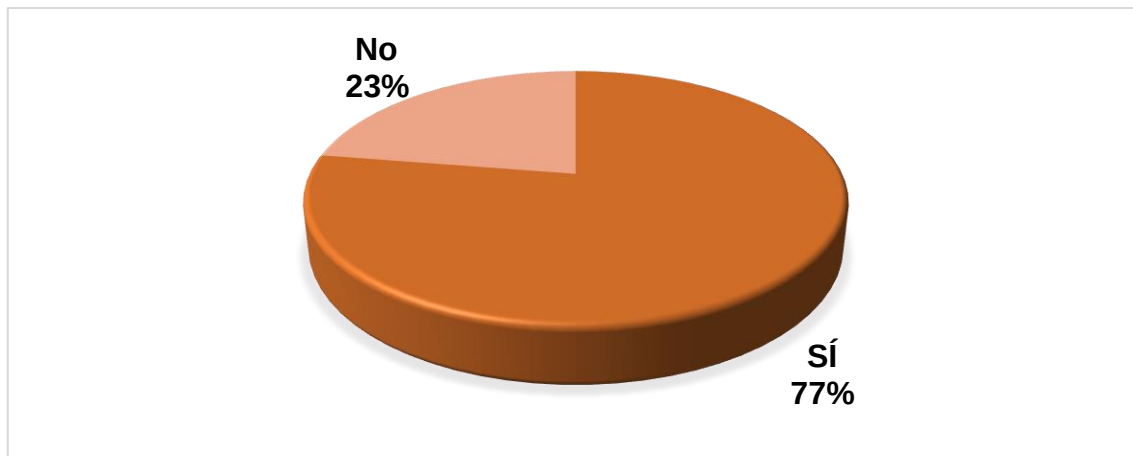
Figura 6

Respuesta de la utilización de Biogás como producto de la planta de tratamiento



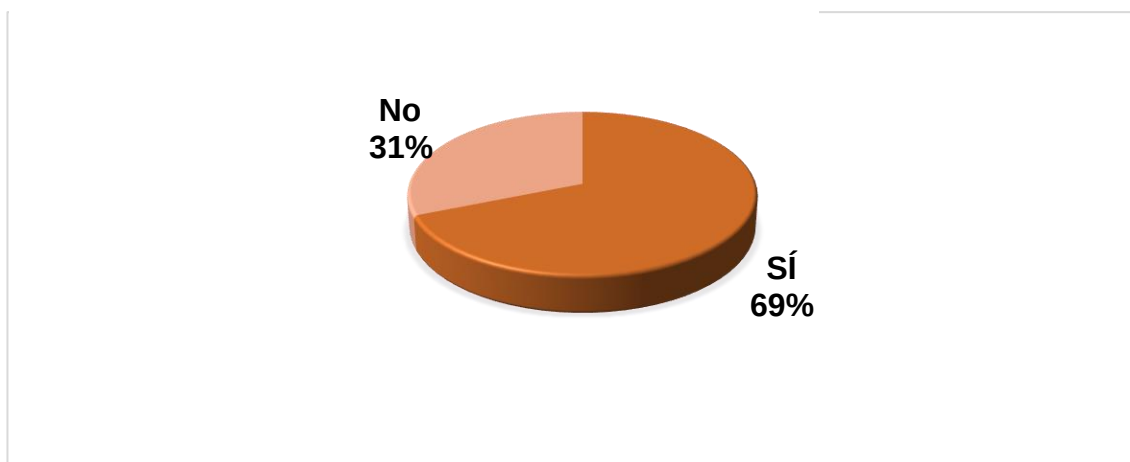
El 70 % si utilizará el Biogás como producto de la planta de tratamiento en sus actividades de preparación de los alimentos (ver figura 6).

Figura 7
Abono como producto de la planta de tratamiento



El 77 % contestó que utilizará el Abono como producto de la planta de tratamiento para fertilizar sus plantas y cultivos (ver figura 7).

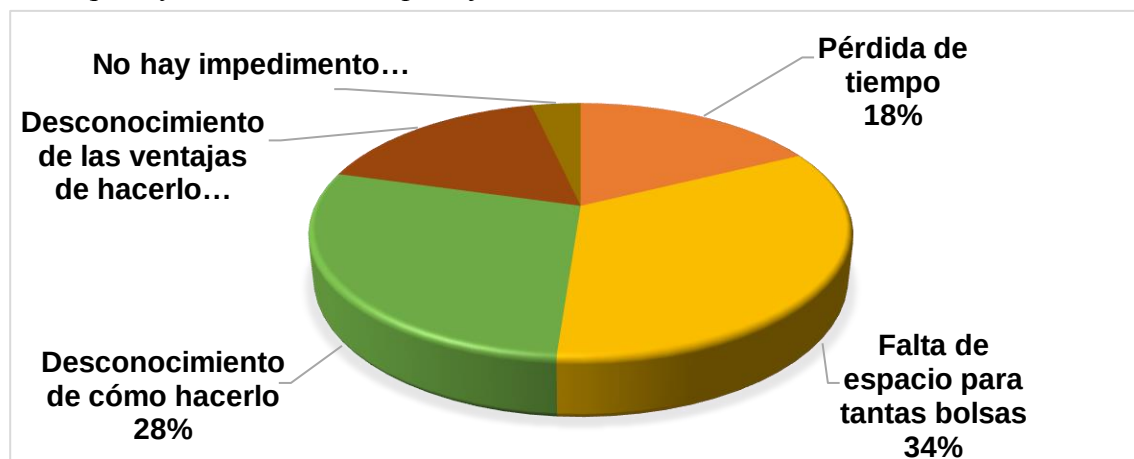
Figura 8
Electricidad como producto de la planta de tratamiento



El 69 % está de acuerdo cuando se le pregunta si utilizaría electricidad como producto de la planta de tratamiento para el uso cotidiano en sus hogares (ver figura 8).

Figura 9

Razones que dificultan hacer compostaje en sus casas



Según las respuestas de los habitantes a la encuesta, las principales razones que dificultan hacer compostaje en casa fueron: falta de espacio y desconocimiento de cómo hacerlo con un 34 % y 28 %, respectivamente y solo el 3 % dijo que no había impedimento (ver figura 9).

El análisis de los datos demográficos de la población encuestada en cuatro localidades (Llano Bonito, La Arena, Monagrillo y Chitré Centro) revela que la mayoría de los encuestados se encuentra en el rango de edad de 20 a 70 años, con una notable representación en las categorías de 20-30 y 31-40 años. En términos de género, el estudio indica que el número de mujeres encuestadas supera al de hombres, especialmente en Monagrillo, donde las mujeres representan una cifra significativamente mayor (108) en comparación con los hombres (52). Esto sugiere una posible predominancia femenina en la población de esta área. Lo que coincide con Franco, B. E., & Patiño, A. (2019). Que comenta que el distrito de Chitré, ubicado en la Península de Azuero, Panamá, es un importante centro de desarrollo urbano y de servicios en la región. A pesar de su crecimiento económico y mejoras en la calidad de vida, enfrenta desafíos como la migración de jóvenes, problemas en el sector agropecuario y amenazas ambientales. El análisis de sus aspectos económicos, sociales y culturales es crucial para establecer políticas públicas efectivas que promuevan el desarrollo sostenible del distrito

y la provincia. La población debe organizarse para abordar prioridades como la escasez de agua y la contaminación ambiental.

En cuanto al nivel educativo, la encuesta muestra que la mayoría de los encuestados tiene un nivel de educación secundaria (31.5 %), seguido por aquellos con educación universitaria (28 %). Un porcentaje menor ha alcanzado niveles técnicos o post universitarios. La predominancia del nivel secundario indica que aún existe una brecha significativa en la educación superior dentro de este corregimiento, lo cual podría tener implicaciones en el desarrollo socioeconómico y cultural de la región. Estos datos reflejan no solo la estructura demográfica, sino también los desafíos educativos que enfrentan estas localidades. Lo que coincide con este trabajo que manifiesta que, en Panamá, la educación preuniversitaria enfrenta desafíos como la calidad educativa y la equidad en el acceso. Muchos estudiantes provienen de contextos socioeconómicos desfavorecidos, lo que limita sus oportunidades de continuar en la educación superior (Por otro lado, la educación universitaria ha crecido en términos de instituciones y programas, pero aún se critica la falta de alineación entre la formación académica y las necesidades del mercado laboral. Esto genera un desajuste que afecta tanto a los graduados como a las empresas que buscan talento calificado, en diversas áreas como son las ciencias de la salud, ciencias naturales, arquitectura, economía, entre otras. La mejora de estos aspectos es crucial para fortalecer el sistema educativo panameño y fomentar un desarrollo sostenible en el país (Collado et. al., 2024; Gajardo, L. M., 2023).

Un informe del Banco Mundial (2019), estima que, en el curso de los próximos 30 años, habrá una crisis en la generación de Residuos Sólidos Municipales (RSM) a nivel mundial, impulsada por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones, aumentará de 2010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3400 millones en la actualidad. El incremento anual promedio de la producción de residuos sólidos se ha estimado que está entre 3,2 a 4,5 % para los países desarrollados y entre 2 a 3 % para los países en vía de desarrollo (Dong, Tong, & y Yuping, 2001). En nuestro estudio sobre cultura de las 3R y la gestión de los residuos como herramienta fundamental para cuidar el planeta por parte de los pobladores de la ciudad de Chitré, provincia de Herrera, República de Panamá, en el año 2019, el porcentaje de

recolección de la población que paga el servicio de aseo es de 79 % mientras que el 21 % no paga el servicio (ver figura 2), esto concuerda con los autores antes mencionados, ya si no hay recolección de desechos sólidos, aunque no sea pagada al municipio, representa una serie de riesgos ambientales para la salud humana, como comenta Medina (1999), este indica que proliferarán olores desagradables; contaminación atmosférica; incrementarán el número de aves, ratas, cucarachas, moscas y otros organismos potencialmente transmisores de enfermedades.

Según la Defensoría del Pueblo (2007) y la ONU (2018), el inadecuado manejo y disposición final de los residuos, que en su mayoría son depositados dentro de áreas protegidas, manglares, playas, pantanos entre otros, conlleva graves problemas ambientales tales como: disminución de la calidad del agua, contaminación del aire y contaminación del suelo. En consecuencia, se pone en riesgo la salud de la población, que se refleja a veces de una manera crónica y cuyos síntomas no observamos hasta que se ha producido un daño en muchas ocasiones irreversible. La Comunidad de Portobelo, cuenta con la recolección de residuos sólidos una vez a la semana, los cuales son depositados en el vertedero de Santa Isabel (De La Cruz et. al., 2020). En la ciudad de Panamá al igual que en el distrito de Chitré ocurre un fenómeno muy interesante con la recolección de los desechos urbanos domiciliarios, los que prestan el servicio privado recogen la basura en un sector de la población, la transportan a lugares deshabitados y construyen vertederos improvisados sin control, ya que han cobrado el dinero por el servicio prestado, pero no hay ente fiscalizador que verifique que sea llevado al relleno sanitario asignado por el municipio en donde se debe dar la disposición final. La falta de recursos económicos y poca frecuencia en la recolección de los residuos sólidos promueve la búsqueda de otras alternativas que coinciden con nuestra investigación en donde el 56 % de la población en el distrito de Chitré utiliza, solamente, los servicios de aseo para el manejo de todos sus residuos, mientras que un 22 % de las familias utilizan los servicios de recolección informales y un 18 % el servicio es mixto, o sea informal y municipal (ver figura 3). Como lo manifiesta Camarena et. al., (2022) y De La Cruz et. al., (2020) la gestión de los residuos en las ciudades se debe a los niveles de cultura ambiental en la población.

Según la BBC (2019), el nivel de desechos que producimos a nivel mundial se ha acelerado en las últimas décadas y tan solo un 16 % de esa basura es reciclada. La recuperación de materiales de los desechos (reciclaje) genera riqueza y mejora la calidad del ambiente, pero de manera contradictoria, es realizada a bajísimo costo y en entornos altamente contaminados por contingentes de pobres, cuya articulación forma una cadena productiva de reciclaje como rama dinámica de la economía global (Ávila et. al., 2013). La situación en México difiere a la de otros países, en tanto que los trabajadores del servicio oficial de retiro de basura participan en la clasificación y venta de materiales reciclables tal como lo comenta Villanova (2012). Esta recuperación de materiales, tal como se hace en el relleno sanitario de Cerro Patacón en la ciudad de Panamá, sería de gran ayuda si se implementará en el vertedero de Chitré por parte del municipio para desahogar estos volúmenes gigantescos de materiales que pueden ser reciclados y separados, todo esto llevado a cabo en gigantescas galeras en donde llegan los compradores directamente y levantan el material lo pesan y lo pagan. Lo que coincide con nuestro trabajo en donde el 78 % de la población del distrito de Chitré conoce mucho o poco en qué consisten los beneficios de reciclar, mientras que un 22 % desconoce sobre el tema (ver figura 4).

La clasificación de la basura debe ser una práctica social, principalmente, porque se pueden reutilizar ciertos materiales que ocuparían un espacio innecesario en los vertederos. La mayoría de los habitantes utilizan la materia orgánica como humus, se debe realizar un programa de compostaje, para que estos materiales sean aprovechados de forma máxima. Como únicamente los vidrios y plásticos tienen cantidades de generación considerable, al principio se realizará reciclaje solamente de estos componentes. Sin embargo, en el futuro se podría aumentar el programa de reciclaje, si es necesario, a otros materiales como papeles, cartones y metales (Simon-Vermot, 2010). La materia orgánica es el principal material que genera la ciudad de Tepic, representando un problema de contaminación alto. Con respecto al resultado del valor agregado de los materiales reciclados, muestra que sería posible y económicamente atractivo recuperar y reciclar: plásticos, papel y cartón, aluminio, vidrio y materia orgánica (fabricando composta). Estos materiales, exceptuando la materia orgánica, son recuperados de manera informal por pepenadores que venden estos materiales a

acopiadores que luego los revenden a empresas que los procesan (Saldaña et. al., 2013). Todo esto concuerda con nuestro estudio en donde el 76 % realizan la separación de los desechos orgánicos e inorgánicos y el 24 % no llevan a cabo dicha separación (ver figura 5). Y además respalda nuestros resultados en el sentido de que el 77 % utilizarían productos derivados de la basura como abono orgánico; mientras que el 69 % estaría dispuesto a utilizar el biogás para cocer sus alimentos y un 70 % estaría anuente a ser abastecidos por una termoeléctrica (ver figura 6).

Es necesaria la búsqueda de alternativas viables para el manejo de los desechos generados en la Ciudad de México, que no solo contribuyan a su reducción sino logren generar un desarrollo sustentable en la región. La producción de composta y su aplicación cuenta con ventajas económicas y ambientales por las cuales se recomienda extender su aplicación en la agricultura, la conservación de áreas verdes y la conservación de suelos en el territorio del Distrito Federal, (Martínez, M. M., & Pantoja, A. 2013). La mayoría de los habitantes utilizan la materia orgánica como humus, se debe realizar un programa de compostaje, para que estos materiales sean aprovechados de forma máxima (Román et, al., 2013). Lo que se contradice con las respuestas de los habitantes del distrito de Chitré que ratifican que sus principales razones que dificultan hacer compostaje en casa son: falta de espacio y desconocimiento de cómo hacerlo con un 34 % y 28 %, respectivamente y solo el 3 % dijo que no había impedimento (ver figura 9).

CONCLUSIONES

La cultura ambiental de las 3R y la gestión de los residuos se cumple en un gran porcentaje de los ciudadanos del distrito de Chitré, que tienen muy claro la importancia del reciclaje y los beneficios que este genera como herramienta fundamental para cuidar el planeta.

Un gran porcentaje de la población de Chitré recibe el beneficio de la recolección de sus desechos, solamente, por servicios de aseo con su destino final en el vertedero de Chitré y otro porcentaje que no paga por el servicio, de igual forma el municipio, le recoge la basura para que esta no se convierta en un problema de salud pública.

Los ciudadanos de Chitré seleccionan la basura en orgánica e inorgánica, independientemente de que el municipio las une a la hora de la recolección, junto con los demás desechos.

El municipio del distrito de Chitré debe hacer que la población se empodere de planes de 3R por medio de programas de educación ambiental en las escuelas, universidades, entidades públicas y privadas; y de esta manera disminuirá los volúmenes de desechos generados en este vertedero lo que conlleva a tener una ciudad más limpia.

La adecuación del vertedero de Chitré se debe dar de manera urgente ya que como funciona actualmente no es beneficioso para los pobladores de este distrito

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los ciudadanos de los corregimientos del distrito de Chitré, por facilitarnos la información para esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alea, L. M. (2019). Diagnóstico de la gestión del reciclaje de los residuos sólidos generados en el destino turístico Viñales, *Avances*, 21(4), 516-531.
www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/486/1579
- Álvaro, C. (1999). La gestión y tratamiento de los residuos generado en los centros de atención de salud. *Repertorio Científico*, 5(6-7), pp. 13-18.
<http://www.ingenieroambiental.com/new3informes/gestionsalud.pdf>
- Ávila, H. F., Benítez, S. O., Cruz-Sotelo, S. E., González, P. T. y Virgen, Q. A. (2013). Los pepenadores en la recuperación de reciclables en sitios de disposición final en Baja California, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 59-65.
<https://www.redalyc.org/pdf/370/37029665007.pdf>
- Ay, L. y Widjaya, E. R. (2006). Análisis ambientales y económicos de las opciones de eliminación de desechos para los mercados tradicionales en Indonesia. *Gestión de residuos*, 26 (10), 1180-1191.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X05002345>
- BBC. (2019). Crisis mundial de la basura": 3 cifras impactantes sobre el rol de Estados Unidos. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48914734>

- Camarena, F., Arosemena, L., y De León, E. (2022). Impacto de los desechos generados por la población sobre la calidad del agua del Río La Villa (Panamá). *Redes*, 1(14), 100-122. <https://revistas.udelas.ac.pa/index.php/redes/article/view/169>
- Collado Trejos, L. E., González Aportela, O., & Mainegra, A. B. (2024). Gestión de un Centro Regional de la Universidad de Panamá: un análisis preliminar. *Conrado*, 20(97), 75-90. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442024000200075&script=sci_arttext
- DEFENSORÍA DEL PUEBLO. (2007). Informe especial sobre el manejo de los Residuos Sólidos en Panamá. 30 p. <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/Manejo%20de%20residuos%20solidos%20en%20Panama.pdf>
- De La Cruz-Cabrera, V., Carrillo, S. y González, M. (2020). Manejo y disposición de residuos sólidos en la comunidad de Portobelo, Colón. *Revista Científica Orbis Cognita*, 4(2), 1-23. https://revistas.up.ac.pa/index.php/orbis_cognita/article/view/1380
- De Los Santos, E. (2018). Residuos y basura ¿Cuál es la diferencia?. Parques Alegres. <https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/residuo-y-basura-diferencia/>
- Dong, S., Tong, K. y Yuping, W. (2001). Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem. *Utilities Policy*. 10(1), 7-11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957178702000115>
- Flores, C. B. (20 de junio de 2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, (27), pp. 121-144. <https://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>
- Franco, B. E. y Patiño, A. (2019). Chitré: entre desarrollo socioeconómico y amenazas ambientales. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 8(1), 1-16. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/228/2281003001/html/>
- Gaceta Oficial (2021). Ley No. 276 del 30 de diciembre de 2021, la que regula la gestión integral de residuos sólidos en la república de panamá. Gaceta Oficial Digital. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29445_E/GacetaNo_29445e_20211230.pdf
- Gajardo, L. M. (2023). Investigación, comunicación y desarrollo educativo en América Latina. Aportes de la educación de adultos al conocimiento y mejora de la educación. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 53(Especial), 73-104. <https://rlee.iberomx/index.php/rlee/article/view/601>
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo -Panamá*. <https://www.inec.gob.pa/>

- Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- Medina, M. (1999). RECICLAJE DE DESECHOS SÓLIDOS EN AMÉRICA LATINA. *Frontera Norte*, 11(21), pp. 3.
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39940/articulo1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MiAmbiente. (1998). Ley 41 General del Ambiente.
<https://www.miambiente.gob.pa/download/ley-41-1998-general-de-ambiente/>
- Mundial, B. (2019). Convivir con basura: el futuro que no queremos. Recuperado: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>.
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- Ojeda, S.; Lozano, G.; Quintero, M.; Whitty, K. & Smith, C. (2008). Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Redisa.
<https://docplayer.es/29544104-Generacion-de-residuos-solidos-domiciliarios-por-periodo-estacional-el-caso-de-una-ciudad-mexicana.html>
- ONU. (2002). Informe de la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible. Obtenido de Johannesburgo (Sudáfrica).
https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm
- ONU . (12 de octubre de 2018). ¿Cómo la basura afecta al desarrollo de América Latina?. Obtenido de: <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>
- Pérez, S. G. (2012). Obtenido de El manejo de residuos sólidos urbanos en México, observaciones frente a su gestión:
file:///C:/Users/user/Desktop/desechos/ResiduosSolidos_Sergio_Ceballos.pdf
- Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [22 de marzo de 2023].
- Román, D., Ensalazado, R. y Burguera, R. (2013). Propuesta de diseño y estimación de la inversión inicial, de una planta procesadora de abonos orgánicos-minerales con el uso de vermicompost. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(2), 117-122.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652013000200010

- Saldaña Duran, C. E., Hernández Rosales, I. P., Messina Fernández, S. R. y Pérez Pimienta, J. A. (2013). Caracterización física de los residuos sólidos urbanos y el valor agregado de los materiales recuperables en el vertedero El Iztete, de Tepic-Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), pp. 25-32.
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/43521>
- Simon-Vermot, B. (2010). Modelo para el manejo de los residuos sólidos generados por el recinto Chiriboga y sus alrededores [Tesis de Ingeniería Ambiental]. Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. <https://n9.cl/ydiza>
- Velásquez, C. J. (2005). La protección del medio ambiente urbano en la Unión Europea. *Revista de Derecho*, (24), pp. 156-186.
<https://www.redalyc.org/pdf/851/85102406.pdf>
- Villanova, N. (2012). ¿Excluidos o incluidos?: Recuperadores de materiales reciclables en Latinoamérica. *Revista mexicana de sociología*, 74(2), 245-274.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v74n2/v74n2a3.pdf>

**Evaluación, causas y recomendaciones en las fallas de los sedimentadores primarios
en colegios públicos y particulares en el sector este.**

Evaluation, causes and recommendations of the failures of primary sedimenters in public
and private schools in the eastern sector.

Irving Isaac Isaza Santos

Universidad de Panamá. Panamá.

irving.isaza@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4029-0992>

Andrea Victoria

Universidad de Panamá. Panamá.

andrea.victoria@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0000-0962-1581>

Lenard Pérez

Universidad de Panamá. Panamá.

lenar.perez@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0008-1486-1713>

Recepción: 26 de noviembre de 2024

Aprobación: 25 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7168>

Resumen

Esta investigación se trata sobre el desbordamiento de tanque séptico de dos escuelas en Panamá, uno ubicado en Pacora y el segundo en mañanitas, nos percatamos de la falta de mantenimiento que hay en las dos escuelas, lo cual compromete a los alumnos a problemas de salud, daños en la estructura y malos olores. Es por eso por lo que realizamos un análisis comparativo del tamaño de la estructura y cada cuanto se le realiza o debe realizarse dicho mantenimiento, con el objetivo de encontrar una solución a estos problemas, como método investigamos las dos noticias en lo cual nos cuentan que desde la construcción de estos sedimentadores primarios no ha habido mantenimiento alguno teniendo como resultado la comparación de los dos tanque sépticos con la ayuda del volumen del sedimentador a lo que da es la falta de limpieza en las dos escuelas presentadas.

Palabras clave: escuela, mantenimiento, sedimentación

Abstract

This investigation is about the overflow of septic tanks in two schools in Panama, one located in Pacora and the second in Mañanitas. We noticed the lack of maintenance in both schools, which compromises the students with health problems, damage to the structure and bad odors. That is why we carried out a comparative analysis of the size of the structure and how often such maintenance is or should be carried out, with the aim of finding a solution to these problems. As a method, we investigated the two news items in which they tell us that since the construction of these primary sedimentation tanks there has been no maintenance whatsoever, resulting in the comparison of the two septic tanks with the help of the volume of the sedimentation tank, which shows a lack of cleaning in the two schools presented.

Keywords: maintenance, schools, sedimentation

INTRODUCCIÓN

Los sedimentadores primarios tienen como función recibir las aguas residuales crudas antes del tratamiento biológico, que permiten reducir los sólidos suspendidos, para que estos componentes no afecten los procesos de tratamientos posteriores a estos. Las escuelas deben tener un tanque séptico con el diseño que se corresponde con la cantidad de estudiantes que tienen, presentamos las causas y recomendaciones que se deben seguir para el tratamiento de los tanques sépticos de los colegios así no presentar problemas de desbordamientos. También hay otras tecnologías que se pueden utilizar para estos tratamientos y así reducir este problema para las escuelas. (Valdez y Vázquez 2003)

El tanque séptico es un sistema de tratamiento primario que permite la sedimentación de sólidos y la digestión anaeróbica en un ambiente cerrado. Este proceso reduce la cantidad de sólidos en el agua, pero el efluente resultante aún contiene niveles significativos de materia orgánica y patógenos, lo que requiere de tratamiento adicional o dispersión en el suelo a través de un campo de drenaje. (Coronado, 2022)

El diseño de los tanques sépticos permite separar y procesar tanto los residuos líquidos como los desechos sólidos, de esta manera se crea una capa de lodo en el fondo del pozo y otra superior de líquidos y grasa que se mantiene en constante flujo. Esta acumulación de desechos permite el desarrollo de microorganismos vivos que se alimentan de los sólidos, creando una gestión ecológica de los mismos, a estos seres se les conoce como microorganismos facultativos anaerobios. Podemos decir que este sistema de gestión de desechos es bastante orgánico y funcional, su período de vida útil oscila entre los 8 y 12 años, que dependen de características propias del tanque como adecuación del pozo, volumen del tanque, etc. Durante su tiempo de vida útil requerirá mantenimiento y cuidado periódico. Dentro del tanque se producen diversos tipos de gases que lo hacen peligroso para el contacto humano, asegúrate de contratar expertos responsables para hacer el mantenimiento con las medidas de seguridad adecuadas para gestionar el contenido del pozo. (Organización Panamericana de la Salud 2005)

¿Cómo Prevenir Problemas y Realizar la Limpieza de Tanques Sépticos?

Prevenir problemas en el sistema séptico y garantizar su correcto funcionamiento requiere un enfoque proactivo que incluye varias acciones clave. Primero, es fundamental programar limpiezas periódicas de acuerdo con el tamaño del tanque séptico y el número de personas que lo utilizan. La frecuencia con que se debe realizar la limpieza varía, pero una empresa de servicios autorizada en Panamá puede proporcionar asesoría adecuada y realizar el trabajo de manera profesional, evitando desbordamientos o daños al sistema. En segundo lugar, es crucial evitar el uso de productos químicos dañinos en el hogar, como limpiadores de drenajes agresivos, que pueden destruir las bacterias esenciales en el tanque séptico. Estas bacterias son necesarias para descomponer los residuos de manera eficiente. El uso excesivo de estos productos puede reducir la capacidad del tanque para procesar los desechos y aumentar el riesgo de obstrucciones. Además, es importante promover la conciencia y educación entre los miembros del hogar sobre el uso responsable del sistema séptico. Esto incluye evitar tirar objetos inadecuados al drenaje y asegurar que solo se eliminen por esta vía materiales compatibles con el sistema. Por último, junto con las limpiezas periódicas, es recomendable realizar inspecciones regulares del tanque séptico. Estas inspecciones permiten detectar

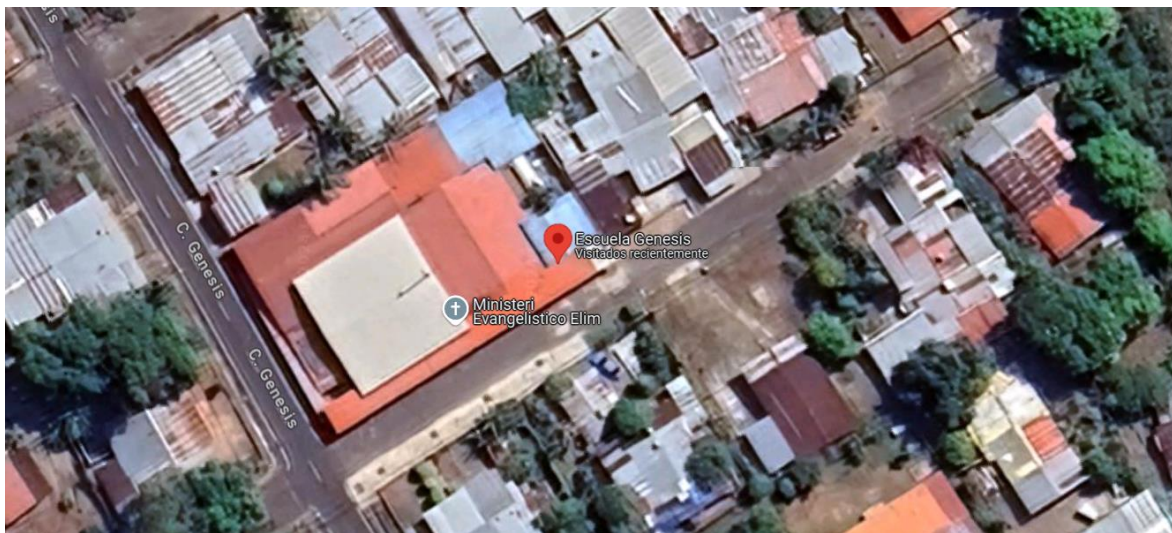
posibles problemas, como fugas o fallas estructurales, antes de que se conviertan en costosas reparaciones. Este mantenimiento preventivo puede extender la vida útil del sistema y asegurar su correcto funcionamiento a largo plazo. (Metcalf & Eddy (2003))

Como objetivos principales dentro de este artículo científico, se encuentran evaluar los periodos de limpieza de estos sedimentadores primarios, segundo evaluar los caudales de diseño ya que estos sistemas se diseñan para una cantidad de personas en específico, pero luego con los aumentos poblacionales en los lugares cercanos de los colegios, requieren de una limpieza en menor tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Figura 1.

Ubicación regional, Sector de Mañanitas, Provincia de Panamá



Nota: Escuela Genesis en Mañanitas. **Fuente:** Google Maps

Escuela Génesis

En esta ocasión, hemos realizado una investigación detallada sobre un grave problema que afecta a una escolita ubicada en el sector de Las Mañanitas, donde se ha observado el

desbordamiento recurrente de un tanque séptico. Este incidente, que ha ocurrido en varias ocasiones, ha provocado una situación muy incómoda y peligrosa, ya que el desbordamiento ocurre dentro del aula de clases. Trae como resultado, que los estudiantes se ven obligados a recibir lecciones en medio de un ambiente insalubre, afectado por olores extremadamente desagradables que emanan del sistema colapsado.

Una de las principales consecuencias de este problema es el deterioro de la salud de los niños que asisten a esta escuela. Muchos han comenzado a mostrar síntomas de enfermedades como diarrea, vómitos e incluso infecciones en la piel, lo que genera una gran preocupación entre los padres y el personal escolar. Además, existe el riesgo potencial de que se generen brotes de enfermedades como el dengue, agravando aún más la situación sanitaria. (Isaza, Gonzalez y Gomez 2021).

Además del problema del tanque séptico, la comunidad escolar enfrenta otro desafío. Carmen Castillo, una madre preocupada, mencionó que su hijo, que cursa el cuarto grado, no ha tenido maestra durante los últimos dos meses. Aunque esta situación educativa la inquieta, considera que la reparación del tanque séptico es una prioridad urgente debido al impacto en la salud de los estudiantes. (Isaza, Vallejo & De La Cruz 2022)

En nuestra segunda muestra tenemos a la Escuela Republica de Honduras ubicada en Pacora se produjo la pérdida de ocho días de clases debido al desbordamiento del tanque séptico en una de sus escuelas, lo que afectó gravemente el desarrollo normal de las actividades educativas. En respuesta a esta situación, la alcaldía de Panamá emitió un boletín informativo en el que anunció la implementación de un plan piloto de limpieza de tanques sépticos en diversas escuelas oficiales de la ciudad capital. Este programa fue concebido debido a que muchos de estos sistemas no habían sido sometidos a mantenimiento en más de 20 años, lo que generó problemas serios de obstrucción y recurrentes desbordamientos

Figura 2.

Ubicación regional, Pacora, Provincia de Panamá



Nota: Escuela República de Honduras en Pacora. **Fuente:** Google Maps

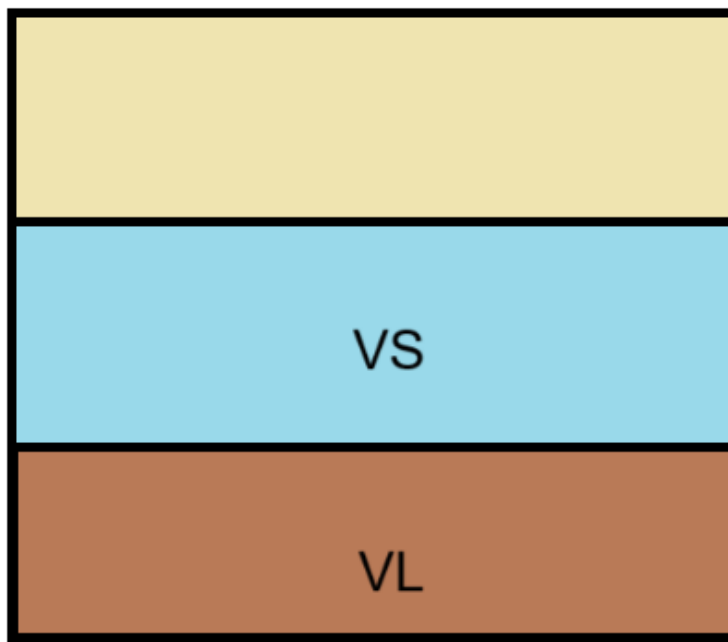
Uno de los planteles beneficiados por este plan piloto fue la Escuela República de Honduras, que alberga una matrícula de 1,600 estudiantes, distribuidos entre los turnos vespertinos y matutinos. Este centro educativo, como muchos otros en la región, sufría problemas derivados del mal estado de su sistema séptico, lo que hacía urgente la intervención.

Con esta muestra de dos colegios en el sector este, la metodología a aplicar sería conociendo la cantidad de estudiantes aproximada de estudiantes matriculados se diseñaría el sedimentador primario y usando las normas del Instituto de Acueductos de Alcantarillados Nacionales que habla del consumo per cápita de agua en zonas urbanas 100 gal/habitantes-día (IDAAN 2016), luego usando las normas de la Organización Panamericana de la Salud donde el volumen de lodos producidos es de Clima cálido 40 litros/habitantes*año

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 3.

Sedimentador Primario de Escuela Génesis



$$VT = VS + VL + Vd$$

$$VS = 1000 \text{ hab} * 100 \frac{\text{gal}}{\text{hab}} * \text{dia} * 2 \text{ dia} = 200000 \text{ gal} = 757 \text{ m}^3$$

$$Vd = 0.07 * 1000 * N = 70 * N$$

$$VL = 0.04 * 1000 = 40 \text{ m}^3$$

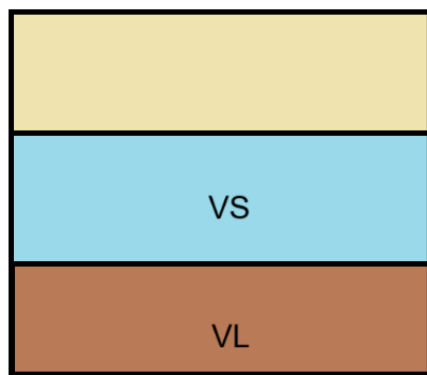
$$757 = 40 + 70 * N$$

$$N = 10.2 \text{ Años}$$

El periodo de limpieza mínimo que debe tener la escuela es de 10 años. Estas variables incluyen el caudal de diseño por consumo per cápita

Figura 4.

Sedimentador de Escuela República de Honduras



Nota: Periodo de limpieza 5 años (prueba)

$$VT = VS + VL + VN$$

$$VS = 1600 \text{ hab} * 100 \frac{\text{gal}}{\text{hab}} * \text{dia} * 2\text{dia} = 320000 \text{ gal} = 1211 \text{ m}^3$$

$$Vd = 0.07 * 1600 * N = 112 * N$$

$$VL = 0.04 * 1600 = 64 \text{ m}^3$$

$$1211 = 64 + 112 * N$$

$$N = 10.2 \text{ Años}$$

En el segundo sedimentador también se encontró que el periodo de limpieza mínimo debe ser de 10 años en el plantel.

Dentro del estudio se demostró que para colegios que tienen poblaciones tan grandes los volúmenes de los sedimentadores primarios deben ser tomados en cuenta ya que ocupan grandes extensiones de terreno 757 m³ y 1211 m³, por lo cual se debe verificar que estas sean las dimensiones que tengan estos sedimentadores primarios.

En lugares cálidos como es el caso de nuestro país el aporte de lodos almacenados por año debe ser tomado en cuenta al momento del dimensionamiento ya que después de los 10 años de estar en operación la planta esta puede comprometer su funcionamiento adecuadamente

RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO PARA LOS SEDIMENTADORES PRIMARIOS Y PROLONGAR SU VIDA ÚTIL

En los sedimentadores que no están diseñados para llevar a cabo procesos anaerobios, es fundamental realizar una remoción regular del lodo para prevenir condiciones sépticas. Estas condiciones pueden desencadenar la acumulación de gases y su eventual desprendimiento, lo cual interfiere negativamente en el proceso de sedimentación, ya que las burbujas de gas pueden volver a suspender los sólidos asentados (TILLEY et al. 2014). Este fenómeno de Re-suspensión complica la operación y hace más difícil la remoción de los sólidos, dado que el lodo transportado a la superficie por las burbujas es más difícil de retirar y puede llegar a la siguiente fase de tratamiento, reduciendo la eficiencia global del sistema (TILLEY et al. 2014).

La remoción de lodo, o desenlodado, puede variar según el diseño del sedimentador. Algunos sistemas permiten el uso de bombas de mano, suspensión, bombas de vacío o la remoción por gravedad mediante una salida en la parte baja del tanque. En casos donde el fondo del sedimentador está adecuadamente inclinado, el proceso de desenlodado se simplifica y es más eficiente (TILLEY et al. 2014). Este diseño favorece el flujo del lodo hacia los puntos de extracción, evitando la acumulación y facilitando la limpieza.

En sedimentadores primarios de mayor tamaño, equipos mecánicos especializados juegan un papel clave en el mantenimiento. Estos tanques suelen estar equipados con colectores que operan de manera continua, raspando los sólidos asentados hacia una tolva de lodo ubicada en la base del tanque. Desde esta tolva, el lodo es bombeado a instalaciones específicas para su tratamiento, como tanques de espesamiento o digestores (TILLEY et al 2014). Este sistema automatizado asegura una remoción más efectiva y constante de los residuos.

Por otro lado, es esencial la eliminación frecuente de la espuma que se forma en la superficie del sedimentador. Si no se retira, esta espuma puede mezclarse con el lodo o pasar a las siguientes etapas del tratamiento, comprometiendo el rendimiento del sistema. Para su manejo, la recolección puede ser manual o mediante equipos mecánicos. Su disposición final debe ser controlada de manera adecuada, ya sea juntamente con el lodo o a través de otros métodos de tratamiento específicos (TILLEY et al. 2014).

Implementar estas prácticas de mantenimiento de manera regular y adecuada no solo mejora la eficiencia operativa del sistema de sedimentación, sino que también prolonga la vida útil de los sedimentadores primarios, asegurando su funcionamiento a largo plazo y evitando la necesidad de reparaciones costosas o reemplazos anticipados.

Principios de diseño de tanque séptico Los principios que han de orientar el diseño de un tanque séptico son los siguientes:

- Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma.
- Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

((OPS), O. P. (2005).

Estrategias de mantenimiento preventivo y optimización de sedimentadores en instituciones educativas

El tratamiento de aguas residuales es fundamental para garantizar un entorno escolar saludable y sostenible. En los colegios, tanto públicos como particulares, los sedimentadores primarios juegan un rol esencial en la gestión de aguas residuales, ya que son el primer paso en el proceso de depuración. Estos dispositivos permiten la eliminación de sólidos

suspendidos y una parte significativa de la materia orgánica antes de que las aguas pasen a tratamientos secundarios o sean vertidas en el medio ambiente. El mantenimiento adecuado de estos sedimentadores es clave para prolongar su vida útil y asegurar su efectividad en el tiempo, lo que impacta directamente en la sostenibilidad y la eficiencia operativa de la infraestructura escolar.

Uno de los principales retos en la gestión de sedimentadores en colegios es la falta de mantenimiento periódico. Esto ocurre tanto en instituciones públicas como en privadas debido a una limitada asignación de recursos o a una falta de conciencia sobre la importancia del tratamiento adecuado de las aguas residuales. Los sedimentadores primarios, si no reciben el mantenimiento adecuado, pueden sufrir de obstrucciones, acumulación excesiva de lodos y pérdida de eficiencia en la sedimentación. Estos problemas no solo comprometen el funcionamiento del sistema, sino que también pueden provocar daños costosos o la necesidad de reemplazar los equipos de forma prematura.

Para prolongar la vida útil de los sedimentadores, se deben aplicar una serie de recomendaciones clave. En primer lugar, es fundamental llevar a cabo un mantenimiento preventivo regular. Esto incluye la inspección visual del equipo, el monitoreo de los niveles de lodo y la limpieza periódica de los depósitos de sedimentos. Un calendario bien estructurado que contemple inspecciones mensuales o trimestrales, dependiendo del uso y la carga de sólidos en el sistema, permitirá detectar posibles problemas antes de que se agraven.

En segundo lugar, es importante asegurar que el diseño y la instalación del sedimentador sean apropiados para la capacidad de tratamiento requerida por el colegio. Si el sedimentador está subdimensionado, no será capaz de manejar de manera efectiva el volumen de aguas residuales generado, lo que llevará a una mayor frecuencia de mantenimiento y una reducción de su vida útil. En este sentido, las autoridades escolares y los responsables de mantenimiento deben trabajar con ingenieros especializados para verificar que los sistemas instalados son los adecuados según las necesidades del plantel.

Otro aspecto crítico es la educación y sensibilización del personal encargado del mantenimiento. En muchas instituciones educativas, los encargados de infraestructura no

tienen formación especializada en el tratamiento de aguas residuales. Por ello, es recomendable que reciban capacitaciones periódicas sobre las mejores prácticas para el mantenimiento de los sedimentadores. Estas capacitaciones pueden incluir desde el correcto manejo de las válvulas y compuertas hasta la identificación de signos de desgaste o mal funcionamiento en los sistemas.

Además del mantenimiento preventivo, es fundamental implementar un programa de gestión de residuos en el colegio para minimizar la carga de sólidos que ingresa al sistema de tratamiento. Fomentar prácticas como la adecuada disposición de residuos sólidos, la instalación de rejillas de filtrado en los sistemas de drenaje y el uso racional del agua son estrategias que pueden reducir significativamente la acumulación de sedimentos en los equipos.

Finalmente, es crucial considerar la sustentabilidad financiera del mantenimiento de sedimentadores en colegios. Las autoridades, tanto gubernamentales como privadas, deben destinar un presupuesto específico para el mantenimiento y eventual reemplazo de equipos de tratamiento de aguas. Esto es especialmente importante en colegios públicos, donde los recursos pueden ser limitados. La implementación de políticas claras y la asignación de fondos para infraestructura hidráulica son esenciales para asegurar que estos sistemas funcionen de manera óptima y prolongar su vida útil.

CONCLUSIONES

En conclusión, la problemática del desbordamiento en los sedimentadores primarios de las escuelas es el resultado de múltiples factores interrelacionados, tanto técnicos como operativos. Un dimensionamiento inadecuado del sistema de tratamiento de aguas residuales, el aumento en la población escolar, la falta de mantenimiento regular y un uso incorrecto del sistema contribuyen significativamente a los fallos en el proceso de sedimentación y al riesgo de desbordamiento. Además, las condiciones externas como las lluvias intensas o la falta de sistemas de drenaje eficientes pueden agravar la situación

Para mitigar estos problemas, es fundamental realizar una correcta planificación y dimensionamiento del sistema desde el principio, teniendo en cuenta posibles aumentos futuros en la cantidad de estudiantes. Además, se deben establecer rutinas regulares de mantenimiento preventivo, como la limpieza periódica de los sedimentadores y la inspección de su integridad estructural. Por último, fomentar la educación y concienciación del personal y los estudiantes sobre el uso adecuado de los sistemas de aguas residuales es crucial para evitar su deterioro y asegurar su eficiencia a largo plazo.

Es importante destacar que un enfoque preventivo es clave para prolongar la vida útil de los sedimentadores primarios en las escuelas. Esto implica la implementación de planes de mantenimiento continuos y un monitoreo constante del sistema para detectar problemas en sus etapas iniciales. Otro aspecto crucial es la necesidad de realizar inversiones en infraestructura adecuada y escalable, que pueda ajustarse a futuras demandas sin comprometer su eficiencia operativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coronado, O. D. G. (2022b, junio 6). ¿QUÉ ES UN TANQUE SÉPTICO y COMO FUNCIONA? <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-un-tanque-s%C3%A9ptico-y-como-funciona-guti%C3%A9rez-coronado>
- Industrias, M. d. (1999). Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99: Agua, Calidad de Agua Reutilización de las Aguas Residuales Tratadas.. *Ministerio de Comercio e Industrias Dirección General de Normas y Tecnología Industrial, MICI*.
- Industrias, M. d. (2000). Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000: Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Sistemas de Recolección de Aguas Residuales. *Ministerio de Comercio e Industrias Dirección General de Normas y Tecnología Industrial, MICI*. .
- Industrias, M. d. (2019). Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019: Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de Aguas Continentales y Marinas. *Dirección General de Normas y Tecnología Industrial, MICI*.
- Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales – IDAAN. (2006a). Normas Técnicas para Aprobación de Planos de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2010). XI Censo de Población y VII de Vivienda de Panamá: Año 2010. Recuperado el 06 de agosto de 2021, de <https://www.inec.gob.pa/panbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=L P2010>

- Isaza I., Gonzalez F., & Gomez Y. (2021). Comparación de dos sistemas de tratamiento anaeróbicos de aguas residuales de características homogéneas para escuelas sin sistema de tratamiento. *Revista Científica Centros*, Volumen 10 N°1 pag 54-67.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/1949>
- Isaza I., Vallejo J., & De La Cruz J. (2022). Comparación de dos sistemas de tratamiento anaeróbicos de aguas residuales de características homogéneas para escuelas ubicadas en áreas rurales con sistema de tratamiento preliminar. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, Vol 9, N°1 68-80.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/2619
- Metcalf & Eddy (2003) Ingeniería de Aguas Residuales, Volumen 1 Tratamiento, Vertido y Reutilización McGraw Hill Tercera Edición
- Organización Panamericana de la Salud (2005). Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques IMHOFF y Lagunas de Estabilización. Perú, Lima
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Especificaciones Técnicas para la Construcción de Tanques Sépticos, Tanques IMHOFF y Lagunas de Estabilización
- Pittí, Y. G. A. (2021). *Caracterización de los espacios rurales en Panamá a partir de estadísticas nacionales*. CEPAL.
- Sawyer Ron, (2006), presentación en taller de sistemas rurales en Girardot, ECOSAN
- Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades. (s.f.). CAPÍTULO II. TANQUE IMHOFF, 19;20. Obtenido de Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/Capitulo2.pdf>
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., Zurbrugg, C. (2018): Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. Dübendorf (Suiza): Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática (Eawag), 2da. edición revisada.
- Valdez E., Vazquez A. (2003) Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y disposición de aguas Residuales, Fundación ICA. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/ingenieria_de_los_sistemas_de_tratamiento_y_disposicion_de_aguas_residuales_civilgeeks.pdf

Percepción de impactos ambientales en proyecto de infraestructura vial en Los Santos, Panamá

Perception of environmental impacts in a road infrastructure project in Los Santos, Panama

Diego A. Arrocha

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero. Panamá

diego07.arrocha21@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5529-1798>

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero. Panamá.

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

Recepción: 4 de diciembre de 2024

Aprobación: 1 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6501>

Resumen

El presente estudio evalúa las percepciones de los residentes locales sobre los impactos ambientales asociados con un proyecto de infraestructura vial en el distrito de Los Santos, Los Santos, Panamá. A través de encuestas realizadas en seis subproyectos, se identificaron percepciones sobre impactos actuales y anticipados, así como variaciones significativas entre las áreas estudiadas. Los resultados revelaron una valoración mayoritariamente positiva del proyecto. Sin embargo, la mayoría de las percepciones de impacto ambiental anticipadas fueron neutrales, atribuibles al desconocimiento o al balance entre los posibles impactos negativos y los beneficios económicos. Se reportaron impactos actuales previo al inicio del proyecto, como polvo y olores, de los cuales solo algunos serán mitigados positivamente por el proyecto. Este análisis subraya la importancia de integrar las opiniones comunitarias en la planificación para diseñar estrategias que equilibren las preocupaciones ambientales y las necesidades del mercado.

Palabras clave: gestión ambiental, desarrollo económico, ingeniería civil

Abstract

This study assesses local residents' perceptions of environmental impacts associated with a road infrastructure project in Los Santos district, Los Santos, Panama. Through surveys conducted in six subprojects, perceptions of current and anticipated impacts were identified, as well as significant variations between the areas studied. The results revealed a mostly positive assessment of the project. However, most of the anticipated environmental impact perceptions were neutral, attributable to ignorance or the balance between possible negative impacts and economic benefits. Current impacts were reported prior to the start of the project, such as dust and odors, only some of which will be positively mitigated by the project. This analysis underscores the importance of integrating community opinions into planning to design strategies that balance environmental concerns and market needs.

Keywords: economic development, environmental management, civil engineering

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la industria de la construcción se enfrenta al desafío de integrar prácticas de sostenibilidad en todas sus fases, desde la planificación hasta la operación y el desmantelamiento de infraestructuras (Berardi, 2017; Rodríguez Jaramillo, 2017). Las empresas constructoras, han reconocido que la incorporación de estándares ambientales rigurosos no solo es un requisito legal, sino una estrategia competitiva que puede reducir costos operativos a largo plazo, mejorar la eficiencia de los recursos y fortalecer su reputación corporativa (Olanipekun et al., 2018).

Integrar el cumplimiento ambiental en la industria de la construcción va más allá de un requisito normativo: es una responsabilidad empresarial. Así, la correcta evaluación de impacto ambiental es pilar para la mitigación de impactos negativos y la promoción de desarrollo urbano responsable (Alshuwaikhat y Abubakar, 2008).

La gestión ambiental del sector de la construcción es relevante por impactos negativos que las obras civiles pueden generar en los ecosistemas y la salud humana. (Enshassi et al., 2014). Estos impactos incluyen la deforestación, la contaminación del agua y del suelo, así como la pérdida de biodiversidad, efectos que suelen ser aumentados por una planificación deficiente (Kaja y Goyal, 2023).

En Panamá, la Ley General de Ambiente y sus decretos reglamentarios establecen los criterios que deben regir la planificación y ejecución de proyectos, desde la minimización de la huella ecológica hasta la mitigación de los riesgos socioambientales asociados (Gaceta Oficial República de Panamá, 2016).

El objetivo general de esta investigación es evaluar y comparar las percepciones de los residentes locales sobre los impactos ambientales de un proyecto de rehabilitación de calles del distrito de Los Santos, Panamá. El estudio tiene como objetivo categorizar las percepciones de los impactos, evaluar la conciencia de los cambios ambientales y comparar estas opiniones.

Los hallazgos proporcionarán una visión de cómo las necesidades previas y futuras relacionadas con los impactos ambientales de un proyecto vial, pueden orientar la toma de decisiones y la planificación de proyectos con base en las opiniones subjetivas de las comunidades, lo que contribuirá a diseñar estrategias más competitivas y alineadas con las expectativas del mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La provincia de Los Santos se ubica en la península de Azuero en la República de Panamá. Limita al norte con la provincia de Herrera y la bahía de Parita, al este y sur con el océano Pacífico, y al oeste con la provincia de Veraguas. Los Santos presenta una topografía que incluye zonas montañosas, colinas y llanuras costeras. El clima de la región es principalmente de sabana tropical, con precipitación anual promedio de aproximadamente 1200 mm. La

ganadería bovina es una actividad económica significativa, como también siembra de caña de azúcar, maíz y arroz (Ecured, 2014).

Características del proyecto vial

El proyecto de rehabilitación vial en el distrito de Los Santos, ubicado en la provincia de Los Santos, Panamá, del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, tiene como objetivo principal mejorar la infraestructura de carreteras en seis localidades estratégicas (Figura 1). Aproximadamente 33.47 kilómetros de vías serán rehabilitados en diversas comunidades dentro del distrito (Ministerio de Obras Públicas, 2024). Para el motivo de esta investigación los nombres de los subproyectos dentro del proyecto principal fueron acuñados con nombres propios relacionados a la localización de estos: La Colorada (7.809423°N, 80.526592°W), Villa Lourdes (7.844364°N, 80.491655°W), Guarareito (7.818230°N, 80.430354°W), Tapijulapa (7.847089°N, 80.373170°W), Bijao (7.902074°N, 80.495597°W) y El Ejido (7.918984°N, 80.383610°W).

Figura 1.

Ubicación del proyecto de rehabilitación vial en el distrito de Los Santos, Los Santos, Panamá.



Fuente: Google Earth

El alcance del proyecto incluye actividades de rehabilitación y construcción de caminos, adaptados a cada subproyecto. Las intervenciones consideran la mejora de la calidad del pavimento, creación de sistemas de drenaje, estabilización de terrenos y señalización para seguridad vial (Ministerio de Obras Públicas, 2024). Los seis subproyectos comparten un contexto ambiental y socioeconómico similar.

Diseño de investigación

El diseño de este estudio es transversal de tipo descriptivo y comparativo, mediante encuestas, con muestreo probabilístico aleatorio. La población objetivo corresponde a los

residentes de las áreas adyacentes a los seis subproyectos de rehabilitación vial en el distrito de Los Santos. El tamaño de muestra se calculó con la fórmula de poblaciones finitas:

- Tamaño poblacional (N) según el Censo 2023 (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2024).
- Nivel de confianza del 90% (z).
- Margen de error aceptable del $\pm 10\%$ (e).
- Desviación estándar poblacional estimada (σ).

$$n = \frac{N\sigma^2 z^2}{(N - z)e^2 + \sigma^2 z^2}$$

Para una muestra representativa del proyecto de rehabilitación vial se realizaron 326 encuestas, dividido de la siguiente manera: Bijao 52, Guarareito 55, La Colorada 58, Tapijulapa 58 y Villa Lourdes 50.

La recolección de datos se llevó a cabo entre los meses de abril y mayo de 2024. Las encuestas se realizaron de manera presencial. Se trabajó con el personal del contratista del proyecto, para un entendimiento integral de los aspectos técnicos del proyecto. Previo a cada encuesta, se solicitó la colaboración voluntaria de los participantes.

Variables demográficas

Se incluyeron las siguientes variables demográficas: Sexo, edad, nivel académico y tiempo de residencia en la comunidad.

Variables de percepción

Las variables del estudio se diseñaron para evaluar las opiniones de los participantes respecto a impactos ambientales previos y anticipados asociados al proyecto. Para los impactos ambientales actuales percibidos, se consideraron dos aspectos: la presencia o ausencia de impactos, como una variable dicotómica (sí/no), y la naturaleza de estos impactos, con

respuestas abiertas voluntarias y opcionales que incluyeron las descripciones, como una variable nominal.

Por otro lado, los impactos ambientales anticipados fueron evaluados como positiva, negativa, neutra o no sabe (tipo ordinal). Además de descripciones específicas de los impactos anticipados mediante respuestas abiertas voluntarias y opcionales, analizadas variable nominal.

Adicionalmente, se incluyó una valoración general del proyecto (positivo, negativo, neutral o no sabe), como variable ordinal, esto como indicador sobre la percepción global del impacto del proyecto.

Análisis de datos

Para las comparaciones, se emplearon pruebas estadísticas como el Chi-cuadrado, para evaluar las diferencias significativas en las distribuciones de respuestas entre subproyectos (Ahad et al., 2023). Además, el estadístico V de Cramer para medir la fuerza de asociación de haber diferencias significativas. Por último, un análisis de correspondencia para visualización de las relaciones entre subproyectos y percepciones reportadas. El análisis estadístico se realizó en el software PAST.

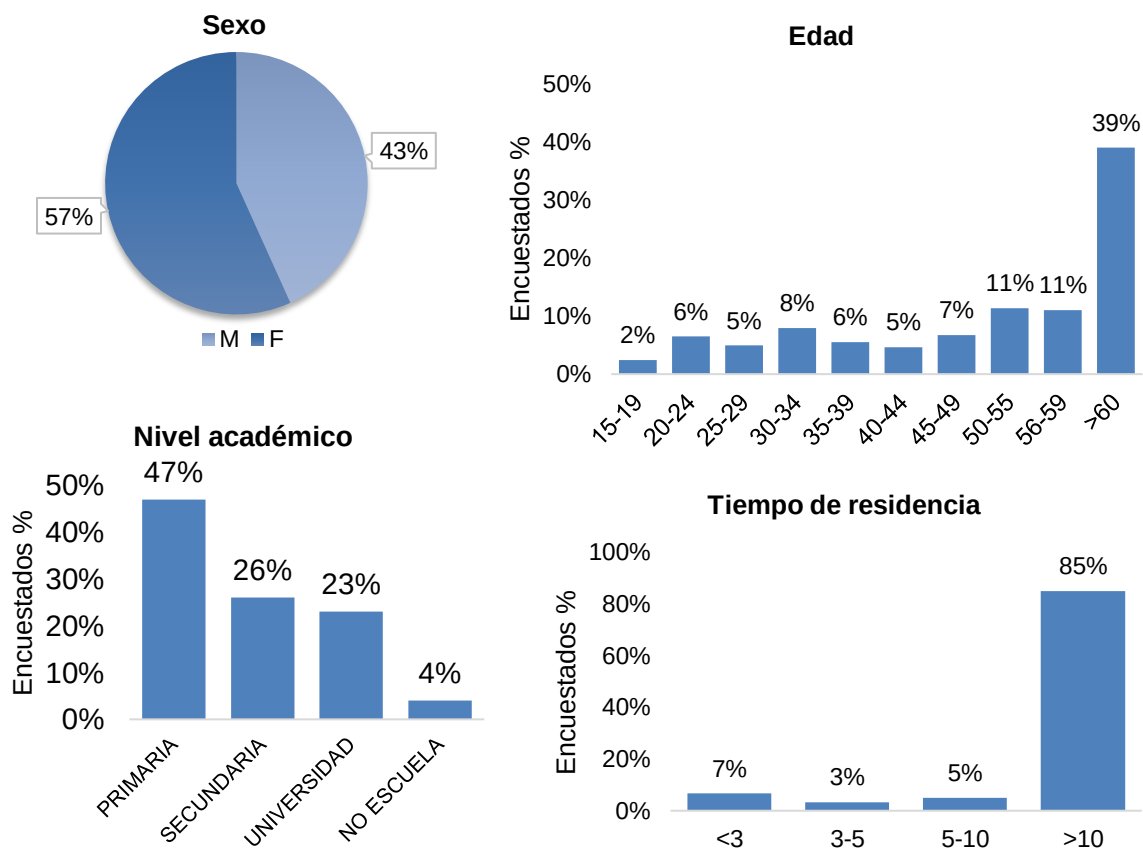
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil demográfico

Se encuestaron un total de 326 personas en total, con un conteo de 52 en Bijao, Guarareito 55, La Colorada 58, Tapijulapa 58 y Villa Lourdes 50. El perfil demográfico revela una composición diversa en términos de género, edad, nivel educativo y tiempo de residencia en las áreas de los subproyectos (Figura 2).

Figura 2.

Perfil demográfico de los encuestados.

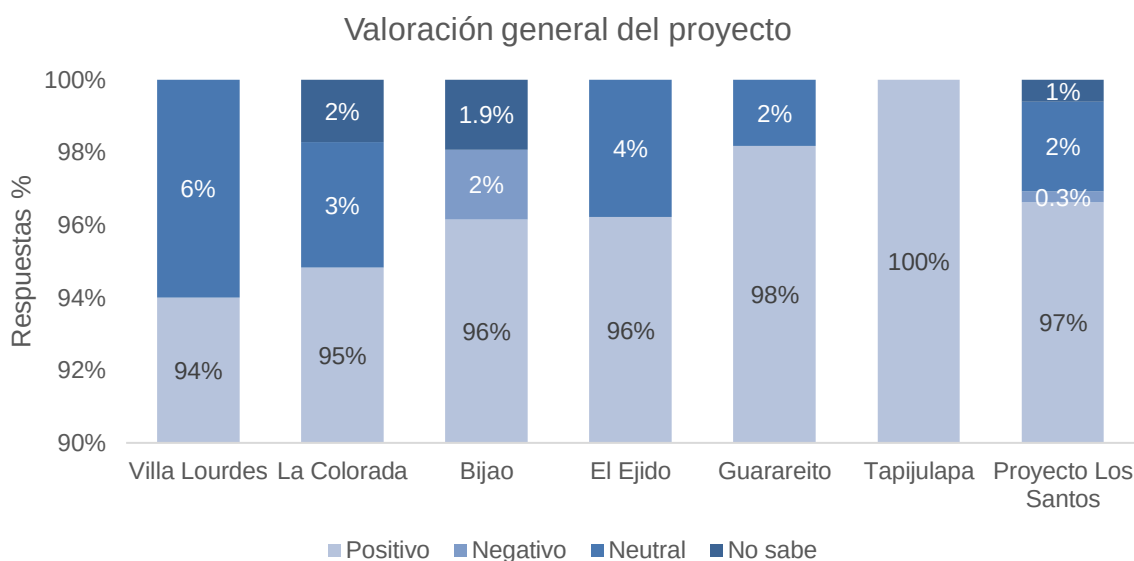


Valoración general del proyecto

La valoración general del proyecto de rehabilitación de calles en el distrito de Los Santos fue abrumadoramente positiva (Figura 3). En términos generales, casi todos los encuestados calificó el proyecto de manera positiva. Solo un caso aislado evaluó negativamente el proyecto. En cuanto a los subproyectos, las percepciones positivas fueron predominantes en todos ellos. Tapijulapa obtuvo el total de respuestas positivas. El Ejido y Villa Lourdes también mantuvieron altas valoraciones positivas, aunque con ligeros aumentos en respuestas neutrales.

Figura 3.

Valoración general del proyecto de rehabilitación de calles en el distrito de Los Santos.



Percepción de impactos ambientales previos

Los impactos ambientales actuales en la zona, previo a la ejecución del proyecto, fueron percibidos por el 52% de los encuestados en el proyecto general (Figura 4). En total, se contabilizaron 187 menciones de impactos específicos por aquellos encuestados, siendo los más frecuentes polvo, quema y olores (principalmente atribuidos a actividad porcina) (Tabla 1).

Los impactos menos mencionados incluyeron aguas residuales, fumigación e inundaciones. Cabe resaltar que los encuestados al mencionar olores se refieren únicamente al olor de actividades porcinas, mientras que aguas residuales hacen referencia al estancamiento de agua de origen natural o de actividades humanas en el alcantarillado en mal estado, o inexistente. La prueba de Chi cuadrado mostró diferencias significativas en la distribución de los impactos percibidos entre los subproyectos ($\chi^2=131.16$, $p<0.05$), con una asociación moderada entre los subproyectos y los tipos de impactos percibidos ($V=0.37$).

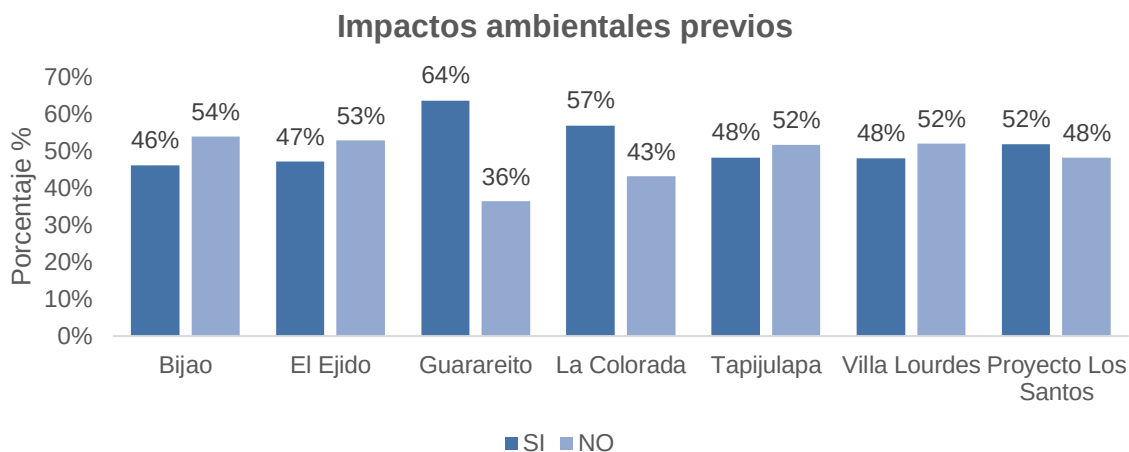
Tabla 1.

Menciones de impactos ambientales percibidos actuales en la zona previo al inicio de proyecto de rehabilitación vial.

Impactos ambientales	Bijao	El Ejido	Guarareito	La Colorada	Tapijulapa	Villa Lourdes	Proyecto Los Santos
Aguas residuales	1	3	0	0	4	1	9
Alteración de cuerpos de agua	0	1	0	0	0	0	1
Basura	1	3	5	1	3	2	15
Enlodamiento	1	0	0	0	5	7	13
Fumigación	0	0	2	3	0	1	6
Inundación	0	1	0	0	1	0	2
Olores	2	3	24	6	5	1	41
Polvo	15	12	1	12	12	18	70
Quema	6	2	3	9	4	2	26
Ruido	0	0	0	1	0	0	1
Sequía	0	0	1	2	0	0	3

Figura 4.

Porcentaje de percepción de impactos ambientales actuales en la zona previo al inicio del proyecto de rehabilitación vial.

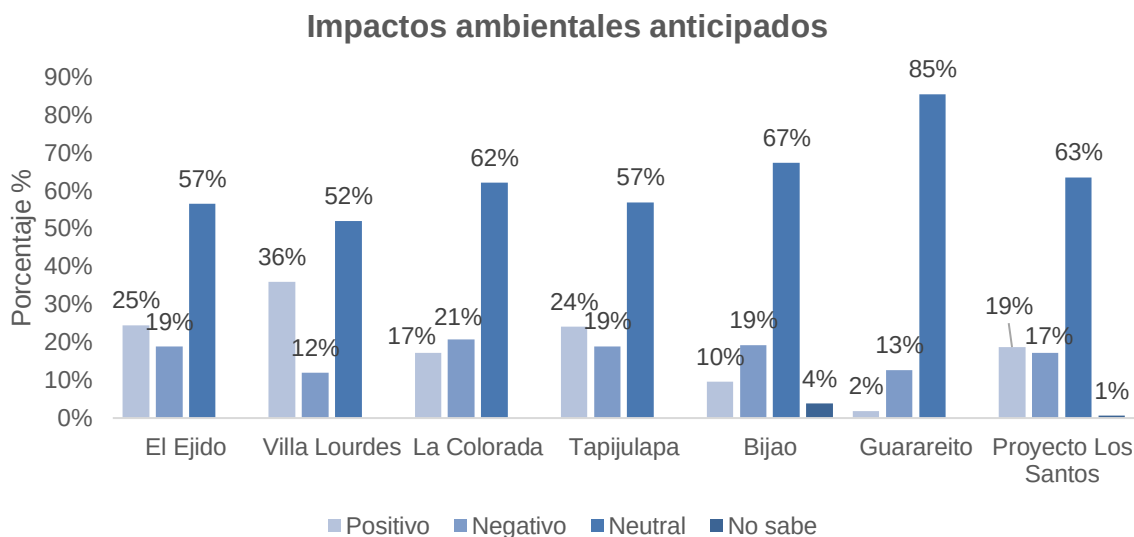


Percepción de impactos ambientales anticipados

En términos generales, los impactos ambientales anticipados del proyecto fueron evaluados mayoritariamente como neutrales (Figura 6). A nivel de subproyectos, Villa Lourdes tuvo la mayor proporción de respuestas positivas, mientras que Guarareito presentó una percepción marcadamente neutral. En contraste, Bijao presentó una percepción negativa más destacada.

Figura 6.

Porcentaje de percepción de impactos ambientales anticipados del proyecto de rehabilitación vial.



Entre aquellos que anticiparon impactos positivos, se identificaron un total de 69 menciones, siendo los más destacados los relacionados con mejoras en el polvo y el enlodamiento (Tabla 2). Por otro lado, se contabilizaron 46 menciones de impactos negativos, siendo el ruido temporal el más frecuente, seguido de tala (Tabla 2). La prueba de Chi cuadrado arrojó diferencias significativas en la distribución de los impactos ambientales anticipados entre los subproyectos ($\chi^2=99.65$, $p<0.05$). La V de Cramer fue de 0.41, que demuestra una asociación moderada entre los subproyectos y los tipos de impactos anticipados.

Tabla 2.

Menciones de impactos ambientales percibidos actuales en la zona previo al inicio de proyecto de rehabilitación vial.

Impactos ambientales positivos anticipados							
Impactos mencionados	Bijao	El Ejido	Guarareito	La Colorada	Tapijulapa	Villa Lourdes	Proyecto Los Santos
Polvo +	4	5	1	10	11	16	47
Olores +	0	5	0	0	0	1	6
Inundación +	0	3	0	0	0	0	3
Enlodamiento +	1	0	0	0	5	7	13
Impactos ambientales negativos anticipados							
Impactos mencionados							
Erosión -	0	0	0	0	1	0	1
Humo -	1	0	0	0	0	0	1
Polvo -	2	0	1	1	0	0	4
Ruido -	5	5	3	3	4	0	20
Tala -	0	1	3	7	2	4	17
Tránsito	0	0	0	0	2	1	3
Pesado -							

Nota. “+” se refiere a un efecto positivo sobre impactos negativos, y “-” a efectos negativos nuevos o de actuales que se agravan. La categoría “Olores” corresponde a emisiones percibidas de actividades porcinas.

Valoración general del proyecto

Esta valoración general del proyecto fue significativamente positiva, lo que refleja una alta aceptación comunitaria de la iniciativa. Estos hallazgos coinciden con Manggat et al., (2018) y Higgins (2022), que muestran que los proyectos de infraestructura tienden a ser bien recibidos en comunidades rurales, especialmente cuando están directamente vinculados a la mejora del transporte, la movilidad y el acceso a servicios.

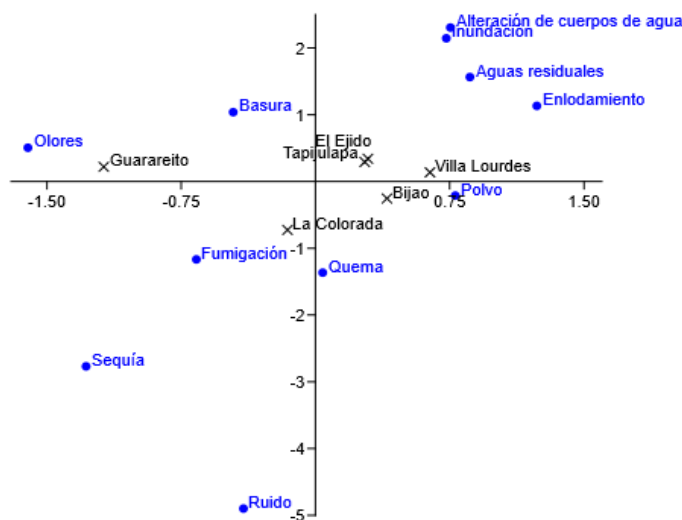
En este caso, la ausencia casi total de valoraciones negativas es destacable, lo que podría deberse a una combinación de factores, como la necesidad de mejoras viales en la región. En otras palabras, las valoraciones subjetivas de aspectos socioeconómicos por los encuestados pueden estar teniendo mayor peso que los impactos ambientales negativos potenciales.

Percepción de impactos ambientales previos

La percepción de impactos presentes en un 52% sugiere que en estas comunidades se enfrentan menos problemas ambientales evidentes o que la población tiene una mayor tolerancia hacia estos impactos, lo cual podría reflejar condiciones locales más favorables o una menor exposición directa. El análisis de correspondencia (Figura 5) refleja que Tapijulapa, Villa Lourdes, bijao y El Ejido comparten perfiles similares de impactos ambientales. En contraste, se destacan Guarareito y La Colorada, fuertemente asociados a olores y quema, respectivamente. Villa Lourdes y Bijao muestran una notable conexión con el polvo. Esto coincide con estudios previos que sugieren que los impactos ambientales en las zonas rurales son multifacéticos y surgen por origen natural, como de las actividades humanas (Aziz, 2021).

Figura 5.

Análisis de correspondencia entre subproyectos e impactos ambientales actuales.



La tolerancia a impactos ambientales negativos disminuye cuando el daño ambiental amenaza recursos esenciales, lo que afecta directamente la salud y los medios de vida de la población (Cohen, 2022). Los resultados evidencian una diversidad de impactos negativos, algunos derivados de causas naturales, como la sequía, y otros asociados a actividades humanas, como la quema. También se identificaron impactos de carácter integral que resultan de la interacción entre factores naturales y actividades humanas. Estos de carácter integral pueden ser, por ejemplo, el polvo, que ocurre de la sequedad de la tierra y el tráfico vehicular.

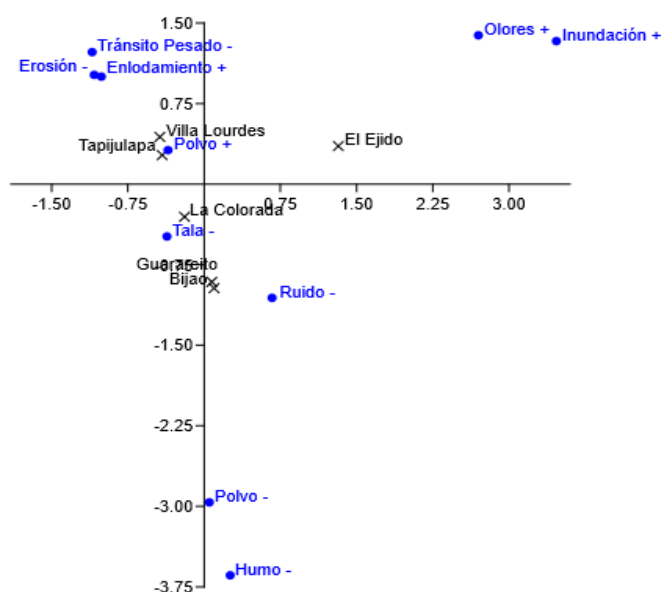
Percepción de impactos ambientales anticipados

El anticipo de impactos positivos sugiere expectativas de que el proyecto contribuya a mejorar las condiciones de tránsito y accesibilidad. Y el anticipo de los impactos negativos está asociado a las actividades de construcción (Tabla 2). Por otro lado, la diferencia significativa y asociación moderada sugiere que las percepciones están influenciadas por las características específicas de cada subproyecto.

El análisis de correspondencia (Figura 7) muestra asociación entre El Ejido con impactos positivos sobre olores e inundación. Por otro lado, La Colorada, Guarareito y Bijao se ubican muy cerca, lo que indica impactos similares, particularmente negativos como tala y ruido de obras. La anticipación de impactos positivos sobre el polvo se asocia notablemente con Villa Lourdes y Tapijulapa.

Figura 7.

Análisis de correspondencia entre subproyectos e impactos ambientales anticipados.



La notable asociación de Villa Lourdes y Tapijulapa con expectativas positivas sobre el polvo sugiere que podrían beneficiarse significativamente por la pavimentación. Por otro lado, en La Colorada, Guarareito y Bijao, donde predominan percepciones negativas sobre la tala y el ruido, indican la necesidad de medidas de mitigación específicas durante la etapa de construcción, como la planificación de horarios para minimizar el impacto acústico (Mohammadi et al., 2022) y programas de reforestación compensatoria para abordar las preocupaciones por la tala.

Por quienes reportaron impactos previos en la zona consideran que el proyecto tendrá un impacto positivo mayoritario sobre ellos plantea la idea de que los encuestados tienen la

percepción de que el proyecto abordará problemas ambientales particulares existentes en el tiempo. Muy diferente en aquellos que perciben que el proyecto tendrá un impacto negativo, que por escepticismo pueden anticipar como más importantes los impactos negativos potenciales que los positivos. Las comunidades tienden a tolerar ciertos niveles de degradación ambiental si perciben beneficios económicos o sociales tangibles, como empleo o mejoras en infraestructura (Cohen, 2022). Esto podría explicar el alto porcentaje de respuestas que anticipan impactos ambientales neutros. Los encuestados probablemente están priorizando los beneficios económicos y sociales sobre los posibles impactos negativos. Es posible que consideren que los beneficios compensan los impactos ambientales negativos, con un equilibrio que los lleva a adoptar una posición neutral. Otra posibilidad de anticipación de impactos neutros puede deberse al desconocimiento o a la falta de información clara sobre los alcances y las medidas del proyecto.

Además, la existencia de impactos particulares en las zonas del proyecto revela condiciones locales únicas que podrían no estar presentes en otras regiones. Por ejemplo, menciones específicas como olores derivados de actividades porcinas, la sequía por aspectos climáticos, problemas asociados con prácticas agrícolas como fumigación, las inundaciones, entre otros, destacan dinámicas ambientales y socioeconómicas específicas de estas comunidades.

CONCLUSIONES

La valoración positiva del proyecto refleja una alta aceptación comunitaria, motivada por expectativas de mejoras en calidad de vida, conectividad y reducción de problemas como polvo y enlodamiento, lo que refuerza la percepción de que el proyecto es una solución a necesidades locales críticas.

Se reportaron impactos ambientales actuales en las zonas del proyecto como polvo, quema y olores asociados a actividades porcinas, con variaciones significativas entre subproyectos, lo que evidencia diferencias en las condiciones ambientales de cada área.

La mayoría de las percepciones anticipadas fueron neutras, lo cual puede atribuirse al desconocimiento sobre los beneficios del proyecto o a una evaluación equilibrada de los posibles impactos negativos frente a los beneficios económicos y sociales.

Algunos impactos actuales, como el polvo, serán mitigados positivamente a través de las mejoras en infraestructura vial que el proyecto implementará.

Los impactos negativos anticipados, como ruido y tala, se perciben temporales y pueden minimizarse con medidas de mitigación adecuadas durante la etapa de construcción.

La mayoría de los impactos actuales en la zona previos al inicio del proyecto, como olores por actividades porcinas, no serán influenciados por el proyecto, ya que están fuera de su alcance.

Las diferencias entre subproyectos resaltan la necesidad de medidas de mitigación específicas que respondan a las particularidades de cada área, hasta donde llegue el alcance del proyecto, como pavimentación y reforestación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahad, N. A., Okwonu, F. Z., Apanapudor, J. S., Arunaye, F. I., & Ojobor, S. A. (2023). Chi-square and adjusted standardised residual analysis. *ASM Sci. J*, 18, 1-11. <https://www.doi.org/10.32802/asmscj.2023.985>
- Alshuwaikhat, H. M., & Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: Assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1777-1785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.12.002>
- Aziz, R. S., Othman, B. R., Muhammed, G. K., & Khodakarami, L. (2021). The impact of Oil Installations on the Rural Development and Environment: A Case Study of Taq Taq Oil Field. *Koya University Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.14500/kujhss.v4n1y2021.pp1-6>

- Berardi, U. (2017). A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. *Resources, Conservation and Recycling*, 123, 230-241.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.014>
- Cohen, S.J. (2011). Overview: Climate Change Adaptation in Rural and Resource-Dependent Communities. In: Ford, J., Berrang-Ford, L. (eds) *Climate Change Adaptation in Developed Nations*. *Advances in Global Change Research*, vol 42. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0567-8_29
- Ecured. (2014). Provincia de Los Santos. Ecured.
https://www.ecured.cu/Provincia_de_Los_Santos
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>
- Gaceta Oficial República de Panamá. (2016). Gaceta Oficial N°28131-A, del martes 4 de octubre de 2016, que establece el Texto Único de la Ley General de Ambiente de la República de Panamá, que comprende las reformas aprobadas por la Ley 18 de 2003, la Ley 44 de 2006, la Ley 65 de 2010 y la Ley 8 de 2015. Gaceta Oficial.
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28131_A/GacetaNo_28131a_20161004.pdf
- Higgins, D. (2022). Rural infrastructure for inclusive rural transformation in developing countries: case studies on roads, markets and irrigation from Bangladesh and the Philippines (Doctoral dissertation, Wageningen University and Research).
<https://www.doi.org/10.18174/554722>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2024). Resultados Finales Básicos: XII Censo Nacional de Población y VIII de Vivienda 2023. Contraloría General de la República de Panamá.
https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1199&ID_CATEGORIA=19&ID_SUBCATEGORIA=71
- Kaja, N., & Goyal, S. (2023). Impact of construction activities on environment. *Resource*, 45, 50. <https://dx.doi.org/10.29121/ijetmr.v10.i1.2023.1277>
- Manggat, I., Zain, R., & Jamaluddin, Z. (2018). The impact of infrastructure development on rural communities: A literature review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(1), 647-658.
<http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v8-i1/3837>
- Ministerio de Obras Públicas. (2024). Avanza proyecto de rehabilitación de calles en el distrito de Los Santos. <http://www.mop.gob.pa/index.php/prensa/sala-de-prensa->

[2/item/3940-avanza-proyecto-de-rehabilitacion-de-calles-en-el-distrito-de-los-santos](#)

- Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L., & Nasiri, F. (2022). Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling. *International journal of construction management*, 22(12), 2364-2374.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1788758>
- Olanipekun, A. O., Xia, B., Hon, C. K. H., & Darko, A. (2018). Green building incentives: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1535-1548.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.212>
- Rodríguez Jaramillo, G. (2017). Propuesta de una Metodología Estructurada para la Ejecución de Proyectos de Construcción Públicos.
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/101>
- Yaranga, R. M., Maldonado, E. M., Pizarro, S. E., & Cano, D. (2024). Environmental, Economic and Social Perceptions of Community Members on the Role of Water, Soil and Natural Grasslands as a Basis for Local Development in Acopalca, Peru. *Global Research in Environment and Sustainability*, 2(6).
<https://doi.org/10.63002/gres.26.511>

**Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su importancia en el ecosistemas
dulceacuícolas del Río Seco, Tortí, Panamá**

Diversity of aquatic macroinvertebrates and their importance in the freshwater ecosystems
of Río Seco, Tortí, Panama

Génesis Almanza

Ontario Tech University. Canadá.

zarahialmanza14@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-5029-2369>

Janaí Domínguez

University of Arkansas at Fayetteville. Estados Unidos.

jd072@uark.edu <https://orcid.org/0009-0000-9190-2007>

José Aguilar Llerena

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

betacaroteno_22@yahoo.es <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

Digna García

Ministerio de Educación, Escuela Secundaria Pedro Pablo Sánchez. Panamá.

bbzareth@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-0689-9789>

*Autor de correspondencia: betacaroteno_22@yahoo.es

Recepción: 17 de enero de 2025

Aprobación: 30 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6770>

Resumen

Con el objetivo de determinar la diversidad de macroinvertebrados y su importancia en el ecosistema dulceacuícola de río Seco, se dividió el río en área de amortiguamiento (sitio 1 y 2) y área de impacto directo (sitio 3), siendo monitoreadas entre los meses de julio y septiembre de 2019. Las muestras fueron tomadas de hojarascas, piedras y palos a las orillas del río o sumergidas en él y, además, se utilizó la red Surber. Los ejemplares capturados fueron transportados al laboratorio en bolsas herméticas e identificados con claves taxonómicas. Se recolectaron un total de 706 especímenes de macroinvertebrados,

distribuidas en 10 órdenes y 28 familias. Las ordenes más abundantes fueron Ephemeroptera (262), Coleoptera (167), Hemiptera (120), Diptera (71) y Trichoptera (57). Para determinar la diversidad (H'), equitatividad (J') y dominancia (D'), se utilizaron los índices de Shannon-Wiener, Pielou, Simpson los resultados evidenciaron una diversidad media, una buena mezcla de especies, con una distribución relativamente equitativa entre ellas, lo que es favorable para la biodiversidad del ecosistema y el protocolo SVAP arrojó un resultado de 8.27 indicando que el área estudiada de río Seco tienen una calidad buena.

Palabras clave: biodiversidad, biología marina, calidad del agua

Abstract

To determine the diversity of macroinvertebrates and their importance in the freshwater ecosystem of river Seco, the river was divided into a buffer area (sites 1 and 2) and an area of direct impact (site 3), monitored between July and September 2019. Samples were taken from leaf litter, stones, and logs at the riverbanks or submerged in the water, and a Surber net was also used. The captured specimens were transported to the laboratory in airtight bags and identified using taxonomic keys. A total of 706 macroinvertebrate specimens were collected, distributed across 10 orders and 28 families. The most abundant orders were Ephemeroptera (262), Coleoptera (167), Hemiptera (120), Diptera (71), and Trichoptera (57). To determine diversity (H'), equitability (J'), and dominance (D'), the Shannon-Wiener, Pielou, and Simpson indexes were used. The results showed medium diversity, a good mix of species, with a relatively equitable distribution among them, which is favorable for the biodiversity of the ecosystem. The SVAP protocol yielded a result of 8.27, indicating that the studied area of río Seco has good quality.

Keywords: biodiversity, marine biology, water quality

INTRODUCCIÓN

Los Ecosistemas acuáticos lóticos como ríos, arroyos, manantiales, proveen muchos servicios a los seres humanos, ejemplo para consumo, la irrigación, la industria, recreación, pesquerías y fuente de diversidad, algo esencial para la salud y supervivencia de los seres humanos (Palmer et al., 2004; Cartón, 2024). Estos sistemas fluviales en todo el mundo están siendo sometidos a una fuerte presión humana, lo que ha causado alteraciones importantes en las fuentes de agua que están afectando el hábitat de la fauna acuática (Springer, 2006), es por ello, que su protección es una prioridad generalizada debido al aumento continuo del desarrollo industrial y agropecuario, principalmente en países en vía de desarrollo como Panamá (Ríos et al., 2015). Los insectos acuáticos constituyen el 10% del total de las especies de insectos y están representados por nueve órdenes que cumplen alguna o todas las fases de su ciclo de vida en ríos o lagos (Springer, 2006).

La mayoría de ellos son sumamente importantes ya que cumplen funciones especiales para mantener el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Muchas especies son depredadoras de vectores de enfermedades y otras constituyen parte del alimento de los peces y otros animales acuáticos (Springer, 2006).

En la actualidad constantemente los cuerpos de aguas siguen siendo amenazados por la contaminación, debido a esto es necesario realizar estudios y métodos completos de evaluación para conocer el estado real de estos ecosistemas en cuanto a su diversidad y abundancia de insectos acuáticos ya que éstos juegan un papel importante en el equilibrio y riqueza de los ríos y son una parte fundamental de la cadena alimenticia en el agua, con el fin de salvaguardar y vigilar los futuros recursos hídricos (Emmen et al., 2016; Ruiz- Picos et al., 2017).

En los últimos años se han hecho esfuerzos para mejorar la eficiencia de las herramientas de monitoreo biológico para evaluar los recursos hídricos (Buss et al., 2003; Czerniawska-Kusza, 2005). El uso efectivo de estas herramientas requiere una mejor comprensión de los organismos que tienen mayor influencia en los resultados del índice biótico, así como en los

procesos que determinan la distribución y presencia de ciertos taxones bioindicadores en el medio ambiente (Gonçalves & Menezes, 2011).

El propósito de esta investigación es estimar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su importancia en los ecosistemas dulceacuícolas de río Seco, ubicado en la comunidad de Guacuco, Corregimiento de Tortí. Su nacimiento se encuentra en las montañas dentro de la reserva forestal de la Fundación San Francisco en donde sus aguas son extraídas mediante motor, luego pasadas a un reservorio tipo tanque, filtrada y luego clorada a base de pastillas. Una vez clorada pasan a las tuberías que abastecen a cada casa de la comunidad de Guacuco. Nuestra contribución estará basado en la premisa de que una elevada diversidad y riqueza de familias de macroinvertebrados será indicativo de un buen estado ecológico del río Seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

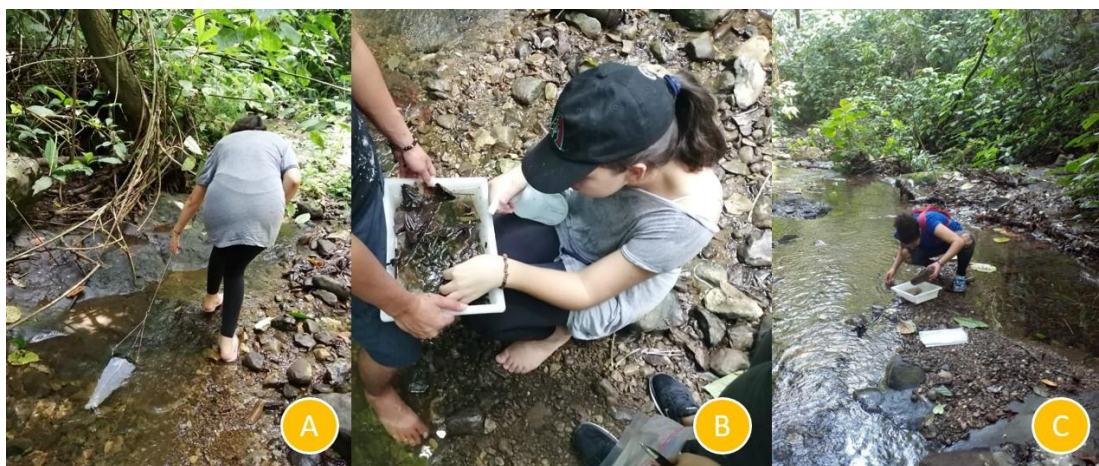
La zona de estudio, se encuentra localizada en el Corregimiento de Tortí, comunidad de Guacuco, ubicados en la cuenca del río Seco, en el Distrito de Chepo, Panamá. Esta cuenca, se ubica entre los 8°57'N y 78°27'O. Este afluente está ubicado en la Región Hídrica Pacífico Oriental, esta región se extiende desde el este de la provincia de Panamá hasta la de Darién, abarcando una extensión de 23 028 km². Incluye cuencas que desembocan hacia el Pacífico y con rangos de precipitación entre los 1700 y 3435 l/m² /año y un promedio de 1360 l/m² /año (Cornejo et al., 2017).

La colecta de los macroinvertebrados se realizó entre los meses de julio a septiembre de 2019, se establecieron 3 estaciones de muestreo por cada sitio, distribuidas en dos áreas. Se seleccionó un tramo de 2 m² en cada sitio objeto de estudio (Roldán, 2003). Se implementaron tres métodos para recolectar: a). Surber de 11 pulgadas de largo X 6 pulgadas de diámetro: la red se coloca sobre el sustrato arenoso, grava-gravilla y rocoso dentro de un cuadrante aplicando el método conocido como kicking, se coloca en el sustrato en contra corriente un metro por dos minutos y se repitió en tres ocasiones, tomando nueve muestras por estación, tres en remansos, corrientes o pozas para cada sitio. b). Colecta manual de hojarasca del fondo, de las orillas, palos y lavado de piedra a tres muestras por sitio. Se utilizaron estas muestras

cualitativas para estimar abundancia y riqueza de macroinvertebrados. c) Red tipo D. Lo recolectado fue depositado en bolsas plásticas de cierre hermético con alcohol al 70%, rotulada y transportada al laboratorio (Figura 1).

Figura 1.

Colecta de macroinvertebrados



Nota. **A.** Utilizando el Surber (método kicking), **B.** Muestras de hojarasca, **C.** Lavado de piedras.

En el laboratorio se procedió a limpiar las muestras, luego fueron colocados los especímenes en frascos rotulados por sitio de muestreo. La identificación se hizo al estereoscopio y microscopio, se colocaron en frascos y viales con su etiqueta, los especímenes se identificaron hasta nivel de familia, para ello se utilizaron las claves de Merritt & Cummins (1996), Gutiérrez-Fonseca et al., (2010), Gutiérrez-Fonseca (2010), Pacheco Chaves et al. (2010), Serrano-Cervantes et al., (2010), Sermeño-Chicas et al., (2010) y Springer et al., (2010). Una vez terminado se utilizó una cámara KONUS (#5829 CMOS CAMERA USB PLUG) y cámaras digitales para tomar las fotos de individuos por familias.

Los datos se agruparon por sitios, considerando el número de familias dentro de cada orden de insectos colectados. Se determinó la diversidad para cada sitio y por área, con base en el índice de Shannon-Weaver (Margalef, 1998), equidad o equitatividad (J' = índice de Pielou)

y dominancia o predominio (D' = índice de Predominio de Simpson), a nivel de familia y para determinar la calidad ambiental del río se utilizó el índice ecológico *Stream Visual Assessment Protocol* (SVAP), evalúa el hábitat físico de un río donde se asignan puntajes de 1 a 10 de acuerdo con 15 métricos. Se pueden quitar algunos métricos dependiendo de las características del lugar, cuando no son aplicables al sitio. Para obtener el resultado de este protocolo se le asignan valores a cada métrica, se suma el total y se divide entre la cantidad de métricas que se evaluaron. Puntajes de 9.6 a 10 son considerados como altos evidenciando un río o quebrada con condiciones sanas ubicándolo en una clase de excelente y valores entre 1 a 2.2 puntajes bajos indicando el mal estado del río o quebrada de clase muy pobre. (Mafla, 2005). Los análisis se realizaron utilizando el programa PAST 4.15 y Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los tres meses de muestreo realizados en el río Seco se obtuvieron 706 individuos, pertenecientes a 28 familias en 10 ordenes. El orden con más especímenes recolectados fue Ephemeroptera (262), seguido de Coleoptera (167), Hemiptera (120), Diptera (71) y Trichoptera (57) (Figura 2). Los cinco órdenes anteriores agrupan el 95.9% (677) del total (706) de especímenes recolectados. Con relación al número de familias presentes, el río Seco estuvo representado por 28 familias. Los órdenes con más familias registradas fueron Díptera (6), Odonata (5), Hemiptera (4), estos órdenes agrupan el 53.6 % (15), el resto 7 órdenes se agrupan en un 46.4 % (Figura 3). De las familias con mayor cantidad de especímenes presentes están representados por Leptophlebiidae (185), Elmidae (160), Notonectidae (59), Veliidae (55), Baetidae (46), Tipulidae (37), Leptohyphidae (31), Chironomidae y Hydropsychidae con (25) respectivamente (Figura 4).

Figura 2.

Abundancia de especímenes por orden en río Seco.

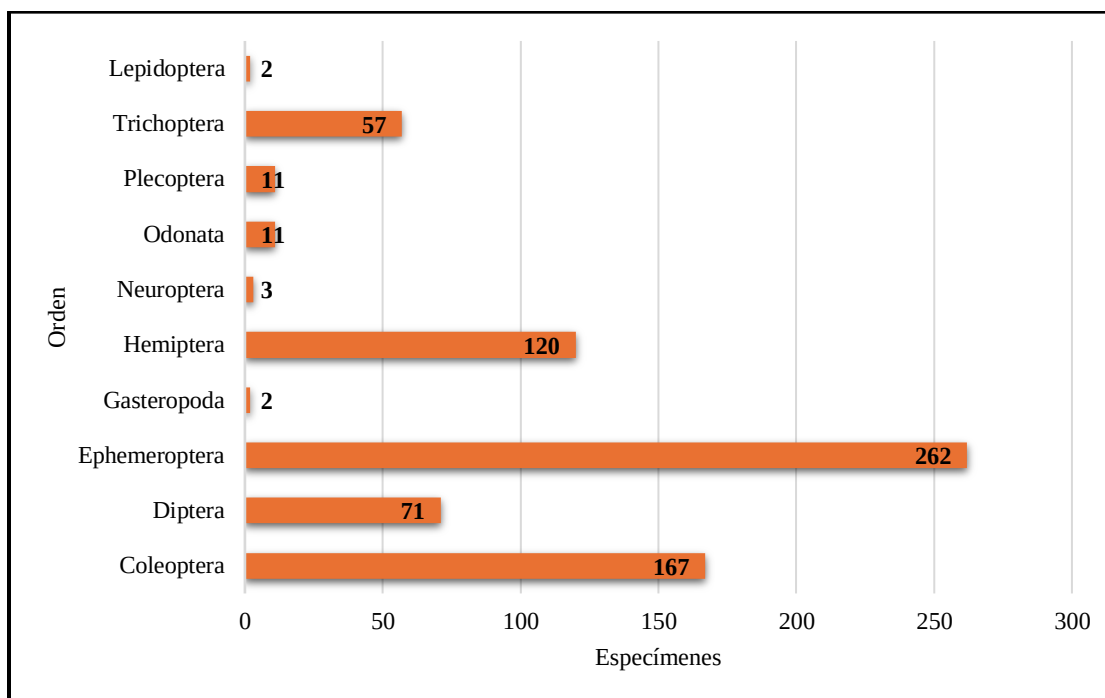
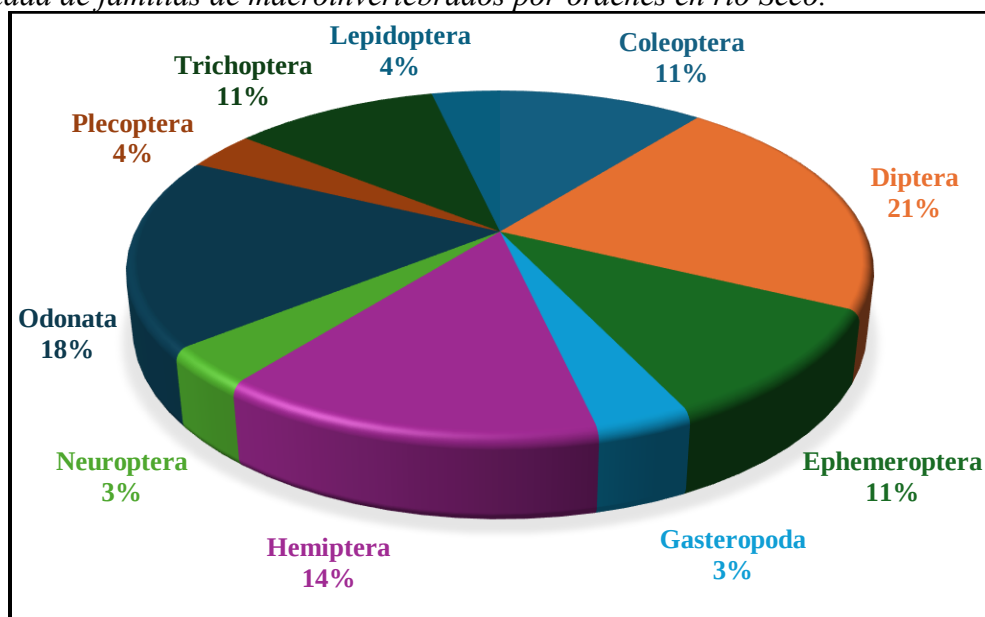


Figura 3.

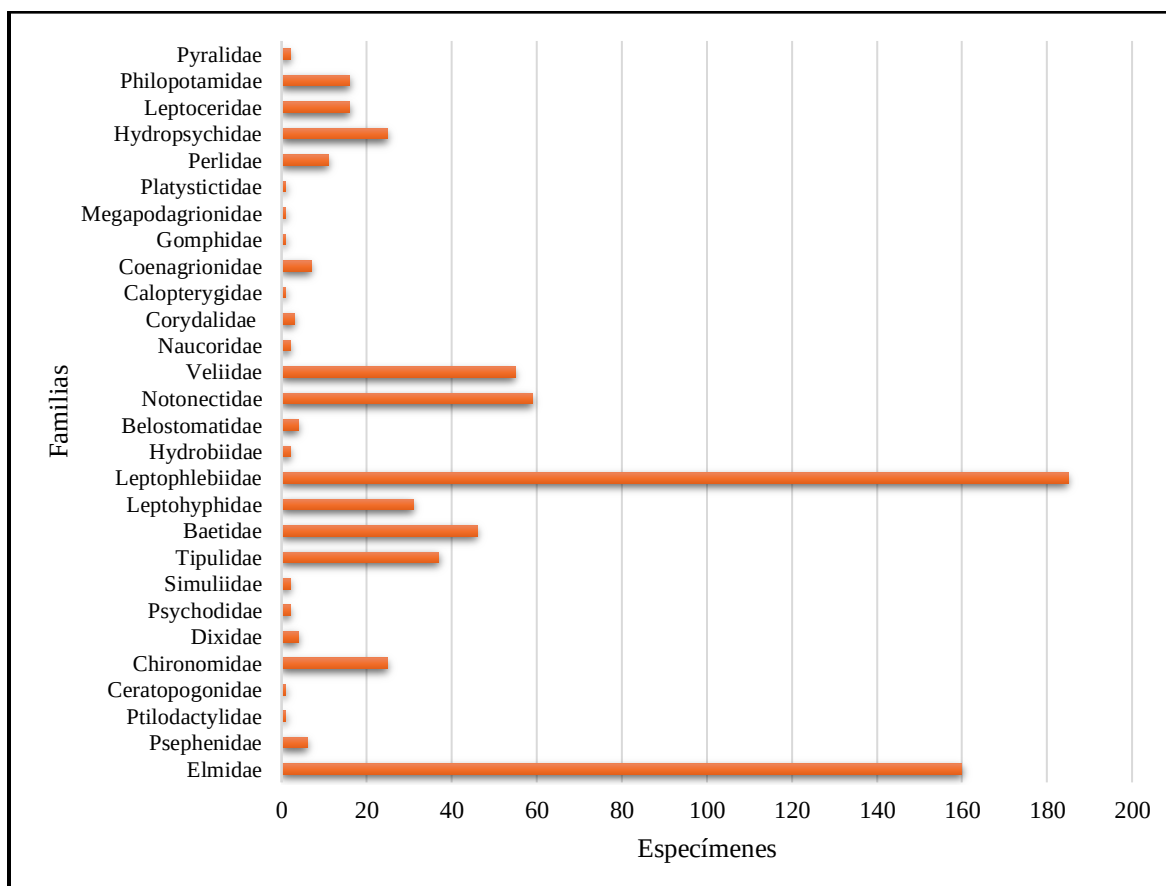
Diversidad de familias de macroinvertebrados por ordenes en río Seco.



De los sitios de muestreo con mayor abundancia de macroinvertebrados acuáticos fue el sitio 2 con 421 individuos (59.6 %), seguido se encuentran el sitio 1 con 162 (22.9 %) individuos y por último el sitio 3 con 123 individuos (17.4 %). La abundancia fue mayor en la parte del río donde se presentan la mayor cantidad de agua, sedimentación y hojarascas. Situaciones similares presentaron Santamaría & Bernal (2016) en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo donde estas condiciones podrían ser consecuencia de la vegetación ribereña y la cobertura boscosa, debido a que dicho sitio presentaba una perturbación de tipo antropogénica, en nuestro caso realizada para crear acceso a la toma de agua, esto a su vez provocando mayores aberturas de la vegetación que permitieron un aumento de hierbas y mayores entradas de los rayos del sol, puesto que esto podría implicar a un alto crecimiento de microorganismo, que sirve como alimento para los macroinvertebrados acuáticos. El incremento en las temperaturas del agua también estimula la actividad microbiana, lo que favorece el crecimiento del perifiton y resulta en una descomposición más rápida de los materiales, lo que a su vez lleva a un aumento en la cantidad de individuos (Sánchez-Argüello et al., 2010). Según Connolly & Pearson (2007) un aumento en la abundancia de macroinvertebrados generalmente está relacionado con la proliferación de ciertos taxones tolerantes como Chironomidae u Oligochaeta, en los sitios de muestreos estuvo presente individuos de la familia Chironomidae, sin embargo, en el sitio 2 presento mayor cantidad de individuos. Cambios en la composición de la taxonomía también es un indicador común de las respuestas de la comunidad a los cambios en la calidad del agua y del hábitat (Rosenberg y Resh, 1993; Posada et al., 2000). Otro factor influyente en la variación de la composición taxonómica en las comunidades lo asocian Sánchez-Argüello et al., (2010) con la altitud y variables relacionadas al ancho de la corriente y profundidad del agua adicional a una influencia humana (cubierta-dose, sólidos disueltos, fosfatos, carbono orgánico total).

Figura 4.

Abundancia de especímenes colectados por familia de macroinvertebrados en río Seco.



Cambra & Santos (2014) en un estudio del río Pirre PND comentan que la presencia de una gran abundancia de especímenes del orden Ephemeroptera y Trichoptera ubican a estos ordenes como excelentes bioindicadores de la calidad del agua, algo similar río Seco, donde el orden Ephemeroptera es la más abundante en especímenes y Trichoptera se ubica dentro de las cinco más abundantes (Figura 2). En Panamá los estudios realizados evidencian una abundancia para el orden Ephemeroptera, sobre todo en lugares con poca intervención antropogénica (Castillo & Bernal, 2014, Cambra & Barria, 2014, Cambra & Santos, 2014), así como también estudios en nuestro país que indican a los tricópteros un grupo importante en diversidad, abundancia y como indicador de aguas limpias y bien oxigenadas (Castillo & Bernal, 2014). Según Flowers & De la Rosa (2010) estos órdenes son muy susceptibles a cambios bióticos o abióticos en su ecosistema. Estas apreciaciones podemos tomarlas como

referencia puesto que una disminución o ausencia a futuro de estos ordenes en río Seco podrían indicar que existe algún tipo de alteración de tipo antropogénica o de forma natural como mencionan en otros estudios (Medianero & Samaniego, 2004, Cambra & Santos, 2014).

La existencia de Plecoptera (Perlidae) y de escarabajos Psephenidae y Ptilodactylidae son también buenos indicadores de la excelente calidad del agua, estas familias se presentan en río Seco, resultados similares a los del PND en el río Pirre (Cambra & Santos, 2014) y río Perrésenico (Cambra & Barría, 2014). La familia Perlidae se consideran altamente sensibles a cambios químicos y físicos, como la contaminación o alteración a su ecosistema (Stewart & Stark, 2008), motivo por el cual se ubica un excelente bioindicador de la calidad del agua para río Seco. Algunas familias como Perlidae se recolectaron pocos especímenes consideramos que los muestreos por ser realizados en temporada lluviosa pudiese ser un factor influyente. En estudios del río Curundú, Medianero y Samaniego (2004) indican que la precipitación pluvial influye de manera directa e indirecta en los patrones anuales de abundancia de insectos.

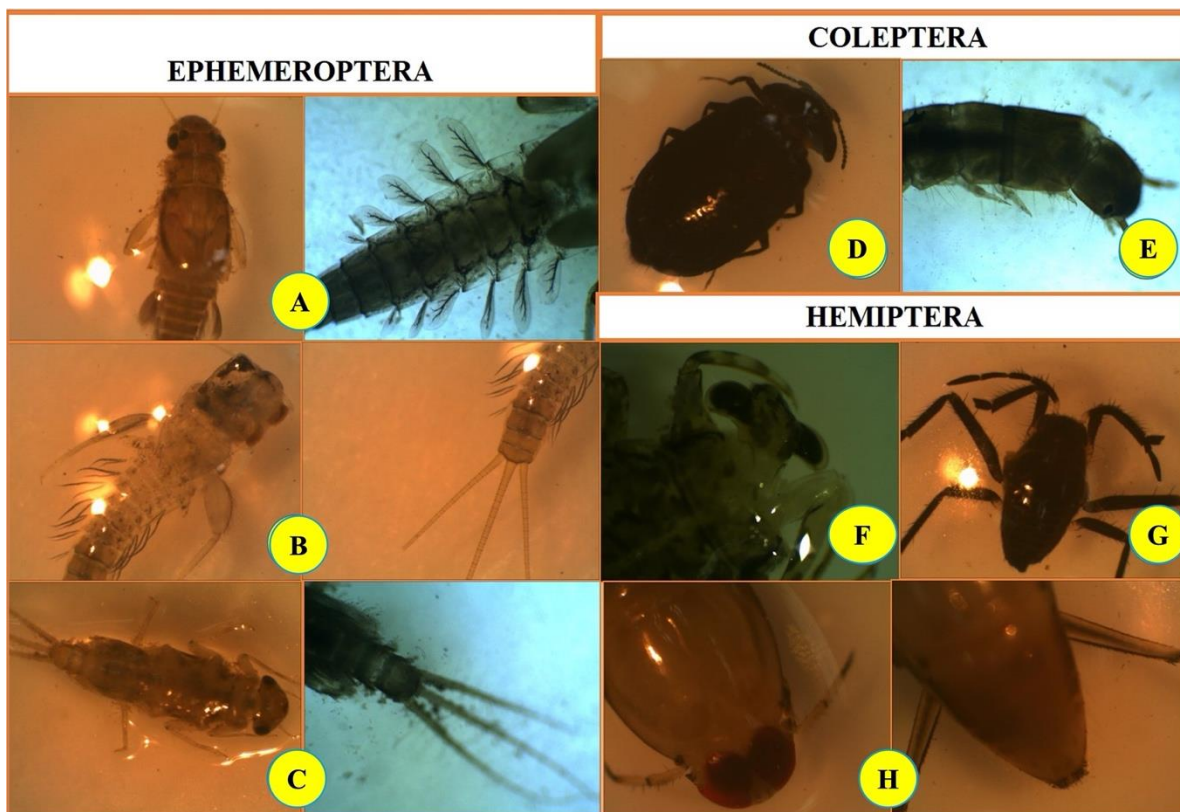
Para el río Seco dentro de los cinco órdenes con mayor abundancia de especímenes y el primero con mayor diversidad de familias fue el orden Diptera el cual es uno de los órdenes más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, similar a esta investigación. En este orden algunas familias como Chironomidae y Tipulidae están adaptadas a vivir en zonas con fuertes corrientes y elevadas concentraciones de oxígeno, mientras que otras son familias oportunistas, como la Psychodidae, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma (Ladrera, 2012). Chironomidae y Tipulidae son familias que para el río Seco se ubicaron dentro de las primeras 9 familias con mayor cantidad de especímenes.

Aguirre & Bernal (2014) en un estudio realizado reportaron para el río Caldera la familia Elmidae como la más diversa con 10 géneros. Para nuestros efectos la familia Elmidae fue la

segunda con mayor número de especímenes. Manzo (2013) comenta que la familia Elmidae incluye coleópteros de distribución mundial, comunes en ambientes lóticos, con elevada velocidad de corriente y buena disponibilidad de oxígeno, donde son importantes constituyentes de la comunidad bentónica.

Figura 5.

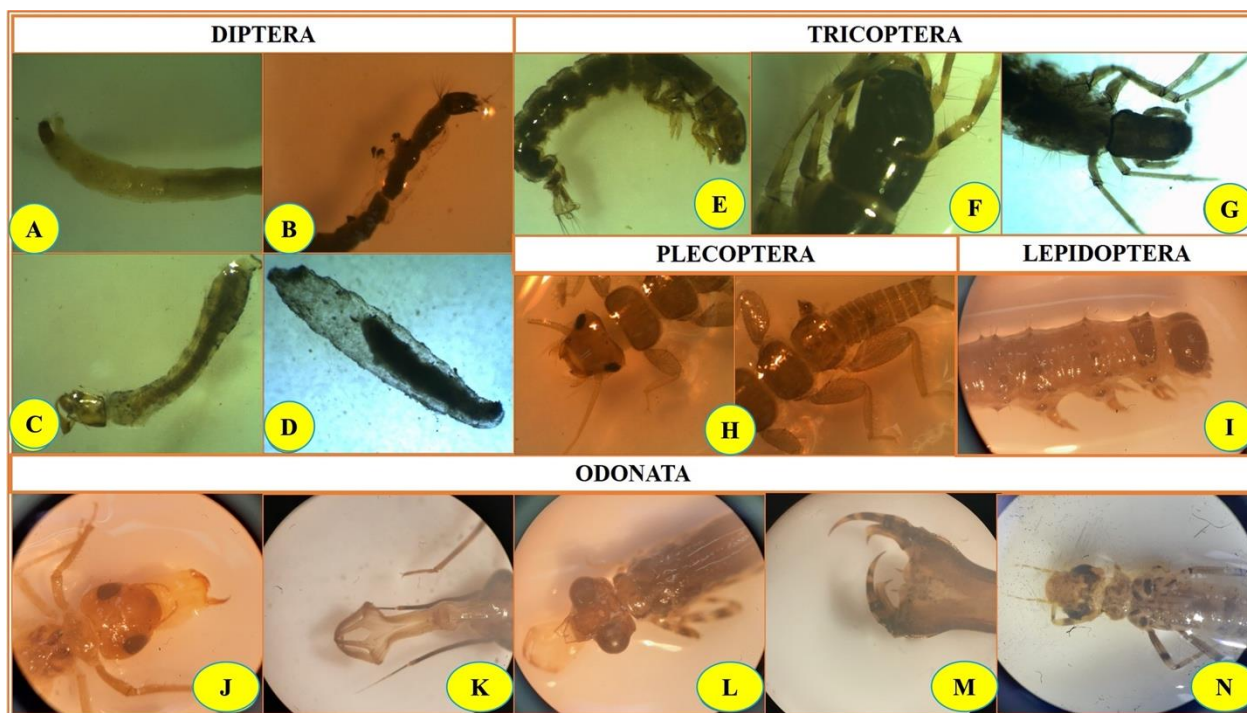
Ordenes y Familias de macroinvertebrados



Nota. Orden Ephemeroptera, Familias: A. Baetidae, B. Leptophlebiidae, C. Leptohyphidae; Orden Coleoptera, Familias: D. Elmidae, E. Ptilodactylidae; Orden Hemiptera, Familias: F. Belostomatidae, G. Veliidae, H. Notonectidae.

Figura 6.

Órdenes y Familias de macroinvertebrados



Nota. Orden Diptera, Familias: A. Chironomidae, B. Dixidae, C. Simuliidae, D. Tipulidae. **Orden Trichoptera, Familias:** E. Hydropsychidae, F. Leptoceridae, G. Philopotamidae. **Orden Plecoptera, Familia:** H. Perlidae. **Orden Lepidoptera, Familia:** I. Pyralidae. **Orden Odonata, Familias:** J. Platysticidae, K. Calopterygidae, L. Coenagrionidae, M. Gomphidae, N. Megapodagrionidae.

Las aguas en el área estudiada presentan condiciones propicias para el establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados diversa compuesta por especímenes pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, Plecoptera y Odonata (Figuras 5 y 6) en general consideradas indicadores de aguas limpias (Roldán, 2003). Castillo & Bernal (2014) mencionan que al encontrar variaciones temporales en las condiciones del sustrato en cada sitio, algo muy similar a los sitios de estudios, de los cuales los sitios 1 y 3 presentaban sustratos rocosos a arenosos y el sitio 2 arena-grava. Esto permitiría suponer que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos responde más al tipo de sustrato, que a la composición química (Guevara, 2011). Así, en el sustrato de arena y grava dominan más los dípteros, mientras que en el sustrato rocoso dominan los efemerópteros y tricópteros. Pero en

ambientes mixtos, se encontrado mayor número de órdenes y mayor variabilidad de su abundancia en los diferentes ambientes (Castillo & Bernal, 2014).

Tabla 1.

Índices biológicos calculados para la población de macroinvertebrados de río Seco

Índices Biológicos	Río Seco		
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Shannon-Wiener (H')	2.187	2.185	2.189
Pielou (J')	0.7889	0.7559	0.7573
Simpson (D')	0.8455	0.8334	0.789
Números de Familias	16	18	18
Número de Individuos	162	421	123

Los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener indican una diversidad media, comparándolos con los rangos usados para este índice donde $H < 1.5$ = diversidad baja, $1.5 < H < 2.7$ = diversidad media y $H' > 2.7$ = diversidad alta (Castillo & Bernal, 2014; Tapia & Bernal, 2017). Este valor medio probablemente se deba a que el bosque ribereño o cobertura boscosa de río Seco están un poco intervenidos (Tapia & Bernal, 2014). El bosque ribereño juega un papel importante retardando y reduciendo la escorrentía superficial, utilizando el exceso de nutrientes, atrapando los sedimentos y los contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos, y de esta manera proteger los cuerpos de agua" (Naiman & Décamps, 1997). En este sentido Alonso (2006) menciona que la ausencia de vegetación ribereña empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos.

El índice de Pielou nos indica que hay un nivel relativamente alto de equitabilidad en la distribución de especies dentro de la comunidad de macroinvertebrados de río Seco, el valor obtenido puede sugerir que las especies están distribuidas de forma bastante uniforme, aunque no completamente. Lo que significa que hay una diversidad considerable en la comunidad de macroinvertebrados, con múltiples especies presentes y una buena distribución de individuos entre ellas.

El índice de Simpson indica una alta diversidad en la comunidad de macroinvertebrados de río Seco, una buena mezcla de especies, con una distribución relativamente equitativa entre ellas, lo que es favorable para la biodiversidad del ecosistema. Emmen et al., (2016), mencionan que el índice de dominancia de Simpson (D), es útil para localizar la presencia de grupos taxonómicos con valores altos de abundancia dentro de la comunidad, aunque no precisamente grupos dominantes ya que hay otros factores, además de la abundancia, que hacen a un grupo dominante (con alta influencia en el ecosistema), como puede ser su tamaño corporal o su papel ecológico.

Para el protocolo de SVAP (stream visual assesment potocol), los resultados arrojaron un valor de 8.27 indicando que el hábitat físico de Río Seco tienen una calidad buena, tal como lo presenta en la Guía de biomonitorio y protocolo por Mafla (2005).

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio sugieren que el ecosistema dulceacuícola del río Seco presenta una diversidad media con una buena equidad entre las especies, lo cual es positivo para la biodiversidad general del área. Sin embargo, se observó una alta dominancia, lo que indica que algunas especies son más prevalentes y podría generar vulnerabilidades si estas enfrentan amenazas ambientales. La alta presencia de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera refuerza su papel como excelentes bioindicadores de la calidad del agua, ya que son sensibles a cambios en su entorno. En este contexto, los macroinvertebrados no solo reflejan el estado ecológico del agua según la capacidad de resistencia de las familias encontradas, sino que también desempeñan un papel fundamental en la cadena alimenticia y en el mantenimiento del equilibrio ecológico de los ríos, destacándose en el reciclaje de nutrientes y como indicadores clave de la calidad del hábitat. La metodología empleada en el estudio, incluyendo el protocolo SVAP y los índices de biodiversidad, demostró ser efectiva para evaluar la salud y sostenibilidad del ecosistema acuático. Por ello, es importante continuar monitoreando estas métricas a lo largo del tiempo, ya que proporcionan información valiosa para detectar posibles cambios y responder adecuadamente a cualquier deterioro ambiental en el hábitat del río Seco.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Fundación Parque Natural San Francisco y al Padre Pablo (q. e. p. d.) por darnos acceso al río Seco pudiendo así realizar todos los muestreos y a nuestros amigos y familiares que formaron parte de la logística, transporte, colecta, monitoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Y., & Bernal, J. (2014). Distribución y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta, media y baja del río Caldera, Chiriquí, Panamá. *Scientia*, 24(2), 37-55.
<http://jadimike.unachi.ac.pa/handle/123456789/1023>
- Alonso, A. (2006). Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas, Asociación Española de Ecología Terrestre*, 15(2):1-5.
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7796/1/ECO_15\(2\)_13.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7796/1/ECO_15(2)_13.pdf)
- Buss, D.F., D.F. Baptista, & J.L. Nessimian. (2003). Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cadernos de Saúde Pública*, 19, 465-473.
https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csp/v19n2/15412.pdf
- Cambra, R., & Barría, L. (2014). Insectos acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Perresénico, Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Scientia*, 24(2), 57-70.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/download/1192/1003/1971>
- Cambra, R., & Santos, A. (2014). Monitoreo de insectos acuáticos y Calidad del agua en el río Pirre, Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Tecnociencia*, 16(2), 65-76. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1192>
- Cartón, A. (2024, 1 de agosto). *Ecosistemas lóticos: qué son y ejemplos*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-loticos-que-son-y-ejemplos-2419.html>
- Connolly N. & Pearson R.G., (2007). The effect of fine sedimentation on tropical stream macroinvertebrate assemblages: a comparison using flow-through artificial stream channels and recirculating mesocosms. *Hydrobiologia*, 592, 423–438.
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-0774-7>

- Cornejo, A., E. López-López, R. A., Ruiz-Picos, J. E. Sedeño-Díaz, B. Armitage, T. Arefina, C. Nieto, A. Tuñón, M. Molinar, T. Ábrego, E. Pérez, A.R. Tuñón, J. Magué, A. Rodríguez, J. Pineda, J. Cubilla & I. M. Avila Quintero. (2017). Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá. 326 p. <https://sinia.gob.pa/diagnostico-de-la-condicion-ambiental-de-los-afluentes-superficiales-de-panama-ano-2017/>
- Czerniawska-Kusza, I. (2005). Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality assessment. *Limnologica* 35: 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2005.05.003>
- Emmen, D., Quiros, D., & García, D. (2016). Diversidad de insectos acuáticos y calidad de agua de los ríos Indio y Gatún del Alto Chagres, cuenca del Canal. *Tecnociencia*, 18(1), 101-115. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/134/120>
- Flowers, R. W., & De la Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Revista De Biología Tropical*, 58(S4), 63–93. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.20083>
- Gonçalves, F.B. & M.S. Menezes. (2011). A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil, *Biota Neotrop.* 11(4): 27-36. <https://www.scielo.br/j/bn/a/DjJvdFGcwLzRvZWYFpGS3Pp/?format=pdf&lang=en>
- Guevara Mora, Meyer. (2011). Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 635-654. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v59n2/a09v59n2.pdf>
- Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador.
- Gutiérrez Fonseca, P. E., Sermeño Chicas, J. M., & Chávez Sifontes, J. M. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Plecoptera en El Salvador. En M. Springer (Ed.), *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos* (pp. 1-14). Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES. https://www.researchgate.net/publication/261948850_Guia_ilustrada_para_el_estudio_ecologico_y_taxonomico_de_los_insectos_acuaticos_inmaduros_del_Orden_Plecoptera_en_El_Salvador

- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información Ambiental*, 39, 24-29. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>
- Mafla Herrera, M. (2005). Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano, Talamanca, Costa Rica. CATIE Publ., Turrialba, Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2267>
- Manzo, V. (2013). Los élmidos de la region Neotropical (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae): diversidad y distribución. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 72(3-4): 199-212. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322030024008.pdf>
- Margalef, R., (1998). Ecología. Editorial Omega. 968p.
- Medianero, E., & Samaniego, M. (2004). Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3), 279-294. <https://www.redalyc.org/pdf/424/42443304.pdf>
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Eds.). (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall Hunt.
- Naiman, R. J., & Décamps, H. (1997). *The ecology of interfaces: Riparian zones*. Annual Review of Ecology and Systematics, 28(1), 621-658. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.110197.003201>
- Pacheco Chaves, B., Springer, M., Sermeño-Chicas, J. M., & Hernández Martínez, M. Á. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador. *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador*.
- Palmer, M., Bernhardt, E., Chornesky, E., Collins, S., Dobson, A., Duke, C., ... & Turner, M. (2004). Ecology for a crowded planet. *Science*, 304(5675), 1251-1252. https://palumbilab.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj26116/files/media/file/ecology_for_a_crowded_planet.pdf
- Posada, J. A., Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 48(1), 59-70. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000100008

- Ríos, T., González, G., & Vega, J. A. B. (2015). Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 113-128. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169439782007>
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Uso del metodo BMWP/Col, Universidad de Antioquia, Medellin, Medellin, Colombia*.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (Eds.). (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall. <https://doi.org/10.1002/iroh.19940790404>
- Ruiz-Picos, R. A., Kohlmann, B., Sedeño-Díaz, J. E., & López-López, E. (2017). Assessing ecological impairments in Neotropical rivers of Mexico: calibration and validation of the Biomonitoring Working Party Index. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(9), 1835-1852. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1299-x>
- Sánchez-Argüello, R., Cornejo, A., Pearson, R. G., & Boyero, L. (2010). Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. In *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 46, No. 3, pp. 149-156). EDP Sciences. <https://www.limnology-journal.org/articles/limn/pdf/2010/03/limn10019.pdf>
- Santamaría, E. E., & Bernal, J. A. (2016). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, Provincia de Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*, 18(1), 5-24. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/129/115>
- Sermeño-Chicas, J. M., Pérez, D., Gutiérrez-Fonseca, P., Springer, M., & Hernández Martínez, M. Á. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador. *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador*.
- Serrano-Cervantes, L., Aguilar, Z., & Altagracia, J. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2275>
- Serrano-Cervantes, L., Aguilar, Z., Altagracia, J., Springer, M., Sermeño-Chicas, J. M., & Hernández Martínez, M. Á. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador. *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador*.

- Springer, M. (2006). Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(1), 273-286. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i1.26851>
- Springer, M. (2010). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 53-59. <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967003.pdf>
- Springer, M., Ramírez, A., Hanson, P. 2010 (eds.). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos, métodos de recolección, biomonitorio acuático Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera. *Rev. Biol. Trop.* 58 (4): 1-240. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4>
- Stewart, K.W. & Stark, B.P. (2008). Plecoptera, pp. 311-384. En: Merritt, R.W., Cummins, K.W. & Berg, M.B. (eds.), *An introduction to the aquatic insects of North America*, 4th edition. Kendal/Hunt Publ. Co., Iowa.
- Tapia, M., & Bernal, J. (2014). Diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad agua del río Chiriquí Viejo, Chiriquí, Panamá. *Sciencita (Panamá)*, 24(2), 93-106. https://www.researchgate.net/publication/320387233_Diversidad_y_estructura_de_la_comunidad_de_macroinvertebrados_acuaticos_como_indicadores_de_la_calidad_del_agua_del_rio_Chiriqui_Viejo_Chiriqui_Panama

Análisis de la Percepción Comunitaria sobre la Sostenibilidad y Conservación en la Subcuenca del Río Zaratí, Provincia de Coclé, Panamá

Conservation in the Sub-basin of the Zaratí River, Coclé Province, Panama

Félix H. Camarena Q.

Universidad de Panamá. Panamá

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

Edwin Cedeño

Universidad Especializada de Las Américas. Panamá.

frisedwinjoel@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-9280-6937>

Diego A. Arrocha

Universidad de Panamá. Panamá.

diego07.arrocha21@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5529-1798>

Alexis D. Camargo C.

Universidad de Panamá. Panamá.

alexiskmrgo@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1801-0712>

Ricardo Calderón

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Panamá

ricardo.calderon@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-7289-9479>

Recepción: 12 de noviembre de 2024

Aprobación: 1 de febrero de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7088>

Resumen

La investigación sobre la percepción comunitaria en la subcuenca del río Zaratí, que forma parte de la cuenca del río Grande, se lleva a cabo en la provincia de Coclé, Panamá, específicamente en la comunidad de Membrillo, tiene como objetivo evaluar el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación del ecosistema. Se utilizó una metodología no experimental y transversal, con un diseño descriptivo que incluyó encuestas a 100 artesanos y guías turísticos. Los resultados muestran que el 36% de los encuestados utilizan piedra de jabón para hacer artesanías, seguido por agua (27%) y vegetación (23%), con una frecuencia

diaria de uso del 71%. Además, todos los participantes consideran necesaria la restauración del ecosistema, destacando la reforestación como la acción más importante. En cuanto a las prácticas sostenibles, se sugieren la agricultura orgánica y un manejo responsable de la extracción de piedra de jabón. Un 49% de los encuestados cree que un modelo sostenible podría mejorar significativamente su calidad de vida y un 90% está dispuesto a colaborar en iniciativas de restauración y desarrollo sostenible. Las principales necesidades identificadas para avanzar hacia este desarrollo incluyen capacitación y educación (47%), recursos financieros (31%) y asesoría técnica (18%). En conclusión, el estudio revela una comunidad consciente de su dependencia de los recursos naturales y comprometida con su conservación. Existe un deseo colectivo por implementar prácticas sostenibles que mejoren tanto las condiciones ambientales como sociales, subrayando la importancia de la participación comunitaria en la gestión ambiental.

Palabras clave: comunidad, desarrollo sostenible, recursos naturales

Abstract

The research on community perception in the Zaratí River sub-basin, which is part of the Rio Grande basin, is carried out in the province of Coclé, Panama, specifically in the community of Membrillo, its objective is to evaluate the sustainable use of natural resources and ecosystem conservation. A non-experimental and transversal methodology was used, with a descriptive design that included surveys of 100 artisans and tourist guides. The results show that 36% of respondents use soapstone to make crafts, followed by water (27%) and vegetation (23%), with a daily frequency of use of 71%. Furthermore, all participants consider the restoration of the ecosystem necessary, highlighting reforestation as the most important action. Regarding sustainable practices, organic agriculture and responsible management of soapstone extraction are suggested. 49% of those surveyed believe that a sustainable model could significantly improve their quality of life and 90% are willing to collaborate in restoration and sustainable development initiatives. The main needs identified to move towards this development include training and education (47%), financial resources

(31%) and technical advice (18%). In conclusion, the study reveals a community aware of its dependence on natural resources and committed to their conservation. There is a collective desire to implement sustainable practices that improve both environmental and social conditions, underscoring the importance of community participation in environmental management.

Keywords: communities, natural resources, sustainable development

INTRODUCCIÓN

La percepción comunitaria sobre la sostenibilidad y conservación en la subcuenca del río Zaratí es un tema de creciente relevancia, especialmente en el contexto de los desafíos ambientales actuales. La gestión sostenible de los recursos hídricos es fundamental para el bienestar de las comunidades locales y la preservación de los ecosistemas. Según Morán (2023), la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones es crucial para implementar prácticas de conservación efectivas. Este enfoque participativo no solo empodera a los habitantes, sino que también fomenta una mayor conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad ambiental.

Investigaciones previas han demostrado que las metodologías participativas, como el Diagnóstico Rural Participativo, son herramientas efectivas para involucrar a las comunidades en la planificación y ejecución de proyectos de conservación (Ortiz & Villalba, 2008). Además, el trabajo de Lara et al., (2023) destaca que la educación ambiental juega un papel esencial en el cambio de actitudes hacia prácticas más sostenibles, lo que a su vez puede influir positivamente en la calidad de vida y el desarrollo económico local.

La percepción de sostenibilidad en las comunidades aledañas a las cuencas hidrográficas en América Latina está determinada por diversos factores culturales, ambientales y socioeconómicos. Por ejemplo, estudios muestran que cuando las comunidades reconocen la importancia de conservar los recursos hídricos, son más propensas a adoptar técnicas como la reforestación o el manejo adecuado de cultivos, mitigando así problemas de erosión y escasez hídrica (Delgado et al., 2015). Los movimientos locales en toda Centroamérica

destacan las luchas por la sostenibilidad entre la importancia de la participación comunitaria en la gestión de los recursos y el impacto de las presiones externas, como el ecoturismo (Dupuits et al., 2020). En Guatemala, se ha promovido la participación comunitaria en la gestión de cuencas hidrográficas como una estrategia para el uso sostenible de los recursos (Miller, 2008).

Además, la percepción de justicia y equidad en el acceso y manejo de los recursos es fundamental, pues en áreas donde las comunidades perciben un acceso desigual o una gestión externa poco transparente, el respaldo a proyectos de sostenibilidad suele disminuir (Da Costa Silva, 2011). En la subcuenca del río Zaratí, donde recursos como el agua y la piedra de jabón son vitales para la economía local, asegurar una gestión justa es esencial para promover la participación de la comunidad en prácticas de conservación. Esto subraya que, además de los esfuerzos técnicos y educativos, es necesario un enfoque que considere la equidad como un pilar para el éxito de cualquier estrategia de manejo sostenible de los recursos naturales (Quintero, 2011).

En el aspecto normativo y legal, la gestión sostenible de los recursos naturales en la subcuenca del río Zaratí se encuentra enmarcada en un conjunto de normativas y políticas ambientales que buscan regular el uso y conservación de los ecosistemas en Panamá (Gaceta Oficial de la República de Panamá, 2016). No obstante, la comprensión y aplicación de estas normativas a nivel comunitario pueden variar, afectando la percepción de los habitantes sobre su rol y responsabilidad en la conservación (Da Costa Silva, 2011). Así, el estudio de la percepción comunitaria en este contexto ofrece una oportunidad para identificar áreas donde el marco legal puede fortalecerse o adaptarse para facilitar un manejo de recursos más inclusivo y efectivo en la subcuenca.

En este sentido, es necesario considerar no solo las estrategias de conservación, sino también los desafíos que enfrentan las comunidades, tales como la falta de recursos y políticas adecuadas. La investigación sobre la percepción comunitaria en áreas como la subcuenca del río Zaratí puede ofrecer valiosas lecciones sobre cómo abordar estos desafíos y promover un desarrollo más sostenible.

Se analizó la percepción comunitaria sobre la sostenibilidad de los recursos naturales y la conservación del ecosistema en la subcuenca del río Zaratí

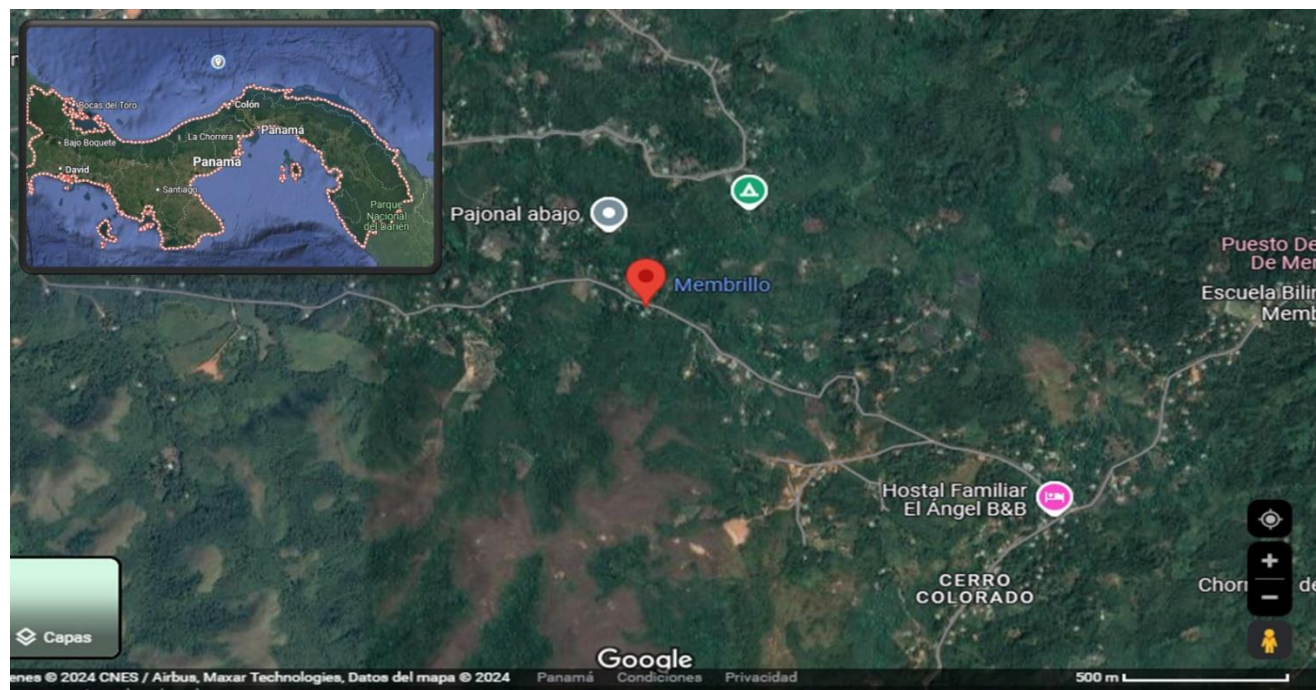
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La comunidad de Membrillo se localiza en las coordenadas 8.58333° N y 80.2167° W, perteneciente al corregimiento del Pajonal, distrito de Penonomé, provincia de Coclé.

Figura 6.

Ubicación regional y local de la comunidad de Membrillo, corregimiento del Pajonal, distrito de Penonomé, provincia de Coclé.



Fuente: Satellites Pro. (2025)

Descripción del área de estudio

La subcuenca del río Zaratí (SRZ) tiene un área de 163.8 km² y forma parte de la cuenca del río Grande la cual está localizada en la provincia de Coclé (Fábrega et al., 2021).

Membrillo es un pequeño pueblo en la provincia de Coclé, conocido por su ambiente tranquilo y comunidad unida. La población es principalmente rural, con una economía basada en la agricultura y la ganadería. Las personas de Membrillo son conocidas por su hospitalidad y tradiciones culturales. El área de Membrillo se caracteriza por su topografía variada, con colinas suaves y valles fértiles. La región tiene un clima tropical, con temperaturas cálidas durante todo el año y una temporada de lluvias que ayuda a mantener la vegetación verde y exuberante (Apolayo Flores, 2010).

La vegetación en Membrillo es típica de la región de Coclé, con una mezcla de bosques tropicales y áreas de cultivo. Puedes encontrar una variedad de árboles frutales, plantas medicinales y una rica biodiversidad de flora y fauna. La vegetación es vital para la economía local, ya que muchos habitantes dependen de la agricultura para su sustento (Lara, 2022).

En la comunidad de Membrillo, aproximadamente *70 familias* de las *150 que conforman la comunidad* se dedican a tallar la piedra de jabón. Este oficio ha sido una fuente importante de ingresos y ha permitido que muchos jóvenes asistan a la escuela y hasta a la universidad. Los escultores de ideas, como se les llama, trabajan en sus casas y en un taller en Membrillo, y llevan sus artesanías a los puestos de venta de los mercados y a ferias en todo el país, con lo cual obtienen buenas ventas porque los que las adquieren quedan maravillados por las creaciones que no tienen moldes, solo con la imaginación esculpen grandiosas figuras (Valdez, 2012).

La *piedra de jabón* es una roca volcánica única que se encuentra en la mina de Membrillo, en el corregimiento de Pajonal, Penonomé, provincia de Coclé. Esta piedra es conocida por su suavidad y facilidad para ser tallada, lo que la hace ideal para la creación de artesanías (Del Moral, 2022).

Los artesanos de Membrillo, como Román Chirú Valdés, han utilizado esta piedra desde hace generaciones para tallar figuras de animales y otros diseños. La piedra de jabón es un recurso valioso para la comunidad, no solo por su uso en la artesanía, sino también por su potencial turístico (Del Moral, 2022).

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se dio manipulación de la variable independiente, como tampoco se tienen grupos experimental y control para generar contraste. Por su tipo se define como transversal, ya que se realizó en un tiempo previamente definido, y descriptivo dado que presenta una explicación exacta del fenómeno estudiado.

- **Población:** La muestra estuvo conformada por 818 personas de la comunidad de Membrillo, de todas las edades, que se dedican a confeccionar artesanías con la piedra de jabón, los que hacen bisuterías y los que atienden a las personas que visitan la zona.
- **Sujetos:** artesanos que se dedican a tallar la piedra de jabón, a la bisutería y a atender a los turistas que visitan el área.
- **Muestra:** nuestro universo fue de 100 personas, entre ellos artesanos que se dedican a tallar la piedra de jabón, a la bisutería y a atender a los turistas que visitan el área de Membrillo.
- **Tipo de muestra seleccionada para definir el grupo de observación** fue intencional. Se utilizó el muestreo no probabilístico, ya que la selección de los individuos se hizo de forma directa y a conveniencia, dada que la población de artesanos, bisutereros y guías turísticos es limitada y no todas se mostraron anuentes a brindar la información requerida.

Instrumento: cuestionario con preguntas cerradas.

Técnica: la encuesta.

Materiales- equipos: computadora, impresora, celular, libreta de campo, bolígrafo, lápiz y hojas impresas con las respectivas preguntas.

Procedimiento:

Se realizó una revisión bibliográfica sobre la comunidad de Membrillo y la sostenibilidad ambiental de esa área, al estar en la subcuenca de río Zaratí, con el fin de obtener información sobre la zona; se llevó a cabo visitas de campo para obtener las coordenadas del área de estudio y la percepción de los artesanos, bisutereros y guías turísticos, mediante una encuesta, con preguntas cerradas; posteriormente se analizaron los datos y se presentaron los resultados, las conclusiones y las debidas recomendaciones basadas en el objetivo planteado.

Fase 1.

Se determinó el área de estudio y se ubicó los puntos para aplicar los instrumentos en la comunidad de Membrillo, corregimiento del Pajonal, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, república de Panamá.

Fase 2

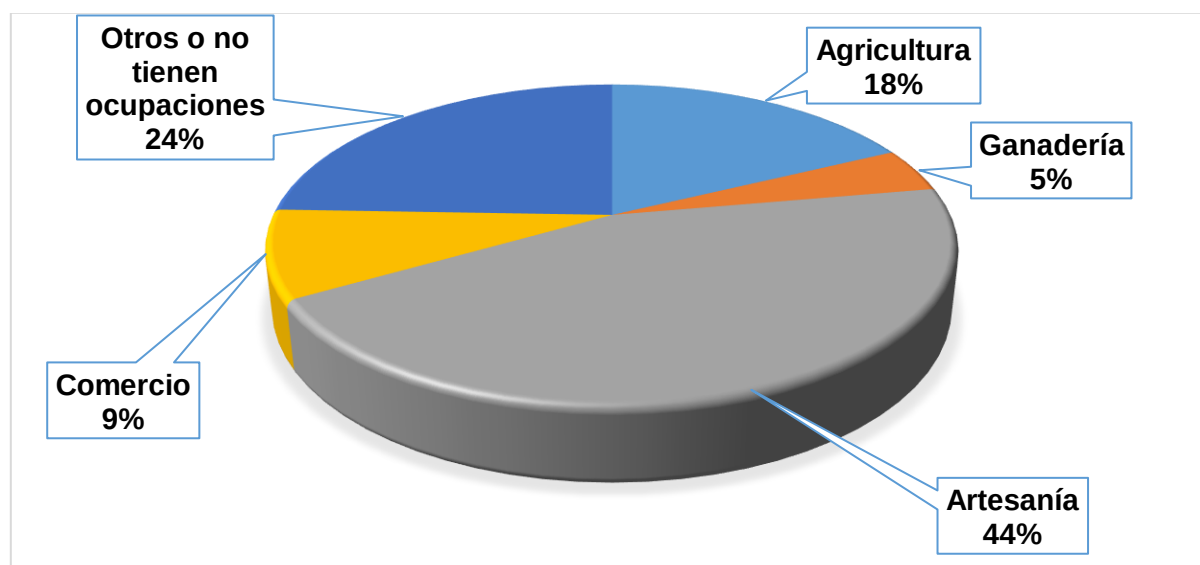
La duración del proyecto fue de 8 meses, los cuales fueron distribuidos en diferentes actividades, en las cuales se incluyó la observación directa, vínculos con la comunidad para establecer enlaces y conocer en campo las actividades que desarrollan en beneficio del ambiente y por último se les aplico la encuesta a los artesanos, bisutereros y guías turísticos de la zona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uso de recursos naturales:

Figura 7.

Ocupación principal de los pobladores de Membrillo.

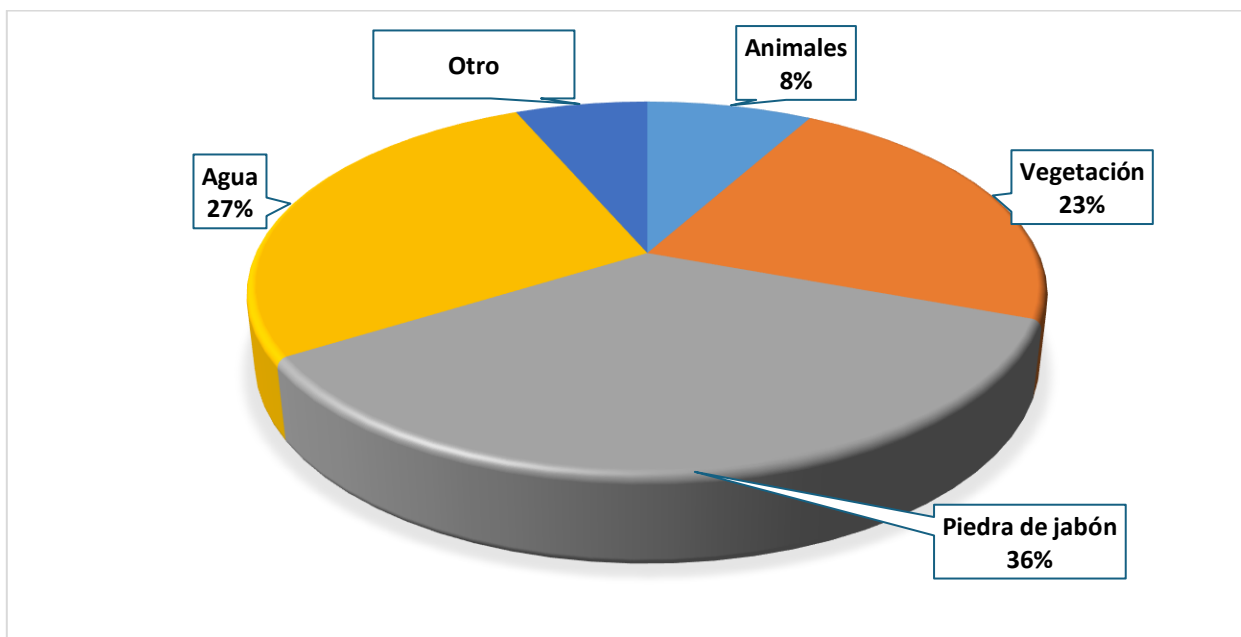


En cuanto la ocupación principal de los pobladores de Membrillo como se muestra en la figura 2. La fabricación de artesanías con la piedra de jabón o Belmont ocupa el primer lugar,

mientras que otras ocupaciones con 24 %, en segundo lugar y la agricultura en tercer lugar con 18 %

Figura 2.

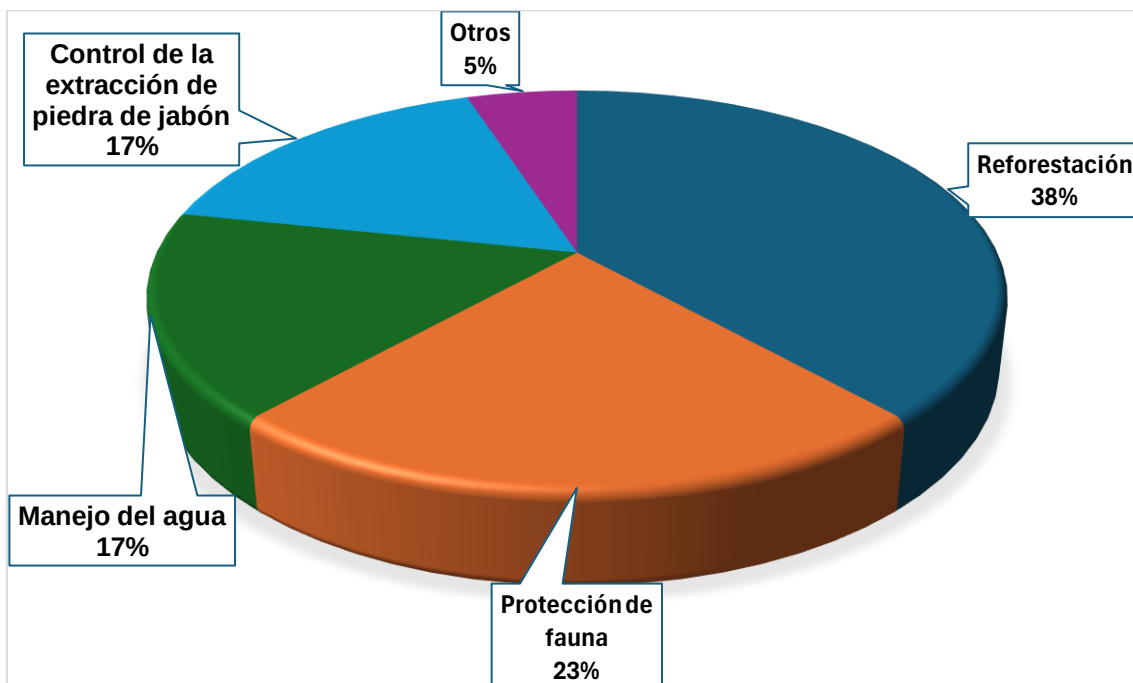
Recursos naturales de la subcuenca del Río Zaratí aprovecha usted o su familia para subsistir



Al preguntarles en la encuesta sobre los recursos naturales de la subcuenca del río Zaratí aprovecha usted o su familia para subsistir, el 36 % responde que la piedra de jabón o Belmont, seguidos del agua en un 27 %, ya que proviene de acueductos y en tercer lugar la vegetación con 23 % (ver figura 2)

Figura 3.

Acciones de restauración cree que sean más importantes para la subcuenca.



En cuanto a la figura 3, sobre acciones de restauración cree que sean más importantes para la subcuenca, la persona responde que la reforestación con un 38 %, seguido de la protección de la fauna con un 23 % y en tercer lugar con un 17 % el control en la extracción de la piedra de jabón y la gestión o manejo del agua

Conservación y restauración ecológica:

Tabla 1.

¿Cree que es necesario restaurar el ecosistema de la subcuenca del río Zaratí?

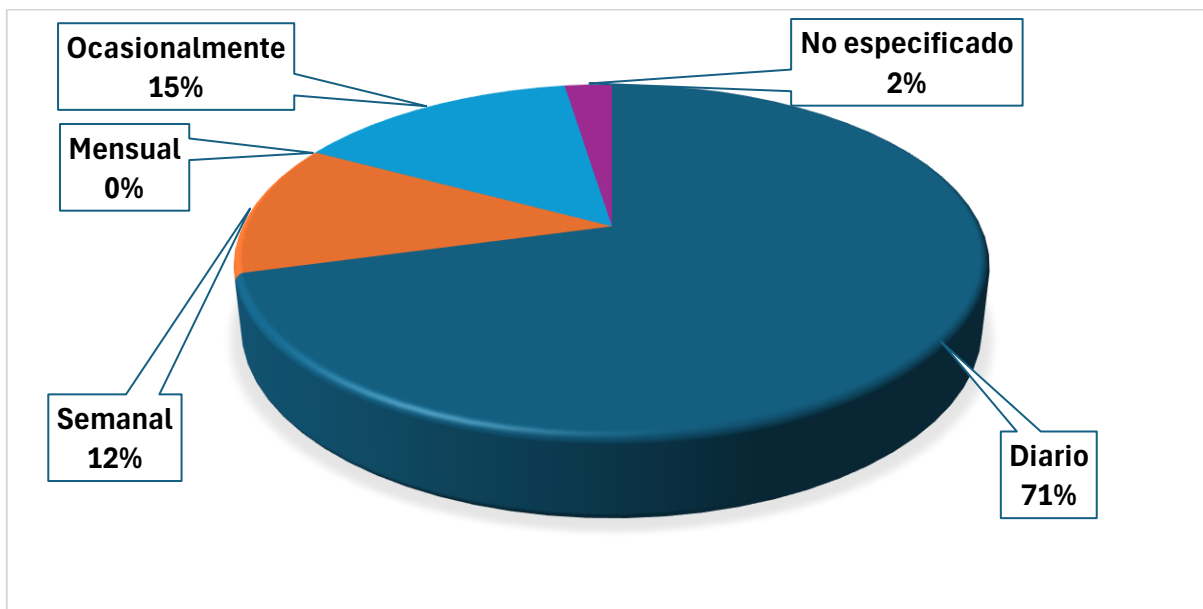
SI	100
NO	0

Fuente: Los autores.

Todos los encuestados creen que es necesario restaurar el ecosistema de la subcuenca del río Zaratí (ver tabla 1).

Figura 4.

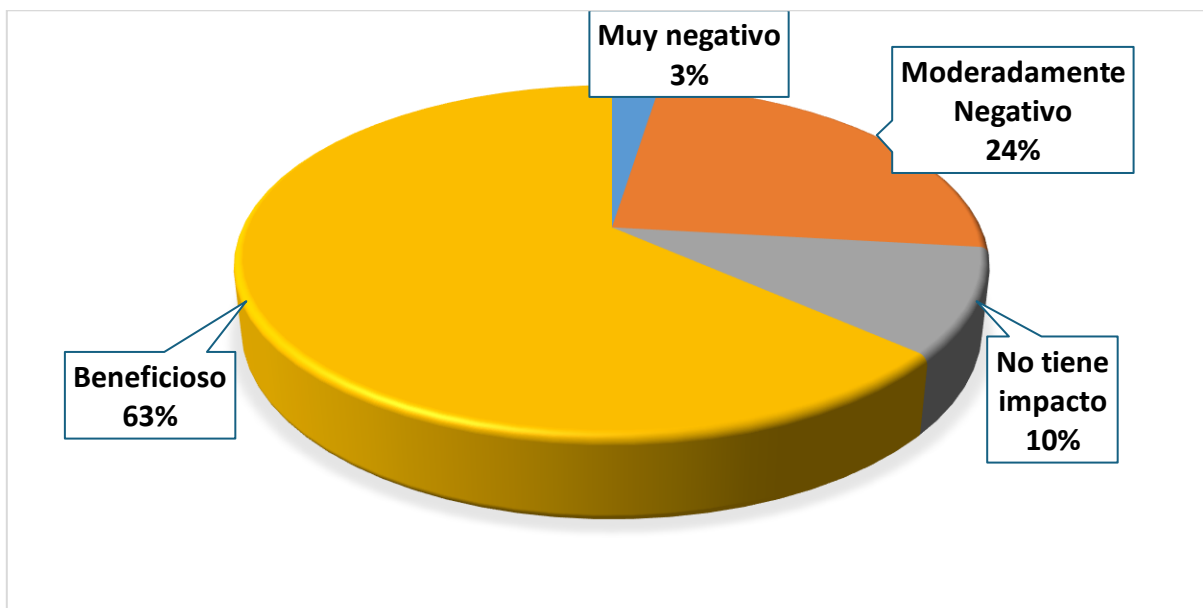
¿Con qué frecuencia utiliza estos recursos?



En cuanto a la pregunta ¿Con qué frecuencia utiliza estos recursos? el 71 % considera que, utilizan los recursos a diario, mientras que el 15 % ocasionalmente y el 12 % lo hacen semanalmente.

Figura 5

¿Qué impacto cree que tiene la extracción de estos recursos en el entorno natural?

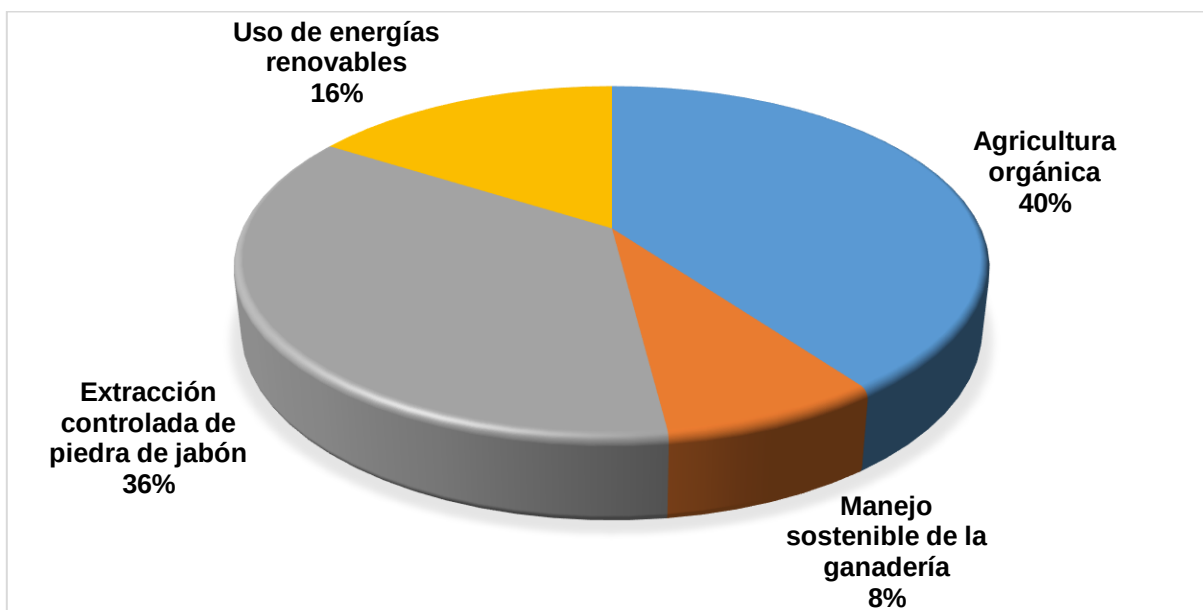


Cuando se les pregunto en la encuesta ¿Qué impacto cree que tiene la extracción de estos recursos en el entorno natural? El 63 % responde que beneficioso, el 24 % que moderadamente negativo y el 10 % que no tiene ningún tipo de impacto., solo el 3 % considera que es muy negativo.

Desarrollo Sostenible:

Figura 6.

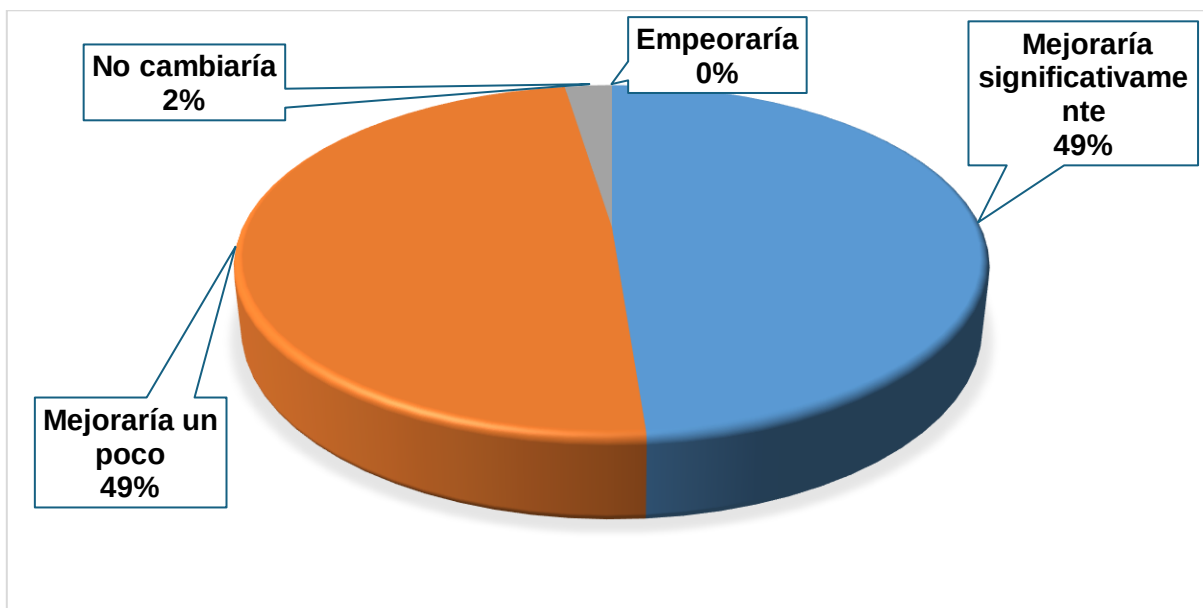
¿Qué prácticas sostenibles cree que se podrían implementar para aprovechar mejor los recursos naturales?



Quando se les pregunta a los encuestados sobre *¿Qué prácticas sostenibles cree que se podrían implementar para aprovechar mejor los recursos naturales?*, ellos responden con 40 % que la agricultura orgánica en segundo lugar con 36 % la extracción de piedra de jabón y en tercer lugar el uso de energías renovables con un 16 %.

Figura 7.

¿Cómo afectaría un modelo de desarrollo sostenible en su calidad de vida?



Al preguntarles a los encuestados sobre ¿Cómo afectaría un modelo de desarrollo sostenible en su calidad de vida? Ellos respondieron con un 49% que mejoría significativamente y mejoraría un poco las dos respuestas en primer lugar.

Participación Comunitaria:

Tabla 2.

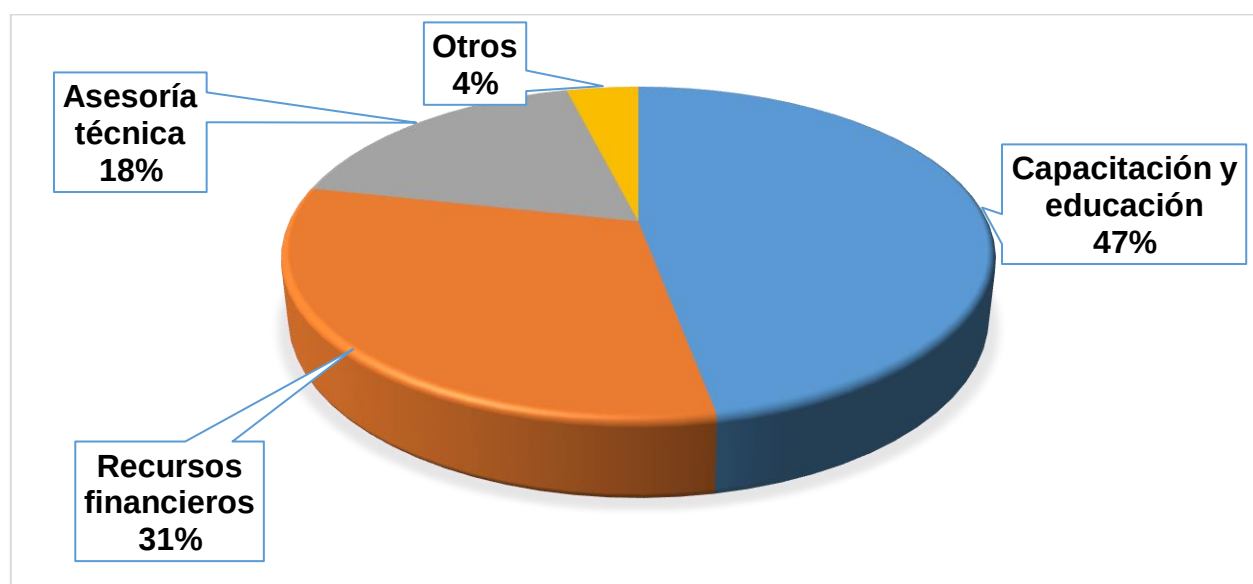
¿Considera que la comunidad de Membrillo está dispuesta a trabajar en conjunto por la restauración y desarrollo sostenible de la subcuenca del río Zaratí?

SI	90
NO	0
TAL VEZ	10

Ante la pregunta de la (tabla 2) ¿Considera que la comunidad de Membrillo está dispuesta a trabajar en conjunto por la restauración y desarrollo sostenible de la subcuenca del río Zaratí? El 90 % considera que si lo puede hacer y el 10 % que tal vez

Figura 8.

¿Qué tipo de apoyo necesitaría la comunidad para avanzar hacia un desarrollo sostenible?



Cuando se les pregunta a las personas sobre ¿Qué tipo de apoyo necesitaría la comunidad para avanzar hacia un desarrollo sostenible? El 47 % coincide que capacitación y educación, el 31 % recursos financieros y un 18 % asesoría técnica.

El uso sostenible de los recursos naturales implica un enfoque que tiene como objetivo asegurar la disponibilidad continua de estos recursos a lo largo del tiempo, sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. Este principio está integrado en el concepto de desarrollo sostenible, que destaca la importancia de equilibrar el crecimiento económico y el bienestar social con la conservación del medio ambiente (Sánchez & Simbaña, 2018)

La ocupación principal de los pobladores de Membrillo, donde el 44 % trabaja la piedra de jabón, (ver figura 2) es un reflejo de la rica tradición artesanal que caracteriza a esta comunidad. La piedra de jabón, conocida también como Belmont, es un material volcánico fácil de tallar, lo que permite a los artesanos crear una variedad de esculturas que van desde figuras de animales hasta objetos decorativos (Espino, R., 1996). Esta actividad no solo proporciona un sustento económico vital para muchas familias, sino que también actúa como un medio para preservar y transmitir técnicas ancestrales de trabajo manual. La producción de estas artesanías ha fomentado el turismo en la región, atrayendo visitantes interesados en adquirir piezas únicas y auténticas (Destro et al., 2022). Además, la comunidad se ha organizado en cooperativas para mejorar la comercialización de sus productos, lo que ha permitido a los artesanos competir en mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, la competencia con artesanías extranjeras ha planteado desafíos, impulsando a los artesanos a innovar y mejorar la calidad de sus creaciones (Hidalgo, 2022). En autor continúa comentando que la labor con piedra de jabón no solo representa una fuente de ingresos, sino también un vínculo profundo con la identidad cultural y el patrimonio local.

La comunidad ha identificado la reforestación como la acción más relevante para la restauración de la subcuenca con un 38% de apoyo (Ver figura 3). Este dato refleja la conciencia de la población sobre el papel esencial que desempeñan los árboles en la regulación del ecosistema y en la protección de los recursos hídricos. Además, se mencionaron otras acciones como la protección de la fauna y el control en la extracción de piedra de jabón, lo que subraya la diversidad de enfoques en las estrategias de conservación. En base a este resultado se referencia lo que evidencio Restrepo et. al., (2023), en un estudio de Cambrige University sobre acción climática participativa basada en la comunidad, en donde los autores sustentan que el empoderamiento comunitario que promueven la sostenibilidad y la resiliencia, abordando necesidades como la capacitación, el acceso a servicios y la participación colectiva en la toma de decisiones son fundamentales para crear un cambio sostenible al aprovechar el conocimiento local y fomentar la autogestión de recursos naturales, lo cual es esencial para las comunidades que dependen de estos recursos

y de esta manera crear oportunidades de resiliencia y adaptación al cambio climático desde las comunidades.

Un 71% de los encuestados utiliza los recursos naturales de la subcuenca diariamente (ver figura 4), lo que resalta una alta dependencia de estos recursos en sus actividades económicas y cotidianas. Esto enfatiza la urgencia de implementar prácticas sostenibles para garantizar la disponibilidad de estos recursos a largo plazo. Este dato contrasta con lo sustentado por Restrepo et al., (2023) quien indica que es fundamental para profundizar la participación de las comunidades en el desarrollo de resiliencia climática, incluyendo la visualización de escenarios futuros y la incorporación de presupuestos participativos. Estas estrategias fortalecen el papel activo de la comunidad en la adaptación climática y en la toma de decisiones sobre su entorno. Además, una investigación de Sánchez & Simbaña (2018) indican que la conservación de los recursos naturales es un proceso social que ha sufrido adaptaciones y cambios con el pasar de los años. Los geoparques forman parte de este proceso que busca un manejo holístico, vinculante y participativo. Por lo tanto, existen las herramientas apropiadas que pueden ser empleadas como instrumentos para viabilizar la generación de geoparques regionales, que además permitan una gestión efectiva de los geositos.

Curiosamente, el 63% de los encuestados percibe la extracción de recursos como beneficiosa, mientras que solo un 3% considera que tiene un impacto muy negativo en el entorno (Ver figura 5). Este resultado podría sugerir una falta de percepción completa sobre los efectos negativos a largo plazo de la extracción sin control, destacando la necesidad de mayor educación ambiental, ya que como es una comunidad pobre ven un beneficio económico en las artesanías de la piedra de jabón eclipsando los efectos negativos al ambiente al extraer ese material del suelo. Este punto de vista de la comunidad contrasta directamente con la necesidad de crear un modelo de extracción sostenible que pueda garantizar el desarrollo socioeconómico del sitio sin afectar el medio natural, lo que contrasta directamente con lo mencionado en la investigación de Sánchez & Simbaña (2018) sobre la creación de geositos para el manejo sostenible de los recursos geológicos. Por otro lado, Gómez (2019) indica que la educación ambiental tiene un enfoque que integra valores de diversas corrientes de

educación ambiental, incluyendo el respeto hacia los seres sintientes y la conservación del medio ambiente, alineándose con perspectivas antropocéntricas, zoocéntricas, biocéntricas y ecocéntricas. Estos componentes fomentan una transformación ética multidimensional que, junto al desarrollo humano y social, promueve un profundo respeto por el entorno natural del que todos somos parte. Y se contrasta con la necesidad de que las personas de la comunidad que tienen una conciencia limitada sobre los efectos negativos potenciales, sugiriendo la necesidad de fortalecer la educación ambiental. La extracción de recursos puede percibirse como beneficiosa por su aporte económico inmediato, pero su efecto a largo plazo sobre el ecosistema no es totalmente considerado.

La comunidad muestra una inclinación hacia prácticas sostenibles, siendo la agricultura orgánica 40% y la extracción controlada de piedra de jabón 36% las opciones más apoyadas (Ver figura 6). Esto indica una voluntad de adoptar métodos que minimicen el impacto ambiental, aunque el uso de energías renovables, mencionado por el 16%, aún tiene un nivel de aceptación menor. Este resultado contrasta con la necesidad de implementar la educación ambiental en la comunidad como lo dice Gómez (2019) para integrar valores para el proceso de cuidado y conservación de los recursos ambientales. Por otro lado, López García (2014) enfatiza que las metodologías participativas son fundamentales para involucrar a las comunidades locales en el diseño y ejecución de prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica y el manejo controlado de recursos. Este enfoque promueve una participación activa de la comunidad, asegurando que las decisiones sobre el manejo de los recursos naturales reflejen sus prioridades y conocimientos.

Alrededor del 49% de los encuestados cree que un modelo de desarrollo sostenible mejoraría significativamente su calidad de vida (Ver figura 7). Esto sugiere una conciencia sobre los beneficios potenciales de la sostenibilidad, no solo en términos ambientales, sino también de bienestar económico y social. Lo que se asemeja con lo sustentado por López García (2014) donde indica que la adaptación de prácticas a las condiciones ambientales y socioeconómicas específicas de cada comunidad incrementa la eficacia y aceptación en donde la educación ambiental juega un papel crucial en este proceso al aumentar la conciencia sobre los beneficios de estas prácticas sostenibles. Por su parte Gómez & Barthón (2013) indican que

los modelos de desarrollo sostenible pueden mejorar la calidad de vida en las comunidades al centrarse en la conservación de servicios ecosistémicos clave. La conservación de estos servicios es esencial no solo para la salud del medio ambiente, sino también para el bienestar humano y la prosperidad económica.

La capacitación y educación son las necesidades de apoyo más destacadas (47%), seguidas por recursos financieros y asesoría técnica (Ver figura 8). Esto demuestra que la comunidad reconoce la importancia de desarrollar habilidades y conocimientos para implementar prácticas sostenibles, pero también necesita apoyo económico y técnico para hacer viables sus esfuerzos. Como indica González & Martínez (2019) indican que la metodología Agenda 21 no solo permitiría el empoderamiento y la formación de los habitantes, sino que también podría transformar su participación en un motor de cambio efectivo, alineando las demandas locales de capacitación con un proceso participativo integral. Esto se relaciona directamente con las experiencias de otras implementaciones de la Agenda 21, en las que la participación ciudadana se tornó en una simple formalidad o complemento de la labor técnica, en lugar de un eje transformador como se buscaba originalmente. Lo que contrasta directamente con los resultados de la Figura 8 del estudio en la comunidad de Membrillo estos datos sugieren que, si bien la comunidad muestra disposición para un desarrollo sostenible, requiere de un enfoque educativo y formativo que fortalezca sus capacidades, una necesidad fundamental para involucrarse activamente en la sostenibilidad.

CONCLUSIONES

La principal ocupación es la fabricación de artesanías con piedra de jabón, indicando una fuerte dependencia de los recursos naturales. El 36% de los encuestados utiliza piedra de jabón, seguido por agua (27%) y vegetación (23%). Un 71% usa estos recursos diariamente. Todos los encuestados consideran necesaria la restauración del ecosistema del río Zaratí, con un enfoque en la reforestación y la protección de la fauna.

Se proponen prácticas como la agricultura orgánica y un manejo responsable de la extracción de piedra de jabón para mejorar el uso de recursos.

El 49% cree que un modelo sostenible podría mejorar significativamente su calidad de vida.

Un 90% está dispuesto a colaborar en iniciativas de restauración y desarrollo sostenible.

La capacitación y educación son vistas como esenciales para avanzar hacia un desarrollo sostenible, junto con recursos financieros y asesoría técnica.

El estudio revela una comunidad consciente de su dependencia de los recursos naturales y comprometida con su conservación y uso sostenible. Las respuestas indican un deseo colectivo por mejorar las condiciones ambientales y sociales a través de prácticas sostenibles y colaboración comunitaria.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la comunidad de Membrillo por permitirme realizar las encuestas en su localidad. Su apertura y disposición para participar han sido fundamentales para el éxito de este proyecto. De igual manera, a los estudiantes de Biología Ambiental de IV año del Centro Regional Universitario de Azuero por su valiosa participación en la aplicación de las encuestas, ya que su compromiso y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apolayo Flores, D. (2010). La Cumbia Pajonaleña o Cumbia del Norte de Coclé como Identidad Cultural de la Región, 1950-2009. In *Maestría en Historia de Panamá: Período Republicano*. Universidad de Panamá. Pág. 4
<https://core.ac.uk/download/pdf/228854325.pdf>
- Da Costa Silva, G. (2011). Assessing environmental justice of community-based watershed management: a tool to build adaptive capacity in Latin America? *Local Environment*, 16(5), 445-460. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.565467>
- Delgado-Serrano, M., E. Oteros-Rozas, P. Vanwildemeersch, C. Ortíz Guerrero, S. London y R. Escalante. 2015. Percepciones locales sobre dinámicas socioecológicas en América Latina en tres sistemas comunitarios de manejo de recursos naturales. *Ecología y Sociedad* 20(4):24.
<http://dx.doi.org/10.5751/ES-07965-200424>
- Del Moral, T. (2022). Piedra jabón de Pajonal, una roca única. www.laestrella.com.pa.
<https://www.laestrella.com.pa/vida-y-cultura/ciencia/piedra-jabon-pajonal-roca-unica-FKLE473336>
- Destro, T., Martinez, E., Rodríguez, R., & Sandoval, H. (2022). Proyecto GEOPARQUE puente de las Américas, Plan Maestro 2020-2021. Pág. 71
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10040812>

- Dupuits, E., Baud, M., Boelens, R., De Castro, F., & Hogenboom, B. (2020). Scaling up but losing out? Water commons' dilemmas between transnational movements and grassroots struggles in Latin America. *Ecological Economics*, 172, 106625. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106625>
- Espino, R. (1996). Artesanías de Panamá. http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1408/1/Artesan%C3%ADAs%20de%20Panam%C3%A1_1_Beleida%20Espino%20R..pdf
- Fábrega D., J.R., Muñoz U., M., Salceda G., M., Saavedra, S., & Noel A., J.O. 2021. Sistema de Información Científica de la UTP - Estudio hidrogeológico y pedológico de la subcuenca del río Zaratí. <http://www.investigadores.utp.ac.pa/proyectos/636>
- Gaceta Oficial República de Panamá, N°28131-A, del martes 4 de octubre de 2016, que establece el Texto Único de la Ley General de Ambiente de la República de Panamá, que comprende las reformas aprobadas por la Ley 18 de 2003, la Ley 44 de 2006, la Ley 65 de 2010 y la Ley 8 de 2015. Gaceta Oficial. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28131_A/GacetaNo_28131a_20161004.pdf
- Gómez Galán, J. (2019). Perspectiva social y globalizadora de la educación ambiental: transformación ética y nuevos retos. *Andamios*, 16(40), 99-120. <https://doi.org/10.29092/uacm.v16i40.708>
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- González, J. A., & Martínez, A. (2019). Metodologías participativas para la planificación de la sostenibilidad ambiental local. El caso de la Agenda 21. *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 44, 109-133. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/2971/297167928005/html/>
- Hidalgo Viscarra, R. D. (2022). Incidencia de la normativa en el impulso al sector real de la economía popular y solidaria: El caso de las cooperativas no financieras (Master's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica). <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/5940>
- Lara, K. E. (2022). Membrillo, entre la piedra de jabón y aguas termales. Panamá América, Panamá. <https://www.panamaamerica.com.pa/sociedad/membrillo-entre-la-piedra-de-jabon-y-aguas-termales-1213981>
- Lara, D. M., Valle, A. B., & Hernández, R. J. R. (2023). Educación y Sustentabilidad: Hacia un futuro sostenible: Education and Sustainability: Towards a Sustainable Future. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(6), 50-60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9586691>
- López García, D. (2014). Metodologías participativas, agroecología y sostenibilidad rural. *Centro Nacional de Educación Ambiental*. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/articulos-de-opinion/2014-07-08-daniel-lopez_tcm30-163552.pdf

- Miller, N. (2008). Water for people promoting environmental stewardship in Guatemala. *Journal-American Water Works Association*, 100(11), 32-35.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106625>
- Morán, A. A. V. (2023). Estrategias para la conservación de los ecosistemas fundamentadas en prácticas ancestrales de comunidades indígenas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 8135-8148.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.5947
- Ortíz Escobar, Y. M., & Villalba Yate, M. A. (2008). Plan de manejo participativo para los relictos de bosque alto San Isidro y La Palma en el Corregimiento de San Isidro, Municipio de Acevedo–Huila. <https://hdl.handle.net/11059/862>
- Quintero, G. M. (2011). Un Modelo de Gestión para el Manejo Integrado de la Subcuenca del Río Zaratí en las comunidades de Oajaca y Guabal en Panamá. *Panamá: UNCR*.
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/articulo_Genoveva.pdf
- Restrepo-Mieth, A., Perry, J., Garnick, J. & Weisberg, M. (2023). Acción climática participativa comunitaria. *Global Sustainability*, 6, e14. doi:10.1017/sus.2023.12
<https://www.cambridge.org/core/journals/global-sustainability/article/communitybased-participatory-climate-action/8EAC9C7F3FC0EF97BEA3572E5D1B868B>
- Sánchez-Cortez, J. L., & Simbaña-Tasiguano, M. (2018). Los geoparques y su implantación en América Latina Geoparks and their implantation in Latin America. *Estudios geográficos*, 79(285), 445-467.
<https://www.torrossa.com/en/resources/an/4444008#page=150>
- Satellites Pro. (2025). *Google Map: Membrillo, Coclé, Panamá*. Recuperado el 8 de abril de 2025.
https://satellites.pro/Google/Membrillo_map.Cocle_region.Panama
- Valdez, E. (2012). Famosa piedra de jabón. *Diario La Crítica*, Panamá.
<https://www.critica.com.pa/la-voz-del-interior/famosa-piedra-de-jabon-214940>

Estudio del recurso polinífero utilizado por *Apis mellifera* l. en un apiario en el Distrito de Chagres, Colón, Panamá, 2024

Study of the pollinal resource used by *Apis mellifera* l. in an apiary in the District of Chagres, Colón, Panamá, 2024

Angie Barría Camarena

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

angievic25@gmail.com <https://orcid.org/0009-0006-9216-8071>

Augusto Rodríguez Meletz

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

augustorodriguez077@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-9726-9950>

José Aguilar Llerena

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

betacaroteno_22@yahoo.es <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

*Autor de correspondencia: betacaroteno_22@yahoo.es

Recepción: 17 de enero de 2025

Aprobación: 29 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6771>

Resumen

Esta investigación se fundamenta en un análisis de especies florales presente en muestras de polen, colectadas por la especie *Apis mellifera* en un apiario en la provincia de Colón, Panamá. Nuestra investigación busca determinar el índice de biodiversidad floral que se encuentran en los meses de febrero y abril, por medio de la identificación de polen recolectado por *Apis mellifera*. Para el estudio, se efectuó la colecta de polen mediante trampas plásticas de polen, las cuales fueron implementadas en 4 colmenas estables del apiario. Las muestras de polen fueron almacenadas en envases herméticos, sin una temperatura específica para ser analizadas posteriormente en el laboratorio a través de un microscopio óptico. Se identificaron alrededor de 31 especies florales distribuidas en 18 familias. Las familias con mayor representación fueron Fabaceae, con 5 especies; Asteraceae, con 3 especies; y Anacardiaceae, Cannabaceae, Cunoniaceae, Euphorbiaceae, Gentianaceae,

Oleaceae y Rubiaceae, cada una con 2 especies. A pesar de que el mes de abril tiene un mayor número de especies (13 frente a 10 en febrero), la ligera disminución en el índice de Simpson (de 0.9524 a 0.9474) sugiere que, a pesar del aumento en el número de especies, la comunidad sigue presentando una alta homogeneidad en términos de abundancia relativa entre las especies.

Palabras clave: biodiversidad, flora, índice de Simpson

Abstract

This research is based on an analysis of floral species present in pollen samples collected by the species *Apis mellifera* in an apiary in the province of Colón, Panama. Our research seeks to determine the floral biodiversity index found in the months of February and April through the identification of pollen collected by *Apis mellifera*. For the study, pollen was collected using plastic pollen traps, which were implemented in 4 stable hives of the apiary. The pollen samples were stored in airtight containers, without a specific temperature, to be analyzed later in the laboratory using an optical microscope. Approximately 31 floral species distributed across 18 families were identified. The families with the highest representation were Fabaceae, with 5 species; Asteraceae, with 3 species; and Anacardiaceae, Cannabaceae, Cunoniaceae, Euphorbiaceae, Gentianaceae, Oleaceae, and Rubiaceae, each with 2 species. Although April has a higher number of species (13 compared to 10 in February), the slight decrease in the Simpson index (from 0.9524 to 0.9474) suggests that despite the increase in the number of species, the community still exhibits high homogeneity in terms of relative abundance among the species.

Keywords: biodiversity, flora, Simpson index

INTRODUCCIÓN

Generalmente, la familia *Apidos*, posee una estricta relación con la flora natural, debido a que la misma, es su principal fuente de alimentos. Para conocer con más profundidad la estricta relación entre ambos, existe una gran variedad de estudios, dentro de ellos está el estudio palinológico, el cual, se encarga de analizar el polen, esporas, dinoflagelados y

cualquier palinomorfo, ya sea actual o fosilizado. De este modo, una de las especies más involucradas con el polen y estudiada por el ser humano es *Apis mellifera* (Frankie et al., 1997).

La palinología es un término que se introdujo en la literatura desde 1944 por los investigadores H.A Hyde y D.A. WILLIAMS de origen británico (Mostny, 1967). Esta rama de las ciencias, estudia los aspectos de los granos de polen y esporas vegetales con la finalidad de conocer y estudiar la flora de diferentes regiones. Por otra parte, la biodiversidad de especies florales alrededor de un apiario es importante ya que permite a *Apis mellifera*, obtener los recursos necesarios para su supervivencia (Cortapassi-Laurino & Ramalho, 1988; Gordón et al., 2002). Del mismo modo, *Apis mellifera* contribuye mediante la polinización a salvaguardar la biodiversidad de los ecosistemas y a mantener su equilibrio (Mungsan, 2018).

El análisis palinológico es importante para la taxonomía, ya que permite mantener un control sobre la calidad de los productos de *Apis mellifera* a partir de las especies florales. Además, permite expandir el conocimiento sobre la utilización de los recursos florales durante su tiempo de producción y cosecha y de esta manera, contribuir a la sostenibilidad de la especie en el medio ambiente (De Novais et al., 2010; Ramírez-Arriaga et al., 2016; Alaniz-Gutiérrez et al., 2017).

En este sentido, este estudio conlleva un análisis palinológico basado en el reconocimiento morfológico del contenido de polen colectado por *Apis mellifera* en la provincia de Colón, Panamá. Este análisis permite un mejor desarrollo a nivel taxonómico del polen para determinar la diversidad de la flora procedente de *Apis mellifera*. *Apis mellifera*, posee funciones fundamentales para mantener un ecosistema sustentable, por ejemplo, cumple la función de polinizar plantas, tanto de ecosistemas naturales como manejados por la agricultura, trabajar para lograr contribuir a la sostenibilidad y conservación de su colonia y producir miel contribuyendo así a la producción de fuentes alimenticias. Sin embargo, existen varios casos en donde la sostenibilidad de la especie no puede mantenerse (Pérez, 2019).

Varios de ellos se presentan en apiarios de mi comunidad, en vista de que muchos agricultores practican una apicultura empírica y, en cierta medida, esto afecta a la especie debido a que desconocen del manejo de esta ciencia. Consecuentemente, uno de los factores que también influye en la sostenibilidad y conservación de la especie, es la fuente de recursos que dicha especie tenga a disposición. Es por ello, que esta investigación está basada en la rama de la apicultura desde el punto de vista palinológico para así determinar la biodiversidad de especies florales que existe en polen colectado por *Apis mellifera* en un apiario en la provincia de Colón durante los meses de febrero y abril de 2024. Contribuyendo así al mejor aprovechamiento de la flora disponible en los trópicos para esta particular especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en un apiario ubicado en el corregimiento El Guabo en las coordenadas (N 09°05'20.94" O 80°04'55.41"), perteneciente al distrito de Chagres, provincia de Colón, en los meses de febrero y abril de 2024.

En el apiario se determinaron las colmenas sanas y estables para el estudio. Antes de colocar las trampas de polen, las colmenas fueron evaluadas por un apicultor para revisar la presencia y estado de la abeja reina, se observa la presencia de huevos y larvas jóvenes, ya que, son un indicativo de que la colmena mantiene una reina funcional y trabajando. Además, las pequeñas reservas de miel y polen para determinar si la colmena se vería afectada por una ligera ausencia de polen. Un día previo para la recolección del contenido polínico se instalaron trampas de piqueras de plástico en cada una de las colmenas para bloquear la entrada de la colmena, permitiendo a las abejas ingresar por una pequeña rejilla que brinda un mejor depósito del polen antes de entrar a las cajas. Las trampas se instalaron en horario matutino, debido al patrón de actividad que mantiene *Apis mellifera*, puesto que conforme transcurre el día su actividad se ve influenciada gradualmente por factores ambientales y externos (Figura 1). Se utilizaron 4 colmenas fuertes y sanas para mantener los principios éticos de la investigación reduciendo la ausencia de polen por un periodo de tiempo no generara inconvenientes en la salud y producción de la colmena. Las muestras de polen

fueron depositadas en envases herméticos debidamente rotulados y luego fueron colocadas en un refrigerador.

La identificación morfológica de las muestras se hizo mediante el uso de un microscopio óptico, fotografías y claves ilustradas del contenido polínico colectado por *Apis mellifera*. La riqueza polínica de cada mes se estableció utilizando el índice de Simpson (Moreno, 2001), y para comparar ambos periodos de estudio, se realizó un análisis estadístico a través de la prueba de Shapiro Wilk, prueba F y prueba t de Student ($\alpha = 0.05$) para muestras pareadas usando el programa PAST versión 4.15.

Figura 1.

Inspección de las colmenas y recolección de las muestras de polen.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron un total de 31 especies vegetales distribuidas en 18 familias. Las familias con mayor representación fueron Fabaceae, con 5 especies; Asteraceae, con 3 especies; y Anacardiaceae, Cannabaceae, Cunoniaceae, Euphorbiaceae, Gentianaceae, Oleaceae y Rubiaceae, cada una con 2 especies. (Tabla 1).

Tabla 1.

Clasificación de las especies identificadas en el contenido polínico y sus familias pertenecientes.

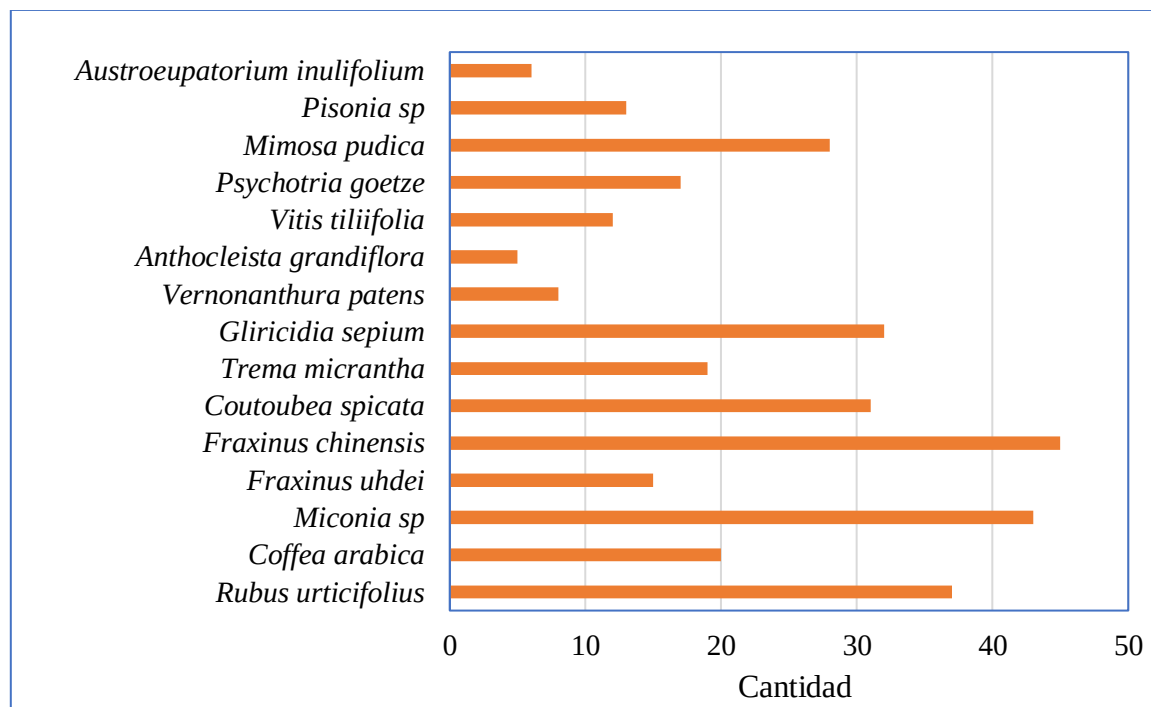
FEBRERO		
Familia	Nombre científico	Nombre común
Asteraceae	<i>Vernonanthura patens</i>	Lengua de buey
	<i>Austroeupatorium inulifolium</i>	Salvia amarga
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Jordancillo
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Balo, mata ratón
	<i>Mimosa pudica</i>	Dormilona
Gentianaceae	<i>Coutoubea spicata</i>	
	<i>Anthocleista grandiflora</i>	
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	Hoja de lanza
Nyctaginaceae	<i>Pisonia sp.</i>	
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno Madre de agua
	<i>Fraxinus chinensis</i>	Fresno de China
Rosaceae	<i>Rubus urticifolius</i>	Frambuesa
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	Café
	<i>Psychotria goetze</i>	
Vitaceae	<i>Vitis tiliifolia</i>	Bejuco de agua
ABRIL		
Familia	Nombre científico	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Hobo, Jobo
	<i>Anacardium excelsum</i>	Árbol espave
Arecaceae	<i>Dictyocaryum lamarckianum</i>	barrigona blanca
	<i>Tithonia tubaeformis</i>	Margarita
Cannabaceae	<i>Celtis sp.</i>	
Cunoniaceae	<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato
	<i>Weinmannia pinnata</i>	Encenillo
Euphorbiaceae	<i>Croton macrostachyus</i>	Croton

	<i>Croton hirtus</i>	<i>Croton</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Inga oerstediana</i>	<i>Guaba</i>
	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Planta mata ratón</i>
	<i>Platymiscium pinnatum</i>	<i>Guayacán trébol</i>
	<i>Mimosa albida</i>	<i>Dormilona grande</i>
<i>Malvaceae</i>	<i>Heliocarpus americanus</i>	<i>majagua</i>
<i>Melastomataceae</i>	<i>Miconia sp.</i>	<i>Hoja de lanza</i>
<i>Moraceae</i>	<i>Poulsenia armata</i>	<i>Damagua</i>
<i>Oleaceae</i>	<i>Fraxinus chinensis</i>	<i>Fresno de China</i>
<i>Sapindaceae</i>	<i>Paullinia pinnata</i>	<i>Bejuco de costilla</i>
<i>Urticaceae</i>	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Guarumo</i>

De acuerdo resultados podemos destacar que la especies con mayor abundancia (Figura 2) identificadas en el contenido polínico colectado por *Apis mellifera* en el mes de febrero, fueron las siguientes: *Fraxinus chinensis*, *Miconia sp*, *Rubus urticifolius*, *Gliricidia sepium*, *Coutoubea spicata* y *Mimosa púdica*. Provenientes de las familias Oleaceae, Melastomataceae, Rosaceae, Fabaceae y Gentianaceae.

Figura 2.

Especies florales encontradas en el contenido polínico recolectado en el mes de febrero.

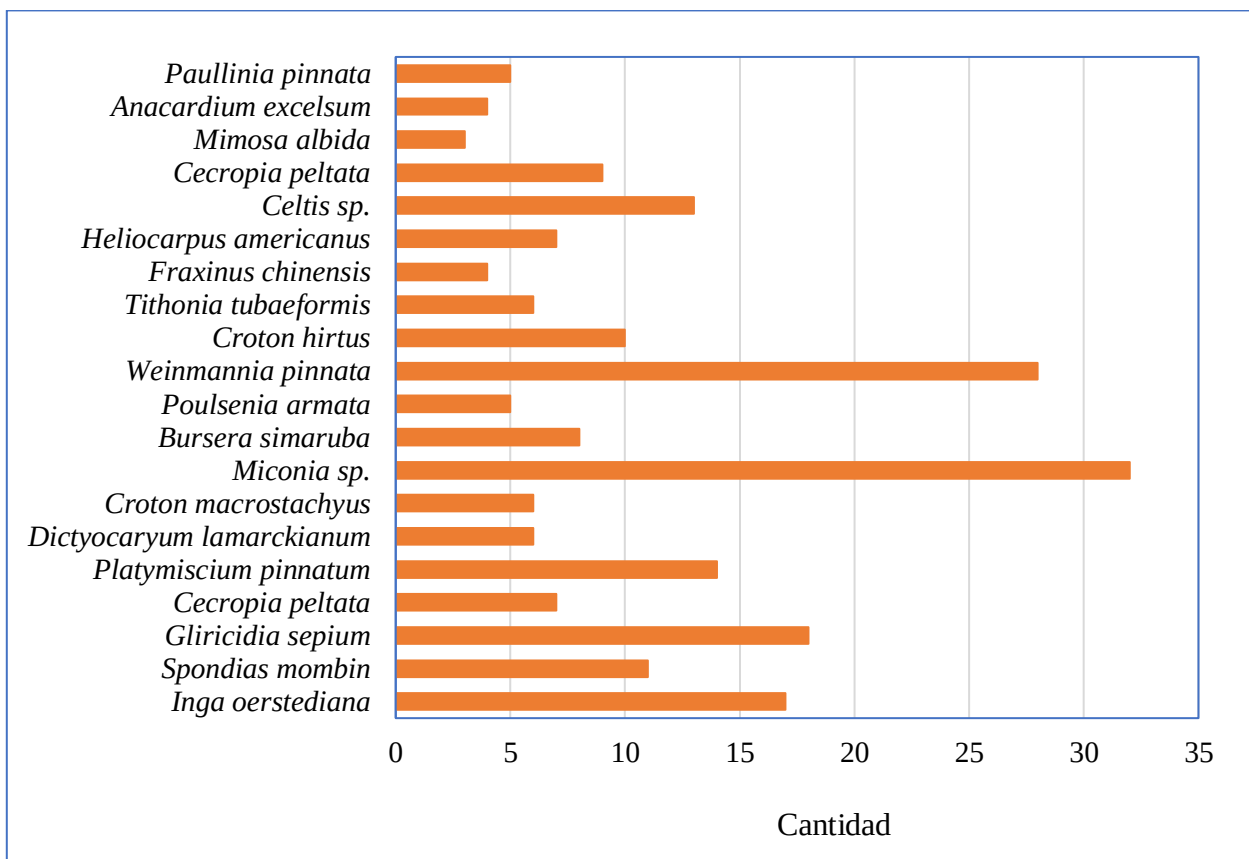


Nota: Conteo de las especies encontradas en el contenido polínico del mes de febrero

En el mes de abril las especies más abundantes en el contenido polínico fueron: *Miconia sp*, *Weinmannia pinnata*, *Gliricidia sepium*, *Inga oerstediana*, *Celtis sp.*, (Figura 3). Las cuales son pertenecientes a las familias: Melastomataceae, Cunoniaceae, Fabaceae, Cannabaceae. Siendo *Miconia sp.* de la familia *Melastomataceae* la más visitada en el mes de abril.

Figura 3.

Especies florales encontradas en el contenido polínico recolectado en el mes de abril.



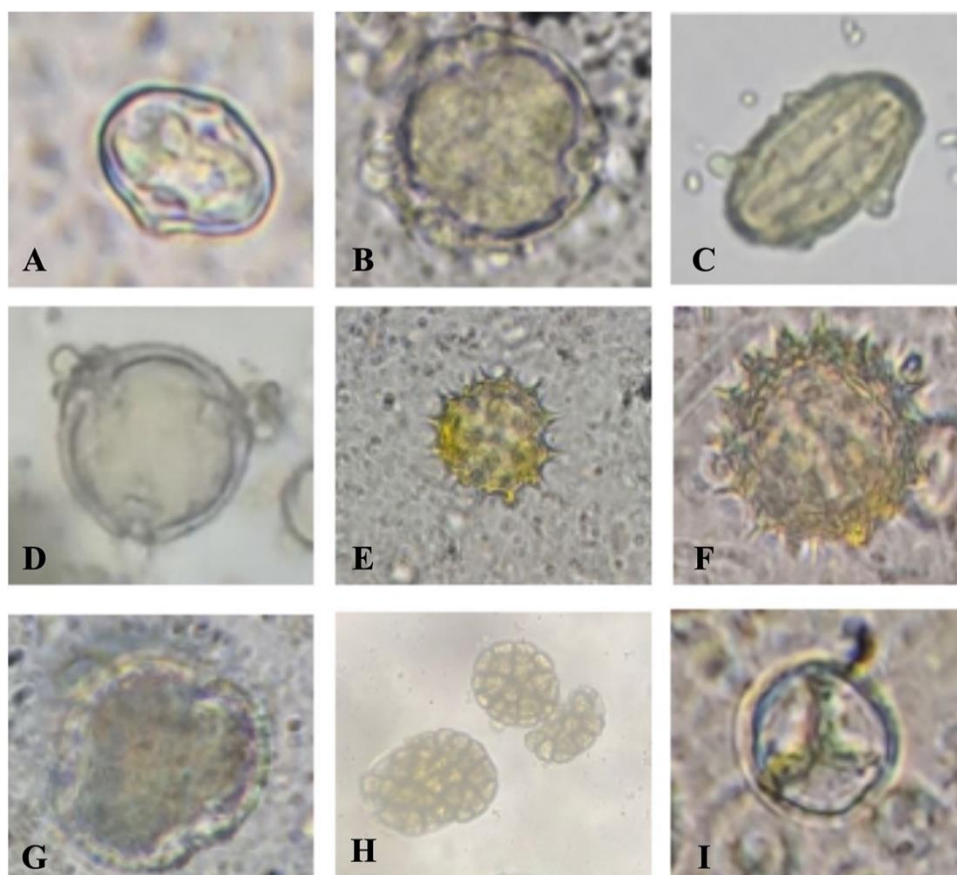
Nota. Conteo de las especies encontradas en el contenido polínico del mes de abril.

Como se mencionó anteriormente, las familias botánicas que mostraron la mayor riqueza polínica fueron Fabaceae y Asteraceae. Este hallazgo es consistente con otros estudios que indican que las especies de estas familias son las más visitadas por las abejas, como se observa en muestras de miel de la provincia de Chiriquí (Gutiérrez, 2019) y en análisis de polen realizados en Colombia (Nates-Parra et al., 2013; Potosí & Yepes, 2015). Asimismo, investigaciones en diversas regiones del sur de América también respaldan esta tendencia (Da Luz et al., 2007; Burgos et al., 2015; Tellería, 1993; Andrada, 2003; Naab & Tamame, 2007; Faye et al., 2002; Forcone et al., 2011; Forcone & Ruppel, 2012 citados por Méndez et al., 2018). En consecuencia, Ramalho, Kleinert-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1990 citados por Méndez et al., 2018) destacan la relevancia de estas familias como fuentes

primordiales de polen para *Apis mellifera* en hábitats neotropicales (Flores & Sánchez, 2010; Flores, Lupo & Hilgert, 2015).

Figura 4.

Algunos de los tipos polínicos encontrados.



Nota. **A.** *Miconia* sp., **B.** *Coffea arabica*, **C.** *Spodias mombin*, **D.** *Gliricidia sepium*, **E.** *Austroeupatorium inulifolium*, **F.** *Tithonia tubaeformis*, **G.** *Platymiscium pinnatum*, **H.** *Inga oerstediana*, **I.** *Mimosa pudica*.

Esta información subraya la relevancia de *Apis mellifera* como polinizador esencial para diversas especies vegetales, destacando en particular a *Coffea arabica*, comúnmente conocido como café. En el transcurso de esta investigación, se identificaron muestras de polen que incluían esta especie, lo que permite abordar los beneficios que la polinización por parte de *Apis mellifera* aporta a su producción. Según Martínez (2019), en países tropicales

con una fuerte producción cafetera, como Panamá, Costa Rica, Ecuador e Indonesia, se ha evidenciado que la polinización cruzada, facilitada por abejas silvestres o por *Apis mellifera*, puede aumentar tanto el número de granos por planta como la calidad de las semillas, medidos en términos de peso y aroma (Heard, 1999). Este fenómeno resalta la importancia de las abejas en la mejora de los rendimientos y características del café, lo que no solo beneficia a los cultivos, sino también a la economía local.

La especie *Mimosa*, perteneciente a la familia Fabaceae, ha sido objeto de numerosos estudios que destacan su relevancia como fuente de néctar (Sánchez & Lupo, 2017; Burgos & Sánchez, 2014). Esta planta es especialmente significativa en las regiones tropicales y subtropicales de Brasil y Colombia, donde las abejas la utilizan frecuentemente como fuente alimenticia (Da Luz et al., 2007; Aguilar Sierra & Henry Smith, 2009; De Novais et al., 2010; Alves & Santos, 2014). La capacidad de *Mimosa* para atraer polinizadores la convierte en un recurso valioso tanto para la apicultura como para la biodiversidad en estos ecosistemas.

Además, Nates-Parra et al. (2013) han señalado que han identificado varias especies anemófilas o no nectaríferas, como *Cecropia sp.*, *Mimosa sp.* y *Piper sp.*, que son comunes en bosques secundarios o áreas intervenidas. Estas especies podrían servir como indicadores de regiones geográficas específicas, aunque no proporcionan información sobre el origen botánico de la miel debido a su falta de néctar. La presencia de polen de plantas anemófilas o no nectaríferas en la miel se debe principalmente a la contaminación que ocurre cuando las abejas depositan el polen recolectado en los panales, así como a la contaminación ambiental o durante las etapas de extracción y recolección de miel (Von Der Ohe et al., 2004).

Apis mellifera utiliza estas especies como recursos alimenticios, independientemente de si producen néctar. En el polen recolectado se ha observado la presencia de géneros como *Croton*, *Cecropia* y *Pullinia*. Estas especies también fueron identificadas en muestras de miel por Gutiérrez (2019) en apiarios de la provincia de Chiriquí y en Brasil (Da Luz et al., 2007). Además, se ha destacado que cuando el polen del género *Mimosa* predomina, es

fundamental para mantener la dieta de *Apis mellifera* y la alimentación de sus larvas (Nascimento et al., 2019). Los diferentes tipos de polen de especies heliófitas identificados en las muestras, como *Cecropia*, *Ricinus*, *Croton*, varias gramíneas (Poaceae) y diversas especies de Asteraceae, sugieren la colonización de plantas en claros del bosque. Es importante señalar que otros estudios han encontrado que estos resultados están relacionados con la disponibilidad de néctar y polen a lo largo del tiempo, evidenciando que en ciertas épocas del año las flores pueden ser ricas en néctar o polen, tal es el caso de géneros encontrados para temporada seca como *Fraxinus*, *Miconia*, entre otros, mientras que en otras temporadas ambos recursos tróficos se presentan en abundancia. En el apiario donde se llevó a cabo esta investigación, existe una vegetación densa ya que se encuentra ubicado dentro del bosque, aunque también está cerca de áreas abiertas (intervenidas) y del pueblo. Esto permite que el néctar y el polen provengan de algunas especies arbóreas y arbustivas de la zona, un fenómeno similar al observado en el estudio de Sousa Muniz et al. (2020). La producción de miel se registró entre febrero y abril, destacando nuevamente la importancia de las familias mencionadas anteriormente y subrayando la necesidad de conservar la vegetación local para asegurar la supervivencia de las colmenas durante períodos de escasez de recursos florales provenientes tanto de plantas ornamentales como de la flora autóctona.

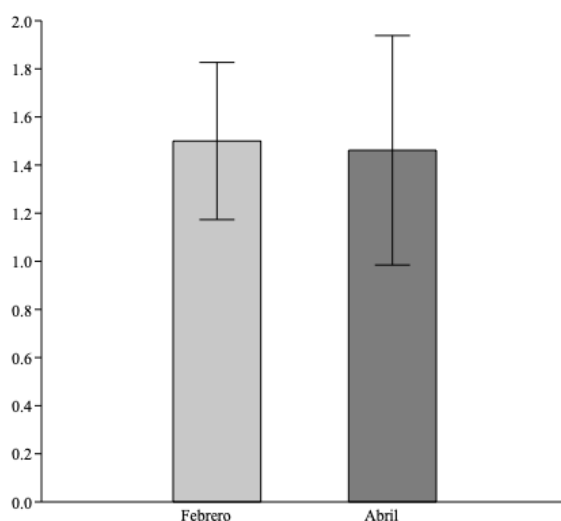
El reducido número de tipos de polen recolectados podría estar relacionado con el período seleccionado para el estudio, ya que durante la estación seca es probable que haya pocas especies en floración (Amorim et al., 2009). La intensificación agrícola y la deforestación en los ecosistemas pueden contribuir a una disminución de los recursos alimentarios disponibles, así como a un desequilibrio en las poblaciones de abejas que anidan o visitan la zona (Imperatriz-Fonseca et al., 2012). Los datos de la investigación muestran una escasez de recursos durante la estación seca, especialmente entre febrero y abril, lo que se traduce en una variación en las especies encontradas en el recurso polínico. Esto obliga a *Apis mellifera* a buscar polen en múltiples fuentes florales. Otros autores han señalado que estas fuentes tienden a estar distribuidas espacialmente de manera discontinua y generalmente

ofrecen recursos con flujos débiles y baja densidad (Winston, 1991; Eltz et al., 2001; Hilgert-Moreira, 2012).

Aunque abril tiene un mayor número de especies, el índice Simpson muestra que la diversidad no ha aumentado significativamente, ya que el valor de Simpson ha disminuido levemente. La ligera disminución en el índice de Simpson (de 0.9524 a 0.9474) sugiere que, a pesar del aumento en el número de especies, la comunidad sigue presentando una alta homogeneidad en términos de abundancia relativa entre las especies. Esto puede indicar que algunas especies son dominantes en ambas muestras, lo que podría ser un signo de un ecosistema menos diverso o más estable, donde unas pocas especies son más abundantes que otras (Muñoz García et al., 2016; Julca Sánchez, 2024). En cuanto a la riqueza polínica no presentó diferencias significativas entre ambos meses (Prueba de t, $t(0.038) = 0.122$, $P > 0.05$) (Figura 5). Se observa una diferencia entre las media mínima de 0.038, ambos intervalos de confianza para las medias no incluyen el cero, lo que indica que podría haber una diferencia, pero esta no es estadísticamente significativa ($p = 0.90379$) entre los dos meses.

Figura 5.

Comparación del contenido polínico de los meses analizados



Nota. Se muestra la media y el error estándar. La prueba t nos indica que no hay diferencias significativas entre los grupos ($p=0.90379$).

CONCLUSIONES

Los datos reflejan una comunidad con alta homogeneidad y baja diversidad en ambos meses analizados, a pesar del incremento en el número total de especies observadas en el contenido polínico. Aunque hay una ligera diferencia en las medias entre febrero y abril, esta diferencia no es estadísticamente significativa según los resultados del t-test. Por lo tanto, podemos concluir que no hay evidencia suficiente para afirmar que las medias son diferentes entre los dos meses analizados. Sin embargo, un valor de 31 especies vegetales distribuidas en 18 familias evidencia un rango amplio de plantas que ofrecen recursos a esta especie de abejas. Es importante realizar recolecta de polen en otros meses del año para saber cuales especies son utilizadas por *Apis mellifera* como recurso nectarario o parte de su dieta y así seguir comprendiendo la dinamica ecológica de estos organismos, de igual forma su rol como polinizadores potenciales de muchas plantas importantes en el ecosistema. Finalmente este tipo de información nos puede ser útil para establecer políticas de conservación y protección para estas especies.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los dueños del apiriaro la Lic. Leyka Batista y el Lic. Francisco Mitre por darnos acceso y coleccionar las muestras de polen. A la SENACYT por hacernos parte de su programa y brindar los recursos, a el MSc. Yostin Añino por sus consejos y directrices, el Dr. Julio Reyes por darnos acceso a su equipo de microscopio para poder terminar las observaciones y tomar las fotos de las muestras, y a nuestros familiares por ayudarnos en la logística en toda la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Sierra, C. I., & Henry Smith, A. P. (2009). Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L. (MIMOSACEAE): comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. *Acta Biológica Colombiana*, 14(1), 109-120. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v14n1/v14n1a06.pdf>
- Alaniz-Gutiérrez, L., Ail-Catzim, C. E., Villanueva-Gutiérrez, R., Delgadillo-Rodríguez, J., Ortiz-Acosta, M. E., García-Moya, E., & Medina Cervantes, T. S. (2017).

- Caracterización palinológica de mieles del Valle de Mexicali, Baja California, México. *Polibotánica*, (43), 255-283. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.43.12>.
- Alves, R. de F., & Santos, F. de A. R. dos. (2014). Plant sources for bee pollen load production in Sergipe, northeast Brazil. *Palynology*, 38(1), 90–100. <https://doi.org/10.1080/01916122.2013.846280>
- Amorim, I. L., Sampaio, E. V. S. B., & Araujo, E. L. (2009). Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore*, 33(3), 491–499. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000300011>
- Andrada, A. C. (2003). Flora utilizada por *Apis mellifera* L. en el sur del Caldenal (Provincia Fitogeográfica del Espinal), Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5(2), 329-336. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ana-Andrada/publication/228366424_Flora_utilizada_por_Apis_mellifera_L_en_el_sur_del_Caldenal_Provincia_Fitogeografica_del_Espinal_Argentina/links/0c9605310e29ef1f4a000000/Flora-utilizada-por-Apis-mellifera-L-en-el-sur-del-Caldenal-Provincia-Fitogeografica-del-Espinal-Argentina.pdf
- Biologia_Apis_mellifera*.(s. f.). https://www.uco.es/dptos/zoologia/Apicultura/Biologia_abajas/Biologia_Apis_mellifera.html
- Burgos, M. G., & Sánchez, A. C. (2014). Preferencias alimenticias en las mieles inmaduras de *Apis mellifera* en el Chaco Serrano (Jujuy, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 49(1), 41-50. <https://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v49n1/v49n1a05.pdf>
- Burgos, M. G., Sánchez, A. C., & Lupo, L. C. (2015). Análisis polínico de cargas corbiculares del Chaco Serrano, Jujuy (Argentina). *Lilloa*, 52(1), 3-11. <http://hdl.handle.net/11336/50468>
- Da Luz, C. F., Thomé, M. L., & Barth, O. M. (2007). Recursos tróficos de *Apis mellifera* L.(Hymenoptera, Apidae) na região de Morro Azul do Tinguá, estado do Rio de Janeiro. *Brazilian Journal of Botany*, 30, 29-36. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000100004>
- De Novais, J. S., Lima, L. C. L., & Dos Santos, F. A. R. (2010). Bee pollen loads and their use in indicating flowering in the Caatinga region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, 74(10), 1355-1358. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.005>
- de Sousa Muniz, V. I. M., de Melo Nascimento, J. E., Felix, J. A., & Alves, J. E. (2020). Nicho polínico de *Apis mellifera* L. na Caatinga durante a floração de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 18, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.7213/2596-2868.2020.18006>

- Di Trani de la Hoz, J. (2007). Visita de abejas (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apoidea) a flores de melón *Cucumis melo* (Cucurvitaceae) en Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 677-680. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v55n2/3664.pdf>
- Eltz, T., Brühl, C. A., van der Kaars, S., Chey, V. K., & Linsenmair, K. E. (2001). Pollen foraging and resource partitioning of stingless bees in relation to flowering dynamics in a Southeast Asian tropical rainforest. *Insectes Sociaux*, 48(3), 273–279. <https://doi.org/10.1007/PL00001777>
- Faye, P. F., Planchuelo, A. M., & Molineli, M. L. (2002). Relevamiento de la flora apícola e identificación de cargas de polen en el sureste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 19, 19-30. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v19.n0.2649>
- Flores, F. F. & Sánchez, A. C. (2010). Primeros resultados de la caracterización botánica de mieles producidas por *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponinae) en Los Naranjos, Salta, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45(1-2), 81-91. <https://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v45n1-2/v45n1-2a07.pdf>
- Flores, F. F., Lupo, L. C., & Hilgert, N. I. (2015). Recursos tróficos utilizados por *Plebeia intermedia* (Apiade, Meliponini) en la localidad de Baritú, Salta, Argentina. Caracterización botánica de sus mieles. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(4), 515-529. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-23722015000400007&script=sci_arttext
- Forcone, A., & Ruppel, S. (2012). Polen de interés apícola del Noroeste de Santa Cruz (Patagonia Argentina): aspectos morfológicos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 47(1-2), 77-86. <https://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v47n1-2/v47n1-2a06.pdf>
- Forcone, A., Aloisi, P. V., Ruppel, S., & Muñoz, M. (2011). Botanical composition and protein content of pollen collected by *Apis mellifera* L. in the north-west of Santa Cruz (Argentinean Patagonia). *Grana*, 50(1), 30-39. <https://doi.org/10.1080/00173134.2011.552191>
- Frankie, G. W., Vinson, S. B., & Rojas, J. (1997). Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 45(1), 70-80. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-38962019000100070&script=sci_arttext
- Gordón, M. Á. R., Atlántico, J. B., & Ornos, C. (2002). Polinizadores y biodiversidad. *Asociación Española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad* Eds. https://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf

- Gutiérrez Rivera, C. J. (2019). Caracterización fisicoquímica y origen botánico de muestras de mieles de *Apis mellifera*, de la provincia de Chiriquí-Panamá. <http://hdl.handle.net/11056/18328>
- Heard, T. (1999). The role of stingless bees in crop pollination. En *Annual Review of Entomology*, 183–206. Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ento.44.1.183>
- Hilgert-Moreira, S. B. (2012). *Recursos polínicos utilizados por Melipona obscurior Moure e Apis mellifera Linnaeus na Mata Atlântica no sul do Brasil: subsídios para o manejo de polinizadores e a conservação da biodiversidade* [Tese, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul]. Porto Alegre. 113 p. <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5379/1/000443848-Texto%2BCompleto-0.pdf>
- Imperatriz-Fonseca, V. L., Gonçalves, L. S., Franco, T. M., & Nunes-Silva, P. (2012). O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. *Doc.(Embrapa Semi-Árido. Online)*, 249, 210-233.
- Julca Sánchez, L. V. (2024). *Composición y diversidad florística de los relictos boscosos del Punre, distrito La Encañada, Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7097>
- Larsen, Alejandra, Reynaldi, Francisco José, & Guzmán-Novoa, Ernesto. (2019). Bases del sistema inmune de la abeja melífera (*Apis mellifera*). Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3), 705-728. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4785>
- Martínez, C. J. G. (2019). Uso y aprovechamiento de la biodiversidad para mejoramiento de cultivos: la polinización con abejas *Apis Mellifera* en café como biotecnología. *Libros Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, 349-365. <https://pdfs.semanticscholar.org/a629/f06836472039a6acab5f40c73bb412dca49ff>
- Méndez, M. V., Sánchez, A. C., Flores, F. F., & Lupo, L. C. (2018). Recurso polínifero utilizado por *Apis mellifera* (Himenoptera: Apidae) en un área de bosque subtropical del noroeste de Argentina. *Revista de biología tropical*, 66(3), 1182-1196. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v66n3/0034-7744-rbt-66-03-1182.pdf>
- Montoya-Pfeiffer, Paula María, León-Bonilla, Daniela, & Nates-Parra, Guiomar. (2014). Catálogo de polen en mieles de *Apis mellifera* provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149), 364-384. <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v38n149/v38n149a03.pdf>

- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Muñoz García, C. I., Rendón Franco, E., López Díaz, O., Ruiz Romero, R. A., Aréchiga Ceballos, N., Villanueva García, C., Rodas-Martínez, A. Z., Valle Lira, C., & Arellano Aguilar, O. (2016). *Colecta y conservación de muestras de fauna silvestre en condiciones de campo*. Universidad Autónoma Metropolitana. https://casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/colecta_fauna_silvestre.pdf
- Naab, O., & Tamame, M. A. (2007). Flora apícola primaveral en la región del Monte de la provincia de la Pampa (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 42(3-4), 251-259. <https://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v42n3-4/v42n3-4a12.pdf>
- Nascimento, J. E. M., Freitas, B. M., Pacheco Filho, A. J. S., Pereira, E. S., Menezes, H. M., Alves, J. E., & et al. (2019). Temporal variation in production and nutritional value of pollen used in the diet of *Apis mellifera* L. in a seasonal semideciduous forest. *Sociobiology*, 66(2), 263–273. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i2.2879>
- Nates-Parra, G., Montoya, P., Chamorro, F. J., Ramírez, N., Giraldo, C., & Obregón, D. (2013). Origen geográfico y botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia. *Acta Biológica colombiana*, 18(3), 427-438. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v18n3/v18n3a2.pdf>
- Mungsan, N. (2018). *Origen y diversidad de polen apícola* [Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense de Madrid]. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/dddf3595-e30b-4e8d-a447-0a643cde72ac/content>
- Pérez, L. (25 de febrero de 2019). *Fundación Amigos de las Abejas*. Obtenido de Importancia de las abejas melíferas. <https://abejas.org/importancia-de-las-abejas-meliferas/>
- Potosí, Daisy y Yepes, Jenny (2015) *Identificación de la flora apícola representativa y caracterización de algunas variables etológicas durante el pecoreo de la abeja Apis Mellifera en la Granja Experimental Botana - Universidad De Nariño*. Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/779>
- Ramalho, M. A., Kleinert-Giovannini, A., & Imperatriz- Fonseca, V. (1990). Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and *Trigonini*) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie*, 21(5), 469-488. <https://doi.org/10.1051/apido:19900508>

- Ramírez-Arriaga, Elia, Martínez-Bernal, Angélica, Ramírez Maldonado, Nadia, & Martínez-Hernández, Enrique. (2016). Análisis palinológico de mieles y cargas de polen de *Apis mellifera* (Apidae) de la región Centro y Norte del estado de Guerrero, México. *Botanical Sciences*, 94(1), 141-156. <https://doi.org/10.17129/botsci.217>
- Sánchez, A. C., & Lupo, L. C. (2017). Pollen analysis of honeys from the northwest of Argentina: Province of Jujuy. *Grana*, 56(6), 462-474. <https://doi.org/10.1080/00173134.2017.1284260>
- Von Der Ohe, W., Persano Oddo, L., Piana, M. L., Morlot, M., & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35, S18–S25. <https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/2004/06/MHS07.pdf>
- Winston, M. L. (1991). *The biology of the honey bee*. Harvard University Press. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=a8fmEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=The+biology+of+the+honey+bee.+Harvard+University+Press.&ots=GFMeIEqzVi&sig=cZE4He30CGKz1El-LKYiNa_NKk#v=onepage&q=The%20biology%20of%20the%20honey%20bee.%20Harvard%20University%20Press.&f=false

La Educación Ambiental en entornos virtuales para promover la sostenibilidad y resiliencia ante el cambio climático en UDELAS Azuero.

Environmental education in virtual environments to promote sustainability and resilience to climate change in UDELAS Azuero.

Edwin Joel Cedeño Frías

Universidad Especializada de Las Américas, Departamento de Biociencias. Panamá

friasedwinjoel@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-9280-6937>

Félix Camarena

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero. Panamá

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

Recepción: 12 de diciembre de 2024

Aprobación: 28 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7091>

Resumen

En este estudio se pretendió determinar la influencia de los entornos virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en la educación ambiental a nivel superior. La población muestra fue de 50 estudiantes de tres grupos de UDELAS Azuero, quienes en su pensum académico tenían educación ambiental, a través de un seminario taller por cuatro semanas donde se abordaron temas sobre la educación ambiental, la cual pudo ayudarnos a mitigar el cambio climático y sus efectos en las sociedades. Se utilizó una metodología mixta que incluyó una investigación exploratoria en la cual se analizaron aspectos cualitativos y cuantitativos de la muestra, obteniendo datos estadísticos producto de las estrategias que se implementaron en esta investigación. Se desarrolló la integración de la educación ambiental en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a nivel superior y se observó cómo permitió el desarrollo de habilidades, saberes, valores y prácticas ambientales, así como la capacidad de que los estudiantes logaran ser resilientes y adaptarse al cambio climático. Se logró ver el impacto de la Educación Ambiental en EVA, donde se demostró que el 92.5% de los estudiantes comprendieron la importancia de la Educación Ambiental. Además, se logró que el 100% de los estudiantes identificaran el cambio climático como un problema real y que el 92.5%

reconocieran que se requerían esfuerzos individuales y colectivos para ser mitigado y lograr adaptarnos para enfrentarlo.

Palabras clave: cambio climático, educación ambiental, metodología mixta

Abstract

In this study, the aim was to determine the influence of virtual environments on the teaching-learning process in environmental education at the higher education level. The sample population consisted of 50 students from three groups at UDELAS Azuero, who included environmental education in their academic curriculum. This was conducted through a four-week workshop seminar that addressed topics related to environmental education, which could help mitigate climate change and its effects on societies. A mixed methodology was used, which included exploratory research analyzing both qualitative and quantitative aspects of the sample, obtaining statistical data from the strategies implemented in this research.

The integration of environmental education into Virtual Learning Environments (VLE) at the higher education level was developed, and it was observed how it facilitated the development of skills, knowledge, values, and environmental practices, as well as the students' ability to be resilient and adapt to climate change. The impact of Environmental Education in VLE was evident, demonstrating that 92.5% of students understood the importance of Environmental Education. Additionally, 100% of students identified climate change as a real problem, and 92.5% recognized that both individual and collective efforts were required to mitigate it and adapt to confront it.

Keywords: climate change, environmental education, mixed methodology

INTRODUCCIÓN

La Universidad Especializada de las Américas (UDELAS), establecida el 12 de diciembre de 1997, ha desempeñado un papel fundamental en el compromiso social y el desarrollo sostenible en Panamá, especialmente a través de su sede en Azuero. Esta institución ha liderado iniciativas que abordan problemáticas ambientales, fomentando la concienciación

ciudadana para promover la conservación de la naturaleza y el medio ambiente en general (UDELAS s. f.). Sin embargo, el avance del cambio climático sigue generando impactos significativos en la tierra y presentando riesgos inminentes para la humanidad. Según Mora et al. (2010), el cambio climático es una de las amenazas más importantes que enfrenta la humanidad en el siglo XXI, afectando notablemente a Panamá, donde fenómenos climáticos extremos han alterado los ciclos climáticos y han causado daños en infraestructuras y ecosistemas.

La educación ambiental se presenta como una herramienta crucial para enfrentar estos desafíos. García y Reategui (2007) definen la educación ambiental como un proceso continuo que busca transmitir conocimientos teóricos y aplicados de las ciencias ambientales, mientras que Meira Cartea (2013) resalta su importancia para que individuos e instituciones identifiquen problemas de deterioro ambiental y busquen soluciones.

En este contexto, UDELAS tiene como objetivo capacitar a instituciones aliadas de educación superior para desarrollar su Sesión Modelo, lo que permitirá seguir formando a los estudiantes en temas cruciales de sostenibilidad.

Los objetivos de esta investigación fueron claros: promover la educación ambiental en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a nivel superior para formar estudiantes comprometidos con la sostenibilidad y capaces de enfrentar los desafíos del cambio climático. Para lograrlo, se plantearon las siguientes metas específicas:

Implementar actividades educativas en los EVA para promover la sensibilización sobre la protección del medio ambiente y la mitigación del cambio climático.

Diseñar módulos interactivos que permitan a los estudiantes adquirir habilidades prácticas relacionadas con la sostenibilidad.

Este enfoque no solo buscó generar conciencia, sino también abordar la problemática centrada en la influencia de los entornos virtuales en la enseñanza-aprendizaje de la educación ambiental en la educación superior. Aunque los estudiantes comprenden la importancia del tema, persisten dudas sobre si ese conocimiento se traduce en acciones efectivas frente al cambio climático. La utilización de metodología mixta puede limitar la aplicabilidad práctica de los resultados. Además, si bien se promueven habilidades

ambientales, no está claro si estas son suficientes para fomentar la resiliencia ante los efectos del cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una investigación en la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS) en Azuero, enfocándose en la educación ambiental y el cambio climático. El diseño de investigación adoptó una metodología mixta, combinando datos cualitativos y cuantitativos, lo que permitió una comprensión más amplia del tema. Esta investigación fue de tipo exploratorio descriptivo, orientada a definir y describir el impacto de la educación ambiental en los estudiantes de diversos cursos, incluyendo Ecología y Recursos Naturales. La población objetivo incluyó estudiantes de varios cursos, y se utilizó un muestreo aleatorio para seleccionar a los participantes.

Se definieron dos variables clave: los entornos virtuales de aprendizaje como variable independiente y el proceso de enseñanza-aprendizaje como variable dependiente.

Para evaluar el conocimiento previo y posterior a la intervención educativa, se aplicaron cuestionarios digitales utilizando Google Forms, lo que facilitó la recolección y análisis de datos. El procedimiento de la investigación se dividió en varias etapas.

En la primera etapa, se diseñó un módulo interactivo que integraba herramientas digitales para fomentar la comprensión de la educación ambiental. Durante las cuatro semanas del programa, los estudiantes participaron en diversas actividades, incluyendo foros grupales, análisis de videos sobre el cambio climático, y trabajos de investigación sobre problemas ambientales locales. Se implementaron herramientas como Google Classroom para la interacción y asignación de actividades, así como plataformas digitales como Canva y Genially para las presentaciones finales. Al finalizar el programa, se llevó a cabo un postest para evaluar la adquisición de conocimientos, permitiendo medir el impacto del aprendizaje. El análisis de los resultados se realizó mediante estadísticas descriptivas, utilizando herramientas visuales como histogramas para representar los datos recopilados. Este enfoque no solo permitió identificar tendencias en el compromiso ambiental de los estudiantes, sino

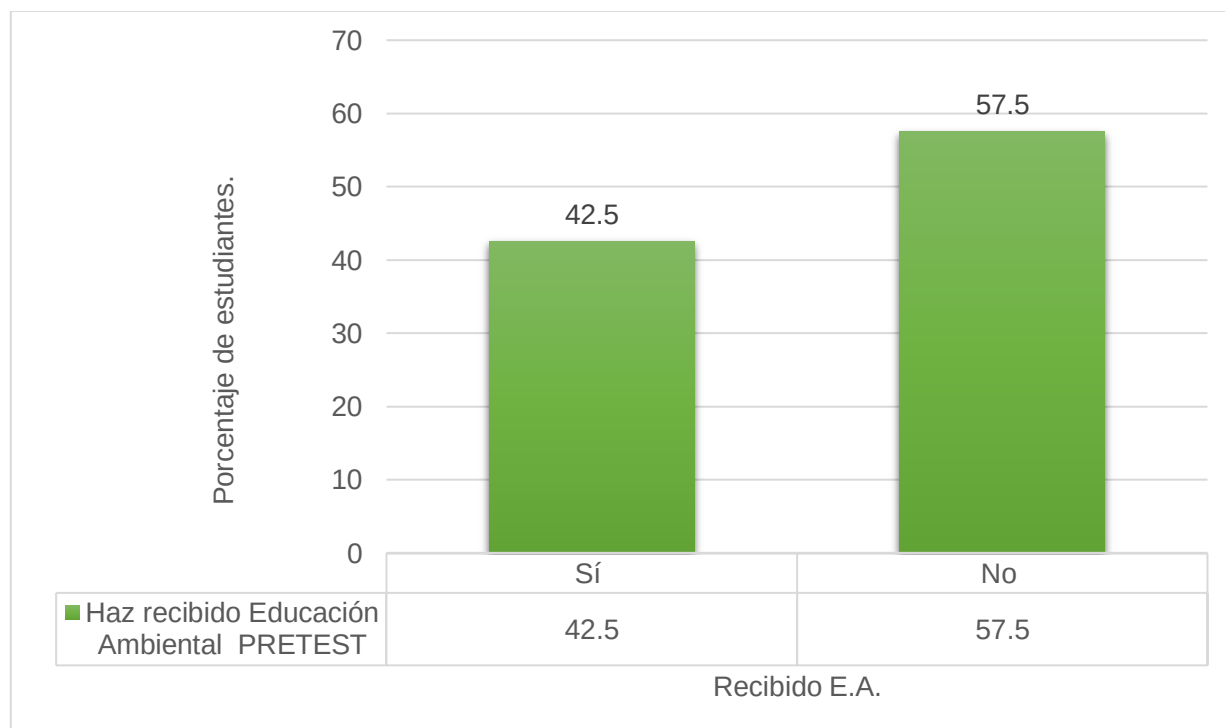
que también facilitó la adaptación de futuras actividades educativas basadas en las áreas que requerían refuerzo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante cuatro semanas de clases se intervino diversos grupos de UDELAS Azuero, en total 51 estudiantes a los cuales se les aplicó un módulo de intervención sobre Educación Ambiental con las actividades antes descritas. A este grupo de estudiantes se les aplicaron dos cuestionarios en la aplicación de Google Forms (pretest y posttets) dichos cuestionarios son la base numérica de datos e información para el análisis de los datos que se presentaran a continuación.

Figura 1.

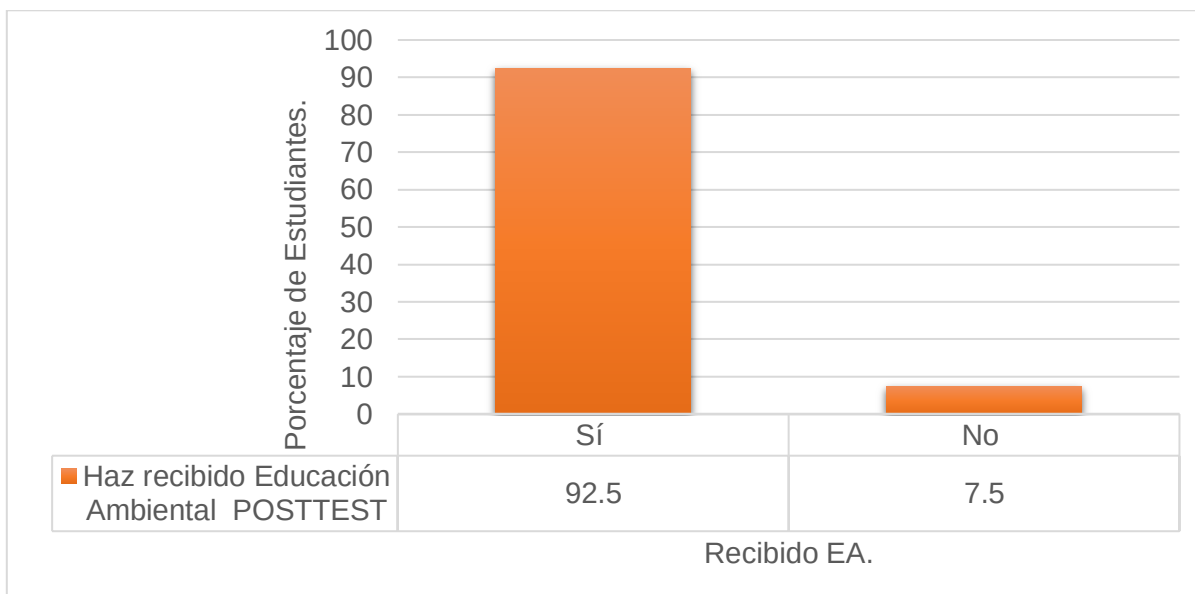
Porcentaje de estudiantes que han recibido educación ambiental.



Basado en este resultado del pretest, se observa, claramente, que antes de la intervención el 57.5% de los estudiantes no había recibido Educación Ambiental.

Figura 2.

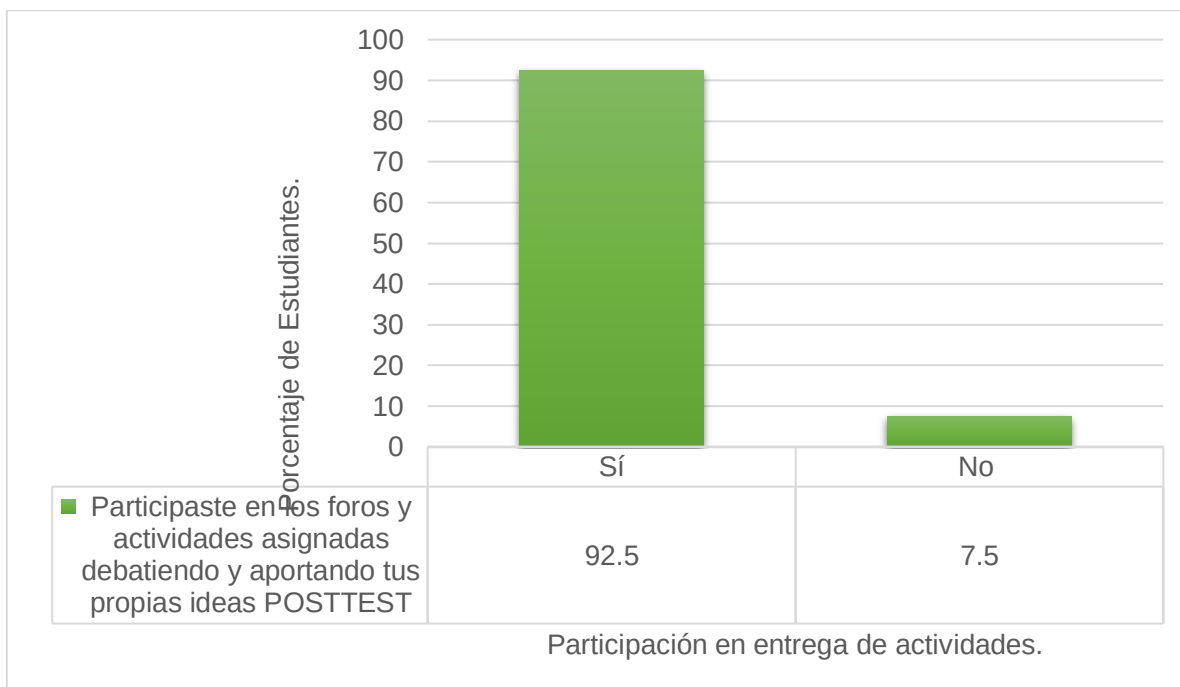
Porcentaje de estudiantes que han recibido educación ambiental.



Ante la pregunta sobre el porcentaje de estudiantes que han recibido educación ambiental el 92.5 % comentó que había recibido educación ambiental mientras que un 7.5 % no había recibido.

Figura 3.

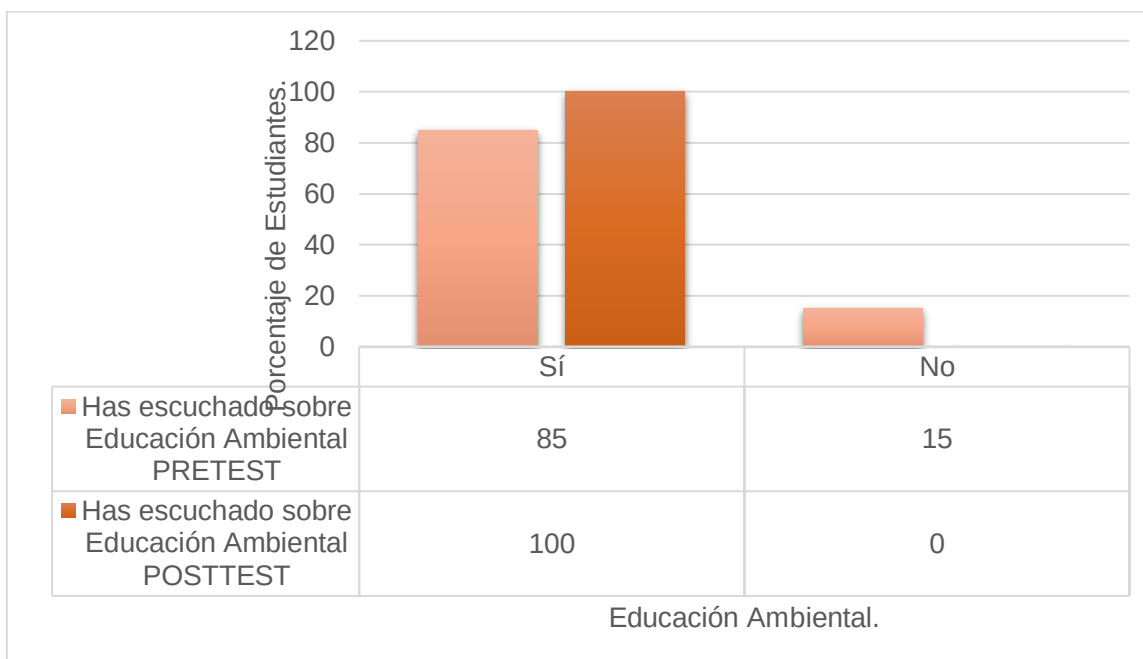
Porcentaje de estudiantes que participaron entregando actividades asignadas.



En cuanto a la entrega de actividades al analizar el porcentaje de estudiantes que participaron entregando actividades asignadas el 92,5 % si entregaron las actividades, mientras que un 7.5 no lo hizo.

Figura 4.

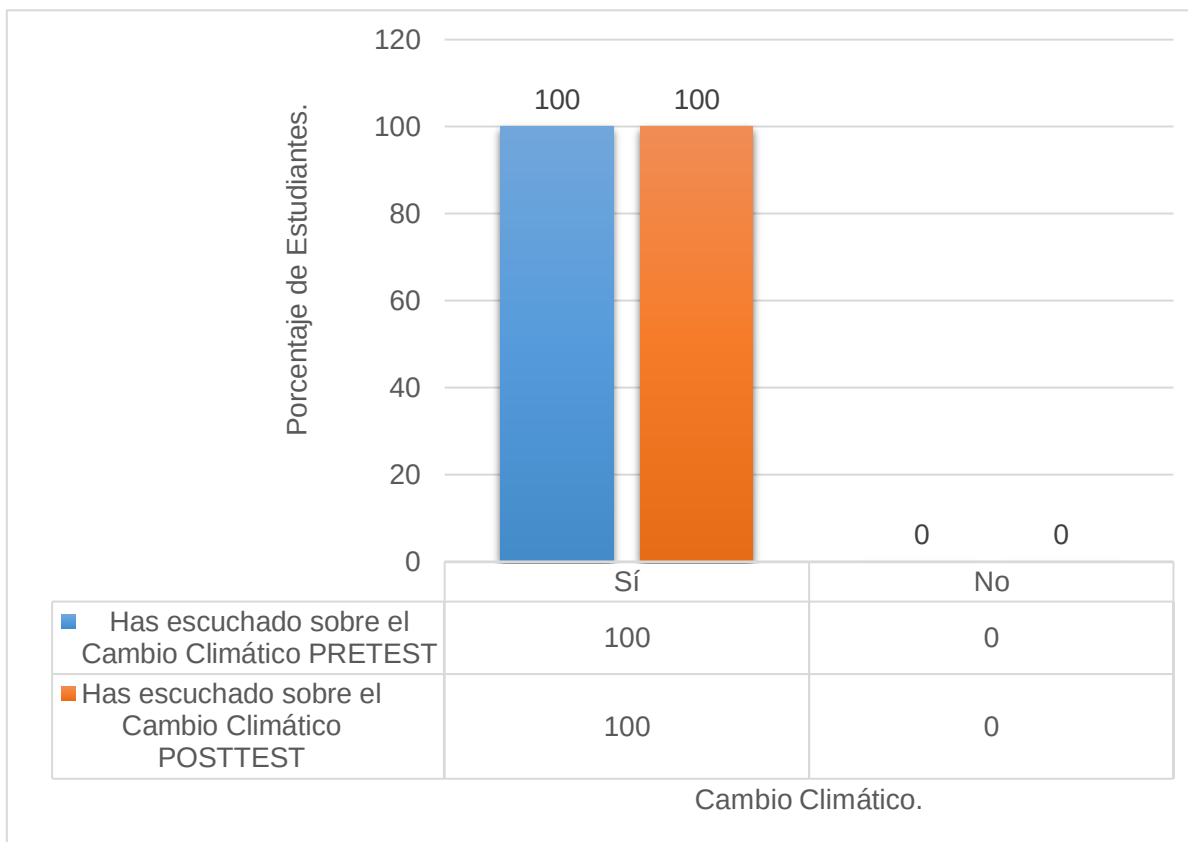
Porcentaje de estudiantes que escucharon o sabían de la EA antes y después de la intervención.



Como se logra observar en la figura 4, el 15 % de los estudiantes ni había escuchado o recibido clases de EA, sin embargo, la intervención de cuatro semanas fue clave para que conocieran el concepto y todo lo concerniente al tema de EA, tal lo indica el resultado del posttest, el 100% de los estudiantes recibió educación ambiental

Figura 5.

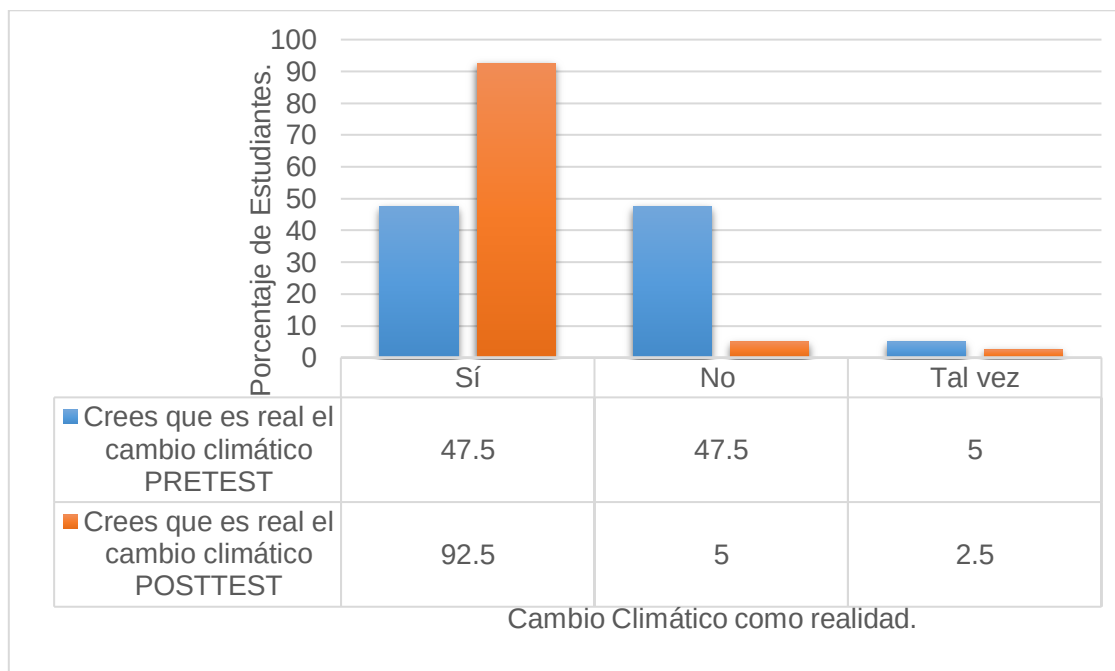
Porcentaje de estudiantes que han escuchado hablar sobre el cambio climático.



El 100 % de los estudiantes han escuchado sobre el tema Cambio Climático, este resultado es importante, ya que todos los estudiantes están familiarizados con el tema medular de la intervención, que es el cambio climático.

Figura 6.

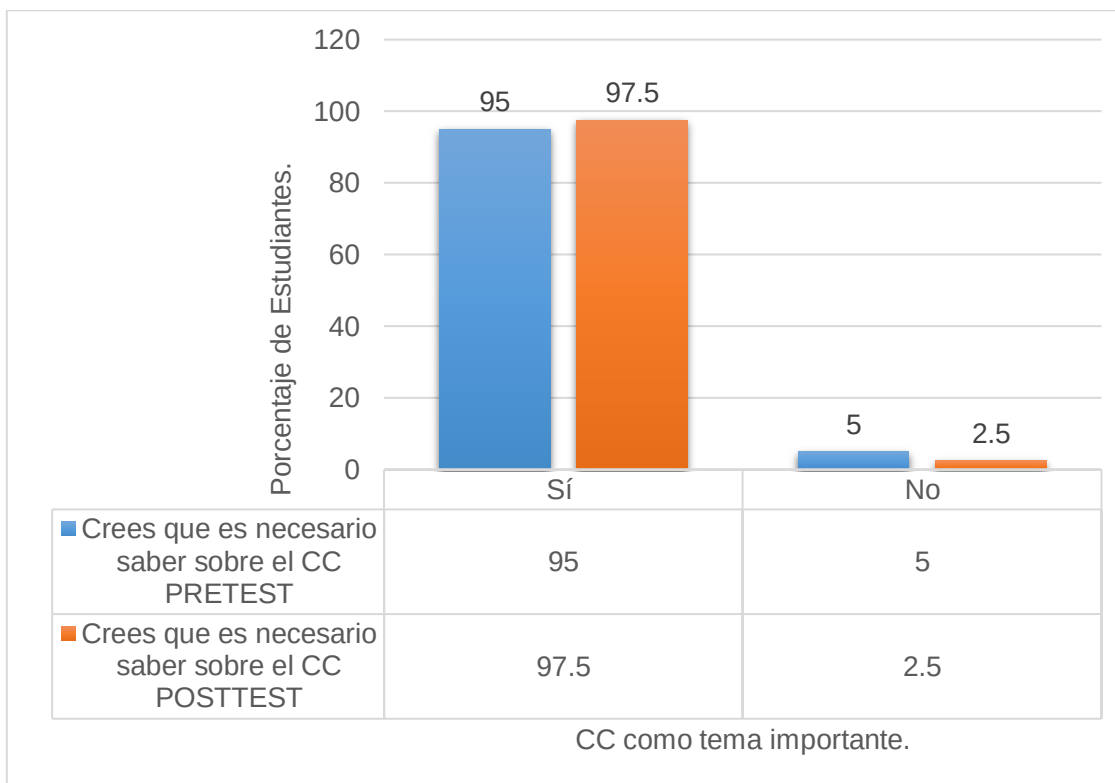
Porcentaje de estudiantes que creen que el CC es un tema real.



Antes de la intervención el 52.5% de los encuestados tenían dudas sobre el cambio climático y su realidad, ya que como destaca el resultado del PRETEST, solo el 47.5% creía y veía el CC como algo real y que estaba latente en nuestra sociedad. Sin embargo luego de la intervención con EA el 92.5% de los encuestados cree que el CC es algo real.

Figura 7.

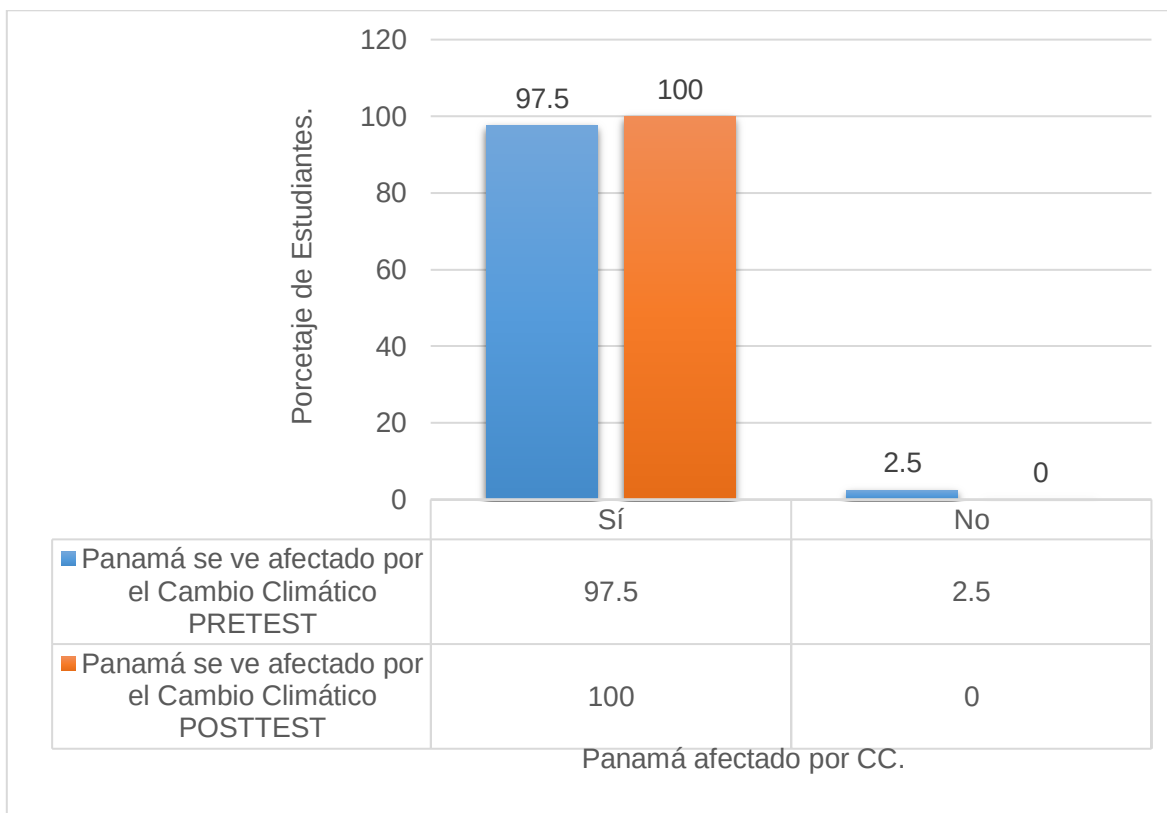
Porcentaje de estudiantes que creen que saber sobre CC es importante.



¿Cómo puede la educación ambiental desde el uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje, ser mejorada para facilitar la adaptación de la sociedad a los efectos del cambio climático? Ya que la integración de la EA en los EVA promovió el desarrollo de pensamiento crítico en el 97.5% de los estudiantes que estuvieron expuestos a este módulo de intervención.

Figura 8.

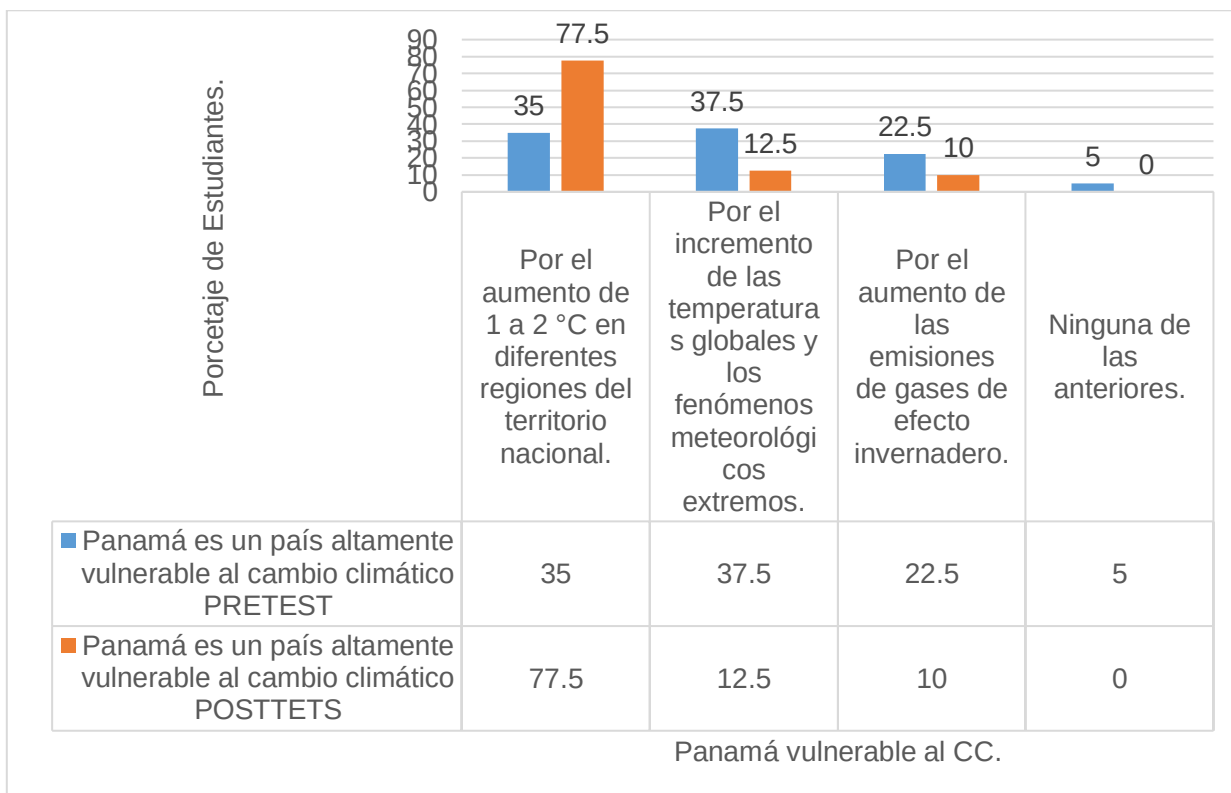
Porcentaje de estudiantes que creen que Panamá se ve afectado por el cambio climático.



Los resultados obtenidos en el programa de intervención, podemos decir que fue exitoso, ya que como se puede observar luego de las cuatro semanas, el 100% de los estudiantes logro conocer e identificar cuáles son las principales afectaciones de Panamá frente al cambio climático.

Figura 9.

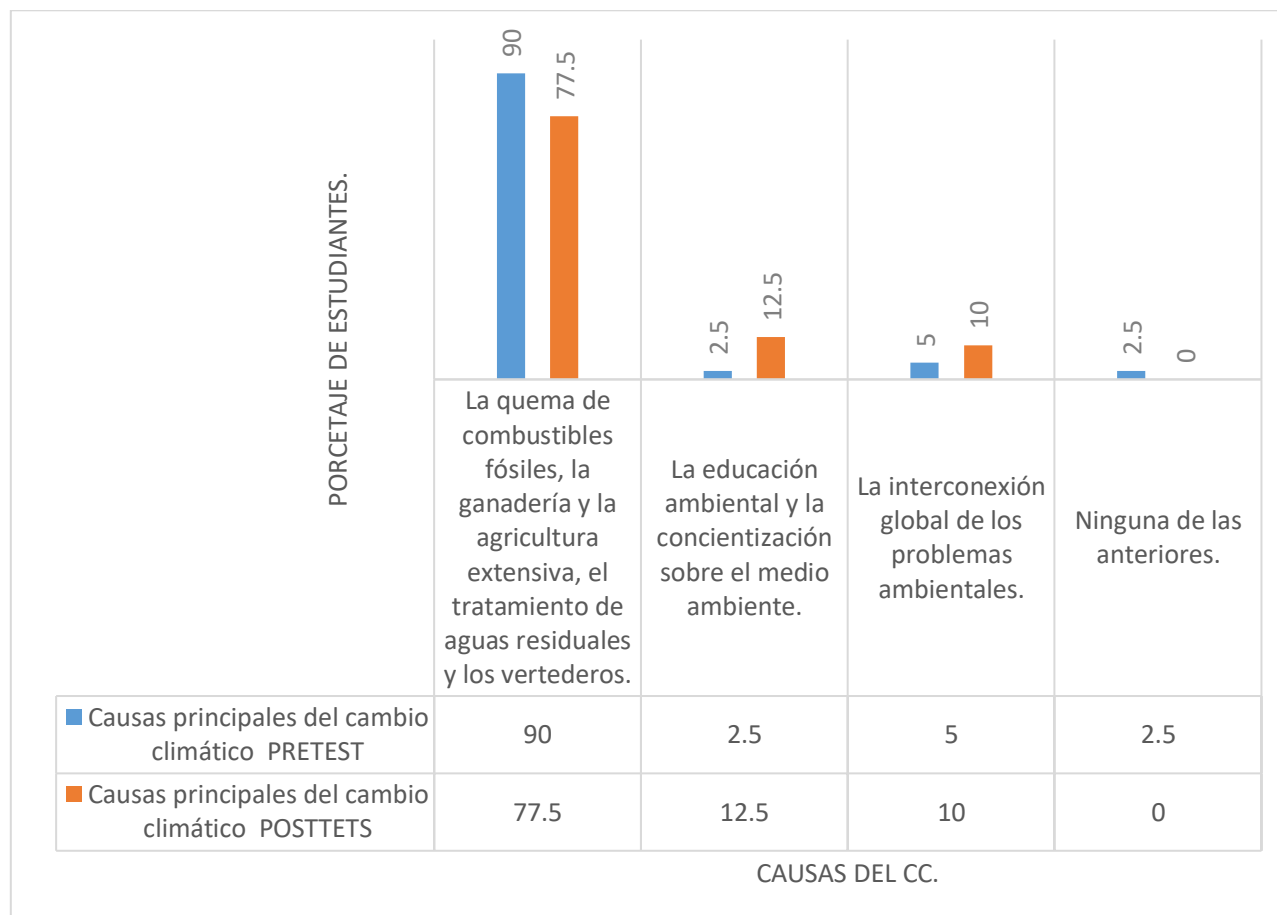
Porcentaje de estudiantes que identificaron el principal problema de Panamá, frente al CC.



Este hallazgo es relevante porque, tras cuatro semanas de intervención, el 42.5% de los estudiantes logró reconocer que la vulnerabilidad de Panamá frente al cambio climático se manifiesta en el aumento de las temperaturas

Figura 10.

Porcentaje de estudiantes que identifican la principal causa del CC.



Como se muestra en la Figura 10, tras la intervención de cuatro semanas sobre Educación Ambiental (EA) en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), los estudiantes lograron reconocer la diversidad de problemas ambientales. No todas las causas se centran únicamente en el sector primario, como la ganadería, la agricultura extensiva y la quema de combustibles fósiles. De hecho, el 15 % de los encuestados pudo identificar y diversificar las posibles causas del cambio climático (CC), reflejándose en que el 10 % de ellos considera que la EA y la concientización sobre los impactos individuales en el medio ambiente son factores primordiales del CC. Además, un 5 % opina que la interconexión global de los problemas

ambientales es un aspecto fundamental del cambio, lo que implica que nuestras acciones cotidianas tienen un impacto a nivel global.

Después de las cuatro semanas de intervención académica en Educación Ambiental (EA) en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), se obtuvo un resultado positivo, como se muestra en la Figura 4. El 100 % de los encuestados logró recibir Educación Ambiental, este cambio significativo demuestra que una estrategia pedagógica bien estructurada, aún en un periodo corto de tiempo, puede ser altamente efectiva para sensibilizar y formar a los estudiantes en temáticas claves como la educación ambiental. Por tanto la intervención no solo cumplió su propósito formativo, sino que también representa un modelo replicable para fortalecer la conciencia ambiental en contextos educativos similares.

Durante cuatro semanas, se llevó a cabo una intervención educativa en UDELAS Azuero, donde participaron 51 estudiantes en un módulo sobre Educación Ambiental. Esta intervención incluyó actividades diseñadas para fomentar la conciencia ambiental y la sostenibilidad. Para evaluar el impacto de estas actividades, se aplicaron dos cuestionarios a través de Google Forms: un pretest y un postest. Estos cuestionarios proporcionan la base numérica necesaria para el análisis de datos que se presentará en esta discusión.

Basado en este resultado del pretest, en la figura 1, que antes de la intervención el 57.5% de los estudiantes no había recibido Educación Ambiental o que en su defecto desconocían este término, lo que nos indica que esa cantidad de estudiantes desconoce los temas que serán abordados durante las cuatro semanas, esto es un dato claro que nos indicaba que los temas a abordar requerían de estrategias y métodos que fermentarán el desarrollo colaborativo y la integración grupal de los estudiantes frente a este nuevo mundo la Educación Ambiental, en entornos virtuales. Por eso se desarrollaron actividades introductorias, clases guiadas, trabajos grupales, análisis de videos, identificación de problemas ambientales en sus áreas de residencia. Esto para que se familiarizaran con su entorno real y de esta manera la educación ambiental la vieran de manera amigable e integrada en su realidad diaria.

Participación en las clases virtuales

El 90 % de los estudiantes participaron en clases y el 57.5 % considera que participo en todas las clases, activamente, mientras que el 32.5 % considera que algunas veces participo activamente. (Figura 3). Esto indica que los métodos y técnicas empleadas para el desarrollo de las clases fue atractivo para los estudiantes quienes al ser consultados en la encuesta dan a conocer que el 90% participo activamente, por otro lado, el 10% estuvo en las clases, pero de forma oyente no participativa, sin embargo, hay oportunidades para mejorar aún más la participación, especialmente entre aquellos que participan de manera menos activa o solo como oyentes. Implementar técnicas de enseñanza interactivas, evaluaciones formativas y estrategias de inclusión puede ayudar a aumentar la participación y asegurar que todos los estudiantes estén comprometidos y beneficiándose plenamente de las clases. Esto se relaciona directamente con lo sustentado por (Martínez, 2010). La educación ambiental se define como un proceso educativo que busca comunicar información y suministrar instrucción basada en datos científicos y sentimientos públicos, con el objetivo de desarrollar actitudes, opiniones y creencias que fomenten la adopción sostenida de conductas para proteger el medio ambiente y minimizar la degradación del paisaje y la contaminación.

Se familiarizaron con el concepto de educación ambiental

Luego de las cuatro semanas de intervención el 92.5 % de los estudiantes se familiarizó con el concepto de educación ambiental lo que nos indica que las actividades desarrolladas lograron un aprendizaje significativo de los estudiantes ya que el 86.9 % de los estudiantes que desconocía la información sobre Educación Ambiental, pero, lograron recibir información que antes desconocían y que formaba parte de su día a día. Lo que a su vez se traduce en que este resultado del 92.5 % de los estudiantes se familiarizó con el concepto de educación ambiental después de la intervención es un indicativo claro del éxito del programa. Este aumento significativo valida la efectividad de las estrategias empleadas y subraya la importancia de entornos virtuales de aprendizaje bien diseñados. Para mantener y construir sobre este éxito, se recomienda implementar refuerzos continuos, proyectos prácticos y recursos de aprendizaje a largo plazo, este resultado válida parte de la hipótesis de

investigación ya que se plantea que la integración de EA en los EVA a nivel superior permite el desarrollo de saberes en los estudiantes de UDELAS Azuero 2024 frente al cambio climático. Lo que contrasta con lo dicho por el Ministerio de Ambiente (2022), y su departamento de cambio climático La educación ambiental es un factor clave para abordar el cambio climático, ya que permite desarrollar capacidades y fortalecer habilidades en la población para enfrentar los desafíos derivados del cambio climático.

Participaron, activamente, en la entrega de actividades asignadas:

El 92.5 % de los estudiantes que participaron, activamente, en la entrega de actividades asignadas, lo que indica que este resultado está relacionado con la cantidad de estudiantes que participaron en las clases, ya que el 90% participó activamente y 2.5% escuchaba las clases y el 7.5% no participaba de las mismas (Ver Figura 3). Este resultado muestra nuevamente el éxito de la intervención para el resto de los estudiantes que no entregaron en las fechas indicadas, se crearon fechas flexibles para las entregas, además implementaron estrategias de seguimiento individualizado y esto basado en las necesidades específicas de los estudiantes, ya que no todos pueden o tienen las mismas facilidades y esto puede ayudar a mejorar aún más la tasa de entrega de actividades. Tal lo sustento (Smith, 2009) La educación ambiental es un campo holístico y diverso que se enfoca en crear personas responsables, conscientes y activas en la resolución de problemas ambientales, promoviendo la participación, conciencia, conocimiento, habilidades y actitudes necesarias para mejorar el entorno.

Si habían escuchado clases de educación ambiental

El 15 % de los estudiantes no había escuchado o recibido clases de EA, sin embargo, la intervención de cuatro semanas fue clave para que conocieran el concepto y todo lo concerniente al tema de EA, tal lo indica el resultado del postest, el 100% de los estudiantes recibió educación ambiental, luego de la intervención lo que es un real y significativo resultado que da a conocer el éxito del plan de intervención en estas cuatro semanas. Esto demuestra la eficacia del programa educativo en nivelar el conocimiento entre todos los

estudiantes y asegurar que todos comprendan los conceptos fundamentales de la educación ambiental. Según la (RAE, s.f.) La educación ambiental es un proceso social complejo e histórico que influye en la socialización del individuo, basado en la cooperación y comunicación social, donde los individuos son sujetos activos y creadores de su entorno.

Si conocían el tema de Cambio Climático

En cuanto a si han escuchado sobre el tema Cambio Climático, el 100% de los estudiantes este resultado es importante, ya que todos los estudiantes están familiarizados con el tema medular de la intervención, que es el cambio climático. Este logro demuestra que todos los estudiantes tienen ahora una comprensión básica del tema, lo cual es esencial para la educación ambiental y la preparación para enfrentar los desafíos del cambio climático. Este resultado concuerda con lo que indica el Departamento de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente de Panamá, (2022). La educación ambiental es un factor clave para abordar el cambio climático, ya que permite desarrollar capacidades y fortalecer habilidades en la población para enfrentar los desafíos derivados del cambio climático.

Dudas sobre el cambio climático y su realidad:

Antes de la intervención el 52.5% de los encuestados tenían dudas sobre el cambio climático y su realidad, ya que como destaca el resultado del PRETEST, solo el 47.5% creía y veía el CC como algo real y que estaba latente en nuestra sociedad. Sin embargo luego de la intervención con EA el 92.5% de los encuestados cree que el CC es algo real, esto da a conocer la importancia de la intervención en estas cuatro semanas donde, vemos claramente que el 85.7% de los encuestados cambios su percepción sobre el CC donde ahora después de la intervención de cuatro semanas, creen que es real y algo latente que nos puede afectar a todos como sociedad. Donde todos tenemos a la responsabilidad de hacerle frente y adaptarnos y esto nos ayuda a potenciar la hipótesis planteada para esta investigación la cual dice que la integración de la educación ambiental en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a nivel superior permite el desarrollo de habilidades, saberes, valores, prácticas ambientales y adaptabilidad de los estudiantes de UDELAS Azuero 2024 frente al cambio

climático. Apoyados en lo que sustento (Línea Verde Huelva, 2023), quienes en una investigación sostienen que en la educación ambiental puede aumentar la conciencia y la sensibilización de la población sobre el cambio climático, sus causas y consecuencias.

Intervención del facilitador sobre el cambio climático:

El 50% de los estudiantes luego de la intervención que creían que no era necesario saber y conocer sobre el cambio climático, cambio su perspectiva en referencia al tema, ya que ven como algo importante conocer sobre el CC, lo que indica que la intervención de cuatro semanas dio respuesta a la pregunta de investigación ¿Cómo puede la educación ambiental desde el uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje, ser mejorada para facilitar la adaptación de la sociedad a los efectos del cambio climático? Ya que la integración de la EA en los EVA promovió el desarrollo de pensamiento crítico en el 97.5% de los estudiantes que estuvieron expuestos a este módulo de intervención. Además, se puede decir como lo comentado por Novo, (2010). toma mucha relevancia, ya que es indispensable que la educación ambiental pueda ser incorporada en diferentes contextos, como la educación formal, no formal y en diferentes niveles, como la educación primaria, secundaria y superior. La educación ambiental puede incluir diferentes estrategias y actividades, como la educación en línea, la educación a distancia, la educación comunitaria y la educación en el aula.

Los resultados obtenidos en el programa de intervención, podemos decir que fue exitoso, ya que como se puede observar luego de las cuatro semanas, el 100% de los estudiantes logro conocer e identificar cuáles son las principales afectaciones de Panamá frente al cambio climático. Lo que hace que ellos logren crear conciencia sobre la importancia de hacer ajustes y de crear hábitos que ayuden a frenar o mitigar los efectos del CC sobre nuestro país y es por eso por lo que se toma como referencia lo que indico Gonzáles, (2023). En una investigación quien asegura que, en Panamá, se han evidenciado las principales amenazas relacionadas al cambio climático, como lluvias prolongadas, temporadas secas más intensas, sequías prolongadas y la subida del nivel del mar. Este resultado nos indica y nos muestra la importancia de la EA y de su impacto directo en los estudiantes lo que a su vez nos ayuda a sustentar el objetivo general que nos planteamos al inicio de esta investigación Promover la

educación ambiental en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a nivel superior para formar estudiantes comprometidos con la sostenibilidad y capaces de enfrentar los desafíos del cambio climático.

Este hallazgo es relevante porque, tras cuatro semanas de intervención, el 42.5% de los estudiantes logró reconocer que la vulnerabilidad de Panamá frente al cambio climático se manifiesta en el aumento de las temperaturas, según lo reportado por MiAMBIENTE (2023). Los efectos del cambio climático son evidentes y representan uno de los principales retos que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Panamá, en particular, es un país sumamente susceptible a estos efectos, con incrementos de temperatura de entre 1 y 2 °C en diversas regiones del país. Las variaciones en la temperatura global alcanzan promedios de hasta 1.5 °C, con algunas áreas experimentando aumentos más significativos. Este fenómeno climático impacta la disponibilidad de recursos hídricos, las actividades agropecuarias, la salud de las personas y el desarrollo de áreas marino-costeras y urbanas. Esto refuerza uno de los objetivos específicos de nuestra investigación: implementar actividades educativas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) que fomenten la sensibilización y comprensión sobre la importancia de proteger el medio ambiente y mitigar el cambio climático.

Los resultados muestran que aproximadamente el 42% de los estudiantes, tras cuatro semanas de clases, logró reconocer que todos los enunciados presentados representan el objetivo y propósito de la Educación Ambiental (EA). Este hallazgo cumple con uno de los objetivos específicos de la investigación, que busca implementar actividades educativas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) que fomenten la sensibilización y comprensión sobre la importancia de la protección del medio ambiente y la mitigación del cambio climático. Esto se refleja claramente en los resultados obtenidos. Según Benítez et al. (2019), la EA se fundamenta en la idea de que la población debe tomar conciencia del impacto que tiene en el ecosistema para lograr una mejor relación con el entorno natural. Es fundamental entender que la educación ambiental implica la integración de contenidos a través de un enfoque multidimensional que combina conocimientos científicos y saberes cotidianos de manera conjunta.

Tras la intervención de cuatro semanas sobre Educación Ambiental (EA) en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), ver Figura 10, los estudiantes lograron reconocer la diversidad de problemas ambientales. No todas las causas se centran únicamente en el sector primario, como la ganadería, la agricultura extensiva y la quema de combustibles fósiles. De hecho, el 15% de los encuestados pudo identificar y diversificar las posibles causas del cambio climático (CC), reflejándose en que el 10% de ellos considera que la EA y la concienciación sobre los impactos individuales en el medio ambiente son factores primordiales del CC. Además, un 5% opina que la interconexión global de los problemas ambientales es un aspecto fundamental del cambio, lo que implica que nuestras acciones cotidianas tienen un impacto a nivel global. Esta comprensión es crucial para resaltar la necesidad de ajustar nuestras acciones diarias para reducir y mitigar el CC.

Este resultado respalda uno de los objetivos específicos de la investigación, que establece que las cuatro semanas de intervención pedagógica en EA en EVA tenían como fin inculcar valores éticos y responsabilidad ambiental mediante estudios de caso, debates y actividades que fomentan el respeto por el entorno natural. Esto se fundamenta en lo expuesto por la ONU (2015), que define el cambio climático como una variación significativa en las condiciones climáticas promedio a lo largo de décadas o más, diferenciándola de la variabilidad natural del clima. Según ACCIONA (2023), el cambio climático es causado principalmente por la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad, el transporte, la calefacción, la industria y la construcción, así como por la ganadería, la agricultura, el tratamiento de aguas residuales y los vertederos. Esto nos ayuda a identificar la diversidad de causas del CC y a comprender la importancia de reconocer cada una de ellas en el complejo y cambiante mundo en que vivimos, donde cada acción que tomamos repercute directamente en el bienestar o deterioro de nuestro planeta.

Después de las cuatro semanas de intervención académica en Educación Ambiental (EA) en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), se obtuvo un resultado positivo, como se muestra en la Figura 13. El 50% de los encuestados logró identificar el enunciado que representa el proceso de adaptabilidad ante el cambio climático. Según el CIIFE (2021), la educación

ambiental puede fomentar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, tales como el uso de energías renovables, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la implementación de estrategias para adaptarse a los impactos del cambio climático.

Por otro lado, la Fundación Aquae (2022) define la adaptación al cambio climático como un conjunto de estrategias generales destinadas a aumentar la resiliencia de la sociedad ante sus efectos, mientras que la adaptabilidad se refiere a la capacidad de un sistema para responder a cambios y ajustarse a nuevas condiciones. Con base en estos autores, se valida el objetivo general de la investigación: promover la educación ambiental en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a nivel superior, con el fin de formar estudiantes comprometidos con la sostenibilidad y preparados para enfrentar los desafíos del cambio climático.

Como se evidencia, el 45% de los encuestados, tras cuatro semanas de intervención, logró identificar que las acciones individuales o comunitarias frente al cambio climático pueden tener efectos tanto positivos como negativos. Según los resultados y la opinión de Torres-Oregón (2019), las acciones locales son esenciales para contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático. Esto indica que se han cumplido parte de los objetivos establecidos en esta investigación, que buscaba implementar actividades educativas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) para promover la sensibilización y comprensión sobre la importancia de proteger el medio ambiente y mitigar el cambio climático.

CONCLUSIONES

La intervención educativa sobre Educación Ambiental llevada a cabo en UDELAS Azuero durante cuatro semanas mostró resultados significativos en la comprensión y percepción de los estudiantes sobre el cambio climático y la educación ambiental. A través de un módulo diseñado específicamente para este propósito, se aplicaron cuestionarios pretest y postest que permitieron medir el impacto de las actividades realizadas.

Antes de la intervención, el 57.5% de los estudiantes no había recibido educación ambiental, lo que subraya la necesidad de estrategias educativas efectivas. Sin embargo, tras las cuatro

semanas de clases, el 92.5% se familiarizó con el concepto de educación ambiental, indicando un aprendizaje significativo y la efectividad del módulo implementado. Este cambio en la percepción es crucial, ya que refleja un aumento en la conciencia y comprensión sobre temas ambientales que son relevantes para su vida diaria.

La participación fue otro aspecto destacado; 90% de los estudiantes participaron en las clases, y 92.5% entregaron las actividades asignadas. Estos datos sugieren que las metodologías empleadas fueron atractivas y motivadoras, aunque también se identificó un 10% de estudiantes que participaron solo como oyentes, lo que indica áreas de mejora en la inclusión y participación.

Reflexiones sobre el Cambio Climático

Los resultados también revelaron cambios significativos en la percepción del cambio climático. Antes de la intervención, solo 47.5% creía que el cambio climático era un fenómeno real; después, esta cifra aumentó al 92.5%, lo que demuestra cómo la educación ambiental puede transformar actitudes y creencias sobre problemas globales críticos. Este hallazgo resuena con las afirmaciones del Ministerio de Ambiente de Panamá sobre la importancia de la educación ambiental para desarrollar capacidades en la población frente a los desafíos del cambio climático.

Además, el 100% de los estudiantes reconoció haber escuchado sobre el cambio climático después de la intervención, lo que indica una comprensión básica del tema esencial para abordar problemas ambientales contemporáneos. Este conocimiento es fundamental para fomentar una ciudadanía informada y activa en la lucha contra el cambio climático.

Los resultados obtenidos sugieren que es vital continuar con refuerzos educativos y proyectos prácticos que mantengan el interés y compromiso de los estudiantes con temas ambientales. La implementación de técnicas interactivas y evaluaciones formativas podría aumentar aún más la participación activa, asegurando que todos los estudiantes se beneficien plenamente del aprendizaje.

Por último, es importante destacar que el éxito del programa no solo se mide por el conocimiento adquirido, sino también por el desarrollo de actitudes responsables hacia el medio ambiente. La educación ambiental debe integrarse en diferentes contextos educativos para seguir formando individuos conscientes y activos en la resolución de problemas ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acciona. (2023). *Cambio climático*. Recuperado de https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/?_adin=11734293023
- Benítez, F.F., Paredes, M.E.R., Collado-Ruano, J., Terán, E.F.H., & Ibarra, G.D.L. (2019). Environmental education program in Ecuador: Theory, practice, and public policies to face global change in the Anthropocene. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas Em Educação*, 27(105), 859-880. <https://doi.org/10.1590/s0104-40362019002701950>
- CIIFEN. (2021). *Adaptación y mitigación*. Recuperado de <https://ciifen.org/adaptacion-y-mitigacion/>
- Departamento de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente de Panamá. (2022). Fortalecimiento de capacidades: La clave para enfrentar los retos del cambio climático. Recuperado de <https://dcc.miambiente.gob.pa/fortalecimiento-de-capacidades-la-clave-para-enfrentar-los-retos-del-cambio-climatico/>
- Fundación Aquae. (2022, 23 de noviembre). Adaptación al cambio climático - Fundación Aquae. Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/glosario/adaptacion-al-cambio-climatico/>
- García Gómez, J., & Reategui Lozano, R. (2007). La educación ambiental en la sociedad globalizada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 151-168. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2476022.pdf>
- González, E. (2023, 11 de octubre). El cambio climático, un desafío para la humanidad y una oportunidad para Panamá. *La Estrella*. Recuperado de <https://www.laestrella.com.pa/opinion/columnistas/cambio-climatico-desafio-humanidad-oportunidad-MELE499656>
- Línea Verde Huelva. (2023). *Sensibilización y concienciación ambiental*. Recuperado de <https://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/educacion-ambiental/sensibilizacion-y-concienciacion-ambiental.asp>

- Martínez Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 97-111.
<https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf>
- Meira Cartea, P. Á. (2013). Problemas ambientales globales y educación ambiental: Una aproximación desde las representaciones sociales del cambio climático¹. *Revista Integra Educativa*, 6(3), 29-64.
- Ministerio de Ambiente de Panamá. (2023). Cambio climático en Panamá. Recuperado de <https://dcc.miambiente.gob.pa/cambio-climatico-en-panama/>
- Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J. L., Acosta, A., & Serna, B. (2010). *Panamá: Efectos del cambio climático sobre la agricultura*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional en México.
<https://www.biopasos.com/biblioteca/Panama-efectos-cambio-climatico-agricultura.pdf>
- Naciones Unidas. (2015). *¿Qué es el cambio climático?*. Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Novo, M. (2010). La Educación Ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios. *Revista Iberoamericana de Educación*, (11), Educación Ambiental: Teoría y Práctica. Recuperado de <https://rieoei.org/historico/oeivirt/rie11a02.htm>
- Real Academia Española. (s.f.). Ambiental. En *Diccionario histórico de la lengua española*. Recuperado de <https://www.rae.es/tdhle/ambiental>
- Smith, N. J. (2009). *Educación ambiental: Una experiencia práctica para la escuela primaria*. José J. Marcano. Recuperado de <https://jmarcano.com/educa/ea-njsmith/>
- Torres-Oregón, F. (2019). Cambio climático y gobierno local. Falsa idea: “prensa global y actúa localmente”. <https://www.redalyc.org/journal/676/67668438002/html/>
- UDELAS (s. f.). Antecedentes. UDELAS | Universidad de las Américas.
<https://www.udelas.ac.pa/en/nosotros/antecedentes/>
- UNDP. (2022). *Resiliencia y respuesta al cambio climático*. Recuperado de <https://www.undp.org/es/el-salvador/resiliencia-y-respuesta-al-cambio-climatico>

**Evaluación del estado ecológico de la quebrada la sonadora en Cermeño, Coclé,
Panamá, utilizando fitoplancton como bioindicador.**

Evaluation of the ecological status of the quebrada la sonadora in Cermeño, Coclé, Panama,
using phytoplankton as a bioindicator.

Mario Alberto Morán Mora

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

mariomoran2901@gmail.com <https://orcid.org/0009-0009-2341-5683>

Mario Antonio Morán Mora

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

antoniomoran0129@gmail.com <https://orcid.org/0009-0006-9826-3088>

José Antonio Aguilar Llerena

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

betacaroteno_22@yahoo.es <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

*Autor de correspondencia: betacaroteno_22@yahoo.es

Recepción: 17 de enero de 2025

Aprobación: 28 de febrero de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6772>

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el estado ecológico en la quebrada La Sonadora utilizando géneros de algas fitoplanctónicas como bioindicadores, complementado con un análisis fisicoquímico que nos permitió determinar la calidad del agua. El área de estudio se dividió en tres zonas de muestreo, en la parte superior de la quebrada, en los meses de marzo y julio de 2024. Se identificaron nueve géneros de algas fitoplanctónicas (*Coccolobrya* sp., *Spirogyra* sp., *Planktothrix* sp., *Navicula* sp., *Synedra* sp., *Klebsormidium* sp., *Draparnaldia* sp., *Xanthonema* sp., y *Frustulia* sp.) en diversas zonas de la quebrada. Además, se realizaron mediciones de parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, coliformes totales, pH, y temperatura del agua. Los resultados de ambos enfoques se integraron en el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA). El estudio reveló que la presencia de géneros como *Coccolobrya* sp. y *Frustulia* sp., en aguas oligotróficas sugiere

una alta calidad en áreas alejadas de la actividad humana. De manera similar, géneros como *Spirogyra sp.*, y *Planktothrix sp.*, indicaron eutrofización y contaminación en zonas cercanas a la actividad agrícola y ganadera. Según los índices biológicos calculados, la comunidad fitoplanctónica de la quebrada La Sonadora posee una baja diversidad, una distribución equitativa de individuos y cierta dominancia entre la población. El análisis fisicoquímico mostró niveles bajos de oxígeno disuelto y altos de nutrientes y coliformes en las áreas de impacto directo. En conjunto, el ICA clasificó las zonas como de "regular" calidad en las dos épocas en que se llevó a cabo el muestreo.

Palabras clave: calidad del agua, fitoplancton, eutrofización

Abstract

The study aimed to assess the ecological status of the La Sonadora stream using phytoplankton genera as bioindicators, complemented by a physicochemical analysis that allowed us to determine water quality. The study area was divided into three sampling zones, located in the upper part of the stream, during the months of March and July 2024. Nine genera of phytoplankton (*Coccolobos sp.*, *Spirogyra sp.*, *Planktothrix sp.*, *Navicula sp.*, *Synedra sp.*, *Klebsormidium sp.*, *Draparnaldia sp.*, *Xanthonema sp.*, and *Frustulia sp.*) were identified in various zones of the stream. Additionally, measurements of physicochemical parameters such as dissolved oxygen, nitrates, phosphates, total coliforms, pH, and water temperature were taken. The results from both approaches were integrated into the calculation of the Water Quality Index (WQI). The study revealed that the presence of genera such as *Coccolobos sp.* and *Frustulia sp.* in oligotrophic waters suggests high quality in areas distant from human activity. Similarly, genera like *Spirogyra sp.* and *Planktothrix sp.* indicated eutrophication and pollution in areas close to agricultural and livestock activities. According to the calculated biological indices, the phytoplankton community of the La Sonadora stream exhibits low diversity, an equitable distribution of individuals, and some dominance within the population. The physicochemical analysis showed low levels of dissolved oxygen and high levels of nutrients and coliforms in areas with direct impact. Overall, the WQI classified the zones as having "fair" quality during both sampling periods.

Keywords: water quality, phytoplankton, eutrophication

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton, según lo definido por Vicente et al. (2005), es la comunidad de microorganismos, mayormente fotosintéticos, ya sean: microalgas, cianobacterias, flagelados heterótrofos y otros grupos sin clorofila, que vive suspendida en la masa de agua. Por otro lado, atendiendo a lo mencionado por De la Lanza et al. (2000) en su estudio titulado “Organismo indicadores de la calidad el agua y de la contaminación (Bioindicadores)”, se define a un indicador biológico como un organismo selecto con diversos grados de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación o sus efectos.

Está formado principalmente de diatomeas, dinoflagelados, flagelados minúsculos y cianobacterias, constituyen el primer nivel trófico que sirve de alimento a animales mayores (Ruppert y Barnes, 1996). Por este motivo es considerado como el primer nivel en la cadena alimenticia en el mar, a causa de que está interconectado por la energía solar y material circulante en el ecosistema, energía que es traspasada al próximo nivel trófico zooplancton e ictioplancton (Mann y Lazier, 1991).

La ventaja de evaluar la calidad del agua utilizando organismos como el fitoplancton (microalgas o cianobacterias) permite reducir las actividades de campo y ayudan a determinar condiciones actuales y pasadas con mayor precisión, por medio del análisis de estructura de la comunidad fitoplanctónica, (Santillán-Aredo y Guerrero-Padilla, 2018).

La estructura de la comunidad fitoplanctónica puede cambiar significativamente en respuesta a diferentes tipos de contaminación. Por ejemplo, la eutrofización, donde el exceso de nutrientes, como fosfatos y nitratos, causa un rápido crecimiento del fitoplancton, particularmente de especies oportunistas como algunas cianobacterias, que pueden causar floraciones masivas y afectar la calidad del agua (Zarza, 2024). Los contaminantes químicos y metales pesados, algunas especies son más resistentes a estos contaminantes, mientras que otras son particularmente sensibles. La desaparición o propagación de especies específicas puede indicar la presencia de contaminantes tóxicos en el agua (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016). La biodiversidad, en cuerpos de agua saludables, la comunidad fitoplanctónica es diversa. Una disminución de la diversidad puede señalar la presencia de estrés ambiental, como la contaminación o el cambio climático (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016). Por

lo cual, el fitoplancton es de vital importancia tanto para los ecosistemas acuáticos como para salud ambiental, pues brinda información acerca del comportamiento temporal de contaminantes y del mismo modo permiten evaluar información acerca del comportamiento temporal de contaminantes y permiten evaluar información o cambios ambientales a corto plazo, (Bellinger y Sigee, 2010).

Por otro lado, el análisis fisicoquímico es un procedimiento que busca evaluar las características físicas y químicas del agua, con el objetivo de determinar su calidad (Valverde Medina & Caicedo Perlaza, 2019). Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y las propiedades físicas, esto, sin aportar información de la influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada respecto al contaminante o los contaminantes responsables (Orozco, 2005).

La quebrada La Sonadora, ubicada en una región de importancia ecológica dentro de la Reserva Hidrológica Cerro Guacamaya, no ha sido objeto de estudios ecológicos que utilicen el fitoplancton como bioindicador ni índices físico-químicos. Esta carencia de información impide una evaluación adecuada de los efectos de las actividades humanas en la calidad del agua. No obstante, estudios previos de la región han utilizado únicamente índices físico-químicos para evaluar la calidad del agua, como el ***“Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá”*** (Autoridad Nacional de Ambiente, 2009), que reveló que las aguas de la cuenca de Río Grande se clasificaban como "poco contaminadas" según el Índice de Calidad del Agua (ICA). Sin embargo, no se ha incorporado el análisis de bioindicadores como el fitoplancton, lo cual es crucial para una evaluación más holística del ecosistema acuático.

La Reserva Hidrológica Cerro Guacamaya es una de las pocas áreas protegidas en el país con connotación de reserva hidrológica y se creó con el objetivo de manejar, proteger y conservar los recursos naturales suelo fauna flora y mantener las fuentes hídricas de la región (Barrios et al., 2012, p. 7). Esta reserva no solo es un guardián de la flora y la fauna coclesana, sino que, además, es responsable de abastecer de agua potable a 36 comunidades en la provincia que se benefician de acueductos rurales.

Es por lo antes mencionado que este proyecto resulta de gran relevancia, ya que tiene como objetivo evaluar el estado ecológico de la quebrada La Sonadora en la comunidad de Cermeño, Coclé, Panamá, utilizando fitoplancton durante los meses de marzo-julio de 2024, siendo el primer estudio en la localidad sobre calidad de agua utilizando bioindicadores e índices fisicoquímicos; asimismo, nos permitirá conocer el estado o condición de este importante recurso natural para la comunidad y a la vez que propicia la adopción de medidas apropiadas encaminadas a velar por la conservación de este recurso vital por parte de la población y las autoridades.

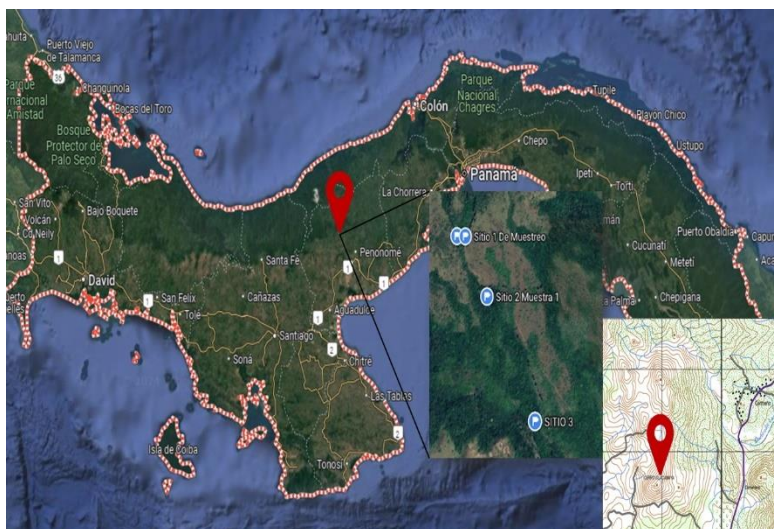
MATERIALES Y MÉTODOS

Área de muestreo

La quebrada La Sonadora es un ecosistema lótico poco caudaloso que se alimenta de un ojo de agua, naciendo en el Cerro Guacamaya y finalizando en la comunidad de Cermeño (8° 29' 28" N 80° 27' 4" O). Esta quebrada forma parte de la Reserva Hidrológica, Forestal, Arqueológica y de vida silvestre del Cerro Guacamaya, posee una extensión de 5 117.85 Ha (Barrios et al., 2012). El área de estudio se dividió en tres zonas de muestreo, en la parte superior de la quebrada, con tres estaciones de muestreo en zonas representativas.

Figura 1.

Área de muestreo de la quebrada La Sonadora en el Cerro Guacamaya, Cermeño, Coclé.



Nota. En la imagen se muestra las tres estaciones de muestreo: Nacimiento (sitio 1): 8°30'10.0"N 80°27'41.9"O; Zonas medias (sitio 2): 8°30'02.8"N 80°27'35.2"O; Zona de impacto directo (sitio 3): 8°29'46.9"N 80°27'27.3"O. Fuente: (Google Earth 2024).

Fase de campo

De acuerdo con lo realizado por Barros (2019) se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos como: pH, temperatura, oxígeno disuelto (ver tabla 2), además, para el muestreo de fitoplancton, se realizaron lanzamientos con una red cónica simple de 50 μm hasta obtener una muestra significativa por cada estación de muestreo. Esta metodología fue acompañada del cepillado de sustrato, empleando un marco de plástico y un cepillo de cerdas finas se realizó el cepillado del área interna delimitada por el marco de plástico de $2 \times 2 \text{ cm}^2$. Cada muestra fue fijada *in situ* agregando 1 gota de Lugol por cada 100 ml de muestra, un procedimiento recomendado para conservar las células fitoplanctónicas y evitar su degradación antes del análisis en laboratorio (Samanez, 2014, pp.112-13). Este procedimiento se llevó a cabo una vez marzo y se repitió en julio, para obtener muestras representativas de la época seca y lluviosa. En zonas poco profundas y cercanas a las orillas, tomando en cuenta que la quebrada no posee zonas profundas. Se realizó la medición de los

parámetros fisicoquímicos utilizando medidores portátiles marca VISOVIUM para pH, temperatura y Total de sólidos disueltos (SDT); un medidor portátil de oxígeno disuelto tipo lápiz con sonda marca UIUZMAR. Los niveles de nitrato y fosfato fueron medidos mediante tiras reactivas de la marca Syrisora. Para los coliformes totales las muestras fueron enviados a laboratorio para su análisis. Estos parámetros fueron utilizados para calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA).

Figura 2.

Metodologías de muestreo



Nota. A) arrastre con red para fitoplancton (red casera). B) Cepillado de sustrato.

Figura 3.

Fijación in situ de muestras



Nota. Fijación de muestras con Lugol.

Fase de laboratorio

En el laboratorio, las muestras fueron revisadas y preparadas para su análisis. Luego, se montaron 15 muestras por sitio de muestreo (5 por estación), utilizando 2 gotas de muestra en cada portaobjetos y cubiertas con un cubreobjetos para la observación cualitativa. Estas muestras fueron observadas durante 5 minutos bajo el microscopio y, mientras se realizaban las observaciones, se procedió a la captura de fotografías de los organismos observados para su identificación con la ayuda de claves taxonómicas como: Núñez-Avellaneda y Maciales-Caro (2008), Soler Onís (2016), Chivatá Bedoya & López (2014) y la base de datos en línea Phycokey (Baker, 2012). La identificación se basó en las características morfológicas de los organismos, comparándolos con las imágenes y descripciones de las guías taxonómicas.

Análisis e interpretación de datos

Una vez identificados los organismos, se utilizó el método de conteo de bandas dibujadas en un cubreobjetos para la cuantificación del fitoplancton y, finalmente, se procedió a

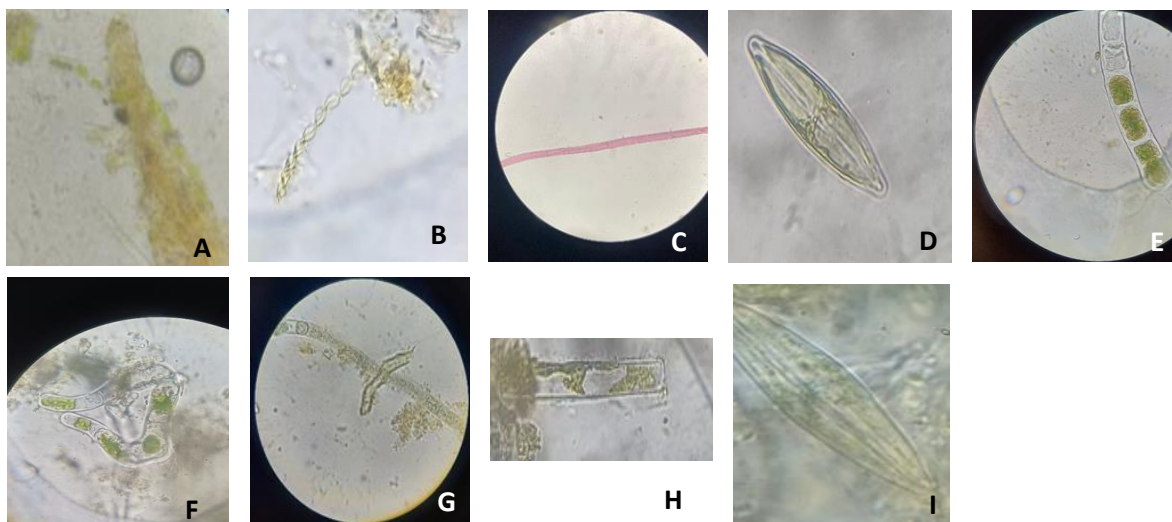
caracterizar la diversidad fitoplanctónica en cada zona de muestreo. La diversidad se evaluó utilizando los índices de Shannon-Wiener (H'), Pielou (J') y Simpson (D'), calculando las proporciones de las especies y su abundancia en las muestras. El análisis de datos se llevó a cabo en el programa de Microsoft Office Excel, además, se utilizó la calculadora en línea Statology para el cálculo del índice de predominio de Simpson. A los resultados obtenidos, se les aplicaron pruebas estadísticas como la prueba t de Student pareada y de coeficiente de correlación Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la quebrada La Sonadora se registraron nueve géneros de algas fitoplanctónicas presentes: *Coccolobrya* sp., *Spirogyra* sp., *Planktothrix* sp., *Navicula* sp., *Klebsormidium* sp., *Xanthonema* sp., *Draparnaldia* sp., *Synedra* sp., y *Frustulia* sp., distribuidas en ocho taxones: *Bacillariophyceae* con 2 géneros y *Chlorophyceae*, *Zygnematophyceae*, *Cyanophyceae*, *Klebsormidiophyceae*, *Xanthophyceae*, *Chaetophorales*, *Amphipleuraceae* cada una con un género.

Figura 4.

Fitoplancton presente en la quebrada La Sonadora en Cermeño, durante marzo julio 2024.



Nota. **A.** *Coccolobrya* sp. (*Chlorophyceae*). **B.** *Spirogyra* sp. (*Zygnematophyceae*). **C.** *Planktothrix* (*Cyanophyceae*). **D.** *Navicula* sp. (*Bacillariophyceae*). **E.** *Klebsormidium* sp.

(Klebsormidiophyceae). *F. Xanthonema* sp. (Xanthophyceae). *G. Draparnaldia* sp. (Chaetophorales). *H. Synedra* sp. (Bacillariophyceae). *I. Frustulia* sp. (Amphipleuraceae).

Al comparar estos hallazgos con estudios previos en ecosistemas acuáticos similares, se puede establecer una correlación entre la presencia de estos géneros y la calidad del agua. Para el género *Coccolobrya* sp. (Chlorophyceae) es característico de aguas dulces, oligotróficas y bien oxigenadas, lo que sugiere que la calidad del agua en ciertas zonas de la quebrada es alta. Un estudio similar en la cuenca del río Chillón, en Perú, mostró que la predominancia de algas verdes está asociada con aguas de baja contaminación orgánica (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016).

En cuanto a *Spirogyra* sp. (Zygnematophyceae), su presencia se vincula a aguas ricas en nutrientes, lo que podría ser un indicador de eutrofización en ciertas zonas, especialmente en las áreas de impacto agrícola (Gontcharov, 2008). Asimismo, *Planktothrix* sp. (Cyanophyceae), una cianobacteria conocida por su capacidad de florecer en condiciones de enriquecimiento por nutrientes, puede señalar la presencia de compuestos nitrogenados, además, estudios han reportado que especies de *Planktothrix* sp., pueden formar floraciones en cuerpos de agua con niveles de oxígeno disuelto bajos, lo que puede resultar en la degradación de la calidad del agua (Neelesh, 2023). Por otro lado, la abundancia de *Navicula* sp. (Bacillariophyceae) y *Synedra* sp. (Bacillariophyceae), ambas diatomeas, es un buen bioindicador de la calidad del agua, ya que estos géneros suelen habitar en aguas con buenos niveles de oxígeno disuelto y bajos niveles de contaminación (Escobar et al., 2013). Este hallazgo es consistente con otros estudios realizados en ecosistemas acuáticos como la cuenca baja del río Lurín, donde las diatomeas mostraron ser altamente sensibles a las alteraciones físico-químicas del agua (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016).

La presencia de *Frustulia* sp. (Amphipleuraceae), un género también asociado a condiciones oligotróficas, refuerza la idea de que, aunque hay áreas afectadas por la actividad humana por lo que, su presencia o ausencia puede reflejar cambios en las condiciones ambientales, tales como la eutrofización o la contaminación (Mosquera Murillo & Martínez-Cuesta, 2022).

Índices biológicos

Tabla 1.

Índices biológicos calculados para la población de fitoplancton de la quebrada La Sonadora durante marzo-julio de 2024

Índice Biológico	ÉPOCA/MUESTREO	
	S	LL
Índice de Shannon-Wiener (H')	0.580	0.611
Índice de Pielou (J')	0.528	0.555
Dominancia de Simpson (D')	0.665	0.656

El índice de equidad de Shannon-Wiener (H') indica una baja diversidad dentro de la comunidad de fitoplancton en la quebrada La Sonadora, este resultado es coherente con ambientes donde hay presión ambiental pero no un deterioro extremo de la biodiversidad (Magurran, 2021). El resultado obtenido para el índice de Pielou representa una comunidad fitoplanctónica bastante equitativa, donde las especies registradas en el afluente están representadas de forma uniforme. Esto indica un ecosistema en equilibrio donde no existe una especie dominante que desplaza a las demás (Pielou, 1966). El valor para el índice de diversidad de Simpson sugiere una ligera dominancia de una o pocas especies, pero sin una dominancia extrema, tal es el caso del taxón *Bacillariophyceae* que registró 2 géneros en la quebrada. Estos resultados son típico en comunidades que están sometidas a presión ambiental o actividad antropogénica, pero que aún mantienen niveles de diversidad razonables (Bobbitt, 2021; Simpson, 1949). Estudios en lagos de barrera y cuerpos de agua de grandes ríos en otras regiones del mundo han reportado comportamientos similares en el

índice de Shannon-Wiener y Pielou reflejando distintos estados tróficos (Cai et al., 2022; Zhikharev et al., 2022)

Parámetros fisicoquímicos

Según el Índice de Calidad de Agua (ICA), el muestreo 1 (época seca) presenta la categoría de “regular” con valores de 69.6. Misma categoría que en el muestreo 2 (época lluviosa), con valor de 62.9, sin embargo, se puede observar desmejora en la calidad de 6.7. (Tabla 2). Esto refleja un aumento en DBO₅, nitratos y fosfatos, acompañado por una ligera disminución en el oxígeno disuelto, lo cual sugiere que el cuerpo de agua está experimentando mayores niveles de contaminación orgánica y de nutrientes (Murrell et al., 2022).

Tabla 2.

Calidad fisicoquímica en la quebrada La Sonadora

PARÁMETRO	MUESTREO 1	MUESTREO 2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3.8	4.1
pH	5.1	5.4
DBO ₅	4.4	5.5
NO ₃	0	3.33
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	10	4
SDT (mg/L)	0.04	0.05
Fosfatos (mg/L)	0	0.1
Temperatura (°C)	28.2	27.4
ICA	69.6	62.9

Tabla 3.

Resultados de la aplicación de la prueba t de Student pareada para los parámetros fisicoquímicos en las épocas seca y lluviosa de la quebrada La Sonadora entre marzo-julio de 2024

Parámetro	Valor t calculado	Resultado
Oxígeno Disuelto	3.733	Significativo
Nitratos (mg/L)	1.000	No significativo
DBO5 (mg/L)	3.024	Significativo
pH	0.369	No significativo
Temperatura (°C)	-2.402	No significativo
Fosfato (mg/L)	3.464	Significativo
Coliformes Fecales	7.500	Significativo
SDT (mg/L)	1.512	No significativo

Nota. La tabla muestra los resultados de la prueba estadística t Student pareada aplicada a los parámetros fisicoquímicos para establecer su significancia entre los muestreos realizados.

Tabla 4.

Resultados de la aplicación de la prueba correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos en las épocas seca y lluviosa de la quebrada La Sonadora entre marzo-julio de 2024.

Parámetro	Coeficiente de correlación (r)-S	Coeficiente de correlación L (r)-Ll
Oxígeno Disuelto	-0.317	-0.596
Nitratos (mg/L)	*	-0.918
DBO5 (mg/L)	-1.000	0.397
pH	0.948	-0.894
Temperatura (°C)	0.980	-0.771
Fosfato (mg/L)	*	0.596
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	0.749	0.803
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.749	0.737

Nota. (S): Época seca. (Ll): Época lluviosa. (*) no se pudo determinar. r cercano a 1: Correlación positiva fuerte. r cercano a -1: Correlación negativa fuerte. r cercano a 0: No es posible determinar el grado de covariación. La tabla 4 muestra que la mayoría de los datos presentan una correlación positiva, y algunos, como el oxígeno disuelto presentan una correlación negativa.

Se aplicó la prueba de t Student pareada a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos registrados en los dos muestreos realizados. Los resultados reflejan que La diferencia de oxígeno disuelto entre las épocas seca y lluviosa es significativa, no se observaron cambios significativos en los niveles de nitratos entre las dos épocas, la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) es mayor en la época lluviosa, lo que puede causar un aumento de materia orgánica, tampoco se observan cambios significativos en el pH, al igual que la temperatura del agua

disminuye ligeramente en la época lluviosa, pero no es un cambio significativo. En cambio, la concentración de fosfatos aumentó significativamente en la época lluviosa, esto puede estar relacionado con la escorrentía en la zona. El incremento en la cantidad de coliformes fecales en la época lluviosa es significativo, lo que indica contaminación bacteriana, aunque no grave. Los sólidos disueltos totales aumentan significativamente en la época lluviosa.

Par determinar la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre la riqueza-diversidad de fitoplancton en la quebrada La Sonadora, se aplicó la prueba de correlación de Pearson a los datos. Los resultados (tabla 4), muestran que los parámetros que registraron una correlación positiva son aquellos que presentan un impacto sobre la diversidad fitoplanctónica; por el contrario, aquellos parámetros que registraron una correlación negativa, no tienen un impacto directo sobre la diversidad de fitoplancton presente en la quebrada La Sonadora.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados, en la quebrada La Sonadora se encontraron nueve géneros de fitoplancton, estos hallazgos sugieren que, mientras algunas zonas de la quebrada La Sonadora mantienen buena calidad del agua, áreas impactadas por actividades agrícolas muestran indicios de enriquecimiento por nutrientes (eutrofización), lo cual es reflejado por la presencia de géneros como *Spirogyra sp.*, y *Planktothrix sp.*, que aunque no son los taxones más abundantes, su presencia es un indicador de posible eutrofización. Los resultados obtenidos refuerzan la hipótesis de que la presencia de ciertos taxones de fitoplancton está asociada con un mal estado ecológico, pero también, se observó que la abundancia de ciertos taxones de fitoplancton refleja un estado ecológico bueno. Los índices biológicos calculados indicaron que la comunidad fitoplanctónica de la quebrada La Sonadora posee una baja diversidad, una distribución equitativa de individuos y cierta dominancia entre la población. En cuanto al estudio fisicoquímico actual, en la quebrada La Sonadora revela una calidad de agua "regular", con un ICA de 69.6 en el muestreo 1 y 62.9 en el muestreo 2. Los resultados muestran un aumento en la DBO₅, nitratos y fosfatos, y una ligera disminución en el oxígeno disuelto en el segundo muestreo, lo que indica una mayor presencia de materia orgánica y nutrientes.

Finalmente, de acuerdo con los resultados, el agua de la quebrada La Sonadora, en la comunidad de Cermeño, provincia de Coclé es apta para el consumo humano. Sin embargo, se recomienda que se ejecuten medidas de prevención y saneamiento en el acueducto rural de la comunidad. A la vez, recomendamos para futuras investigaciones la inclusión de otros bioindicadores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Clara Morán, por su guía y apoyo, a la SENACYT por hacernos parte de su programa y brindar los recursos, a Angélica González por ser parte del equipo de producción y diseño, a el Dr. Julio Reyes por darnos acceso a su equipo de microscopio para poder terminar las observaciones y tomar las fotos de las muestras, y a nuestros colaboradores por ayudarnos en la logística en toda la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Ambiente. (2009). *Informe de monitoreo de la calidad de agua en las cuencas hidrográficas de Panamá: Compendio de resultados, años 2002–2008*. <http://v1.panamacompra.gob.pa/documentosconvertidos/2009-1-08-0-08-lp-008343-et.pdf>
- Baker, A.L. (2012). Phycokey -- an image based key to Algae (PS Protista), Cyanobacteria, and other aquatic objects. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology. <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>
- Barrios, M., Estrada, E., Vásquez, F., Álvarez, F., Rodríguez, F., y Beroy, V. (2012). Línea base de la reserva hídrica Cerro Guacamaya. Autoridad Nacional de Ambiente.
- Barros, K. (2019). Fitoplancton como indicador del estado ecológico del embalse Chongón [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstreams/a65187aa-ab1d-4141-bee9-abd85b05b221/download>
- Bellinger, E., y Sigee, D. (2010). *Freshwater Algae: Identification and use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell. DOI:10.1002/9780470689554
- Bobbitt, Z. (2021). Simpson's Diversity Index Calculator. Statology. <https://www.statology.org/simpsons-diversity-index-calculator/>
- Cai, Y., Qi, L., Ma, C., Lu, X., y Fan, Y. (2022). Using phytoplankton taxonomy diversity indices to assess trophic states in the biggest quake lake in China. Research Square (Research Square). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1162879/v1>

- Chivatá Bedoya, T., & López, L. (2014). *Guía ilustrada / Cartilla ilustrada Fitoplancton y Zooplancton Humedal La Conejera Bogotá D.C.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11908.91520>
- De la Lanza Espino, G., Hernández Pulido, S., & Carbajal Pérez, J. L. (Eds.). (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; Comisión Nacional del Agua; Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Biología; Plaza y Valdés.
- De la Lanza, G., y Hernández, S. (2014). *Organismos acuáticos como indicadores de cambios ambientales: características, elección, interpretación, monitoreo. Ventajas y desventajas*. En C. González, A. Vallarino, J. Pérez y A. Low Editores (Eds.), *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (1ra ed., pp. 41–64). El colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
- Equipo de comunicación Aconsa (2021). *Parámetros químicos de calidad del agua: ¿Cuáles incluye la normativa?*. Aconsa. <https://aconsa-lab.com/parametros-quimicos-calidad-agua-cuales-incluye-la-normativa/>
- Escobar, M. J., Terneus, E., y Yáñez, P. (2013). Plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: análisis de caso. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/295105482_Plancton_como_bioindicador_de_la_calidad_del_agua_en_zonas_agricolas_andinas_analisis_de_caso
- Gontcharov, A. A. (2008). Phylogeny and classification of Zygnematophyceae (Streptophyta): current state of affairs. *Fottea*, 8(2), 87–104. <https://doi.org/10.5507/fot.2008.004>
- Magurran, A. E. (2021). Measuring biological diversity. *Current Biology*, 31(19), R1174–R1177. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Mann, K.H., y J.R.N. Lazier. (1991). *Dynamics of marine ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans*. Blackwell. Boston, U.S.A. <https://doi.org/10.1002/9781118687901.ch1>
- Martel, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Mosquera Murillo, Z., & Martínez Cuesta, L. M. (2022). Variación espacial de la comunidad de algas del perifiton en quebradas de la cuenca del río San Juan, Chocó, Colombia. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 46(178), 192–205. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1593>
- Murrell, J. a. L., Alvarez, B. R., Moya, D. L., y Badía, M. M. R. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río Almendares como caso de estudio. <https://www.redalyc.org/journal/1812/181271968004/html/>

- Neelesh, T. (2016). Cyanophyceae: characteristics, occurrence and classification. Biology Discussion. <https://www.biologydiscussion.com/algae/cyanophyceae-characteristics-occurrence-and-classification/46739>
- Núñez-Avellaneda, M., y Maciales-Caro, L. J. (2008). *Microalgas acuáticas: La otra escala de la biodiversidad en la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial <https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Microalgas%20relo ad.pdf>
- Omega Perú S.A. (2022). *Análisis completo de la calidad del agua y del producto en la industria de Bebidas*. <https://omegaperu.com.pe/analisis-completo-de-la-calidad-del-agua-y-del-producto-en-la-industria-de-bebidas/>
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M. N., Rodríguez, F., Alfayate, J. (2005) Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química. (3ª ed). Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A. <https://books.google.com.pe/books?id=nUoOx-8knyUC&lpg=PA11&hl=es&pg=PA11#v=onepage&q&f=false>
- Pielou, E. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- Ruppert, E., y Barnes, R. (1996). *Zoología de los invertebrados* (6.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. <https://es.slideshare.net/slideshow/zoologa-de-los-invertebrados-6ed-ruppert-y-barnes-1996/53094708>
- Samanez Valer, I., Rimarachín Ching, V., Palma Gonzales, C., Arana Maestre, J., Ortega Torres, H., Correa Roldán, V., & Hidalgo Del Águila, M. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. (Primera Edición ed., p. 75). <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/887>
- Santillán-Aredo, Santos R., y Guerrero-Padilla, Ana M. (2018). Macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(4), 97-110. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i4.3968>
- Simpson, E. H. (1949). *Measurement of diversity*. *Nature*, 163, 688. <http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>
- Soler Onis, E. (2016). *Estudio de las diatomeas (Heterokontophyta, Bacillariophyceae) del bosque húmedo subtropical del Barranco de Azuaje, Gran Canaria, Islas Canarias* [Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. <http://hdl.handle.net/10553/22751>

- Valverde Medina, L. M., & Caicedo Perlaza, L. (2019). Estudio de la calidad fisicoquímica del agua potable en los sectores del Cantón de Manabí. *Cienciamatria*, 5(9), 489-500. <https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.153>
- Vélez-Azañero, A., Lozano, S., y Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 69-79. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.745>
- Vicente, E., De Hoyos, P., Sánchez, J., y Cambra, J. (2005). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton*. Confederación Hidrográfica del Ebro. https://www.academia.edu/4082605/Protocolos_de_muestreo_y_an%C3%A1lisis_paraMINISTERIO_DE_MEDIO_AMBIENTE_CONFEDERACI%C3%93N_HIDROGR%C3%81FICA
- Zhikharev, V., Vodeneeva, E., Kudrin, I., Gavrilko, D., Startseva, N., Kulizin, P., Erina, O., Tereshina, M., Okhapkin, A., y Shurganova, G. (2022). The species structure of plankton communities as a response to changes in the trophic gradient of the mouth areas of large tributaries to a lowland reservoir. *Water*, 15(1), 74. <https://doi.org/10.3390/w15010074>
- Boyacioglu, H., (2007). Development of a water quality index based on a European classification scheme. *WATER SA*, vol.33, no.1, 101-106. DOI: [10.4314/wsa.v33i1.47882](https://doi.org/10.4314/wsa.v33i1.47882)
- Mosquera, J. A. S. (2018.). PROPUESTA DE ÍNDICE DE CALIDAD DE HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN CUERPOS DE AGUAS CIUDAD DE. Edu.Co. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/5a18d3e1-40ef-4d58-8389-5f3a94b3584f/content>
- Zarza, L. (2024, May 23). ¿Qué es la eutrofización? iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-eutrofizacion>

List of Dental Anomalies in Bats from Panama and First Report for *Phyllostomus hastatus* (Pallas, 1767)

Lista de anomalías dentales en murciélagos de Panamá y primer informe sobre
Phyllostomus hastatus (Pallas, 1767)

Nelson Guevara

Fundación Biomundi. Panamá

nelson2295@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-3200-6648>

Yosari Caceres

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

giorenix36@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-7884-4217>

Mallory Salgado

Fundación Biomundi. Panamá

mallorysalgado04@gmail.com <https://orcid.org/0009-0002-6268-026X>

Adrián Cisneros

Fundación Biomundi. Panamá

adralexis23@gmail.com <https://orcid.org/0009-0009-5429-9881>

Manuela Pérez

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

maperezge@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-7612-5040>

Bryan Vargas

Fundación Biomundi. Panamá

bryan26a26@gmail.com <https://orcid.org/0009-0007-6450-7854>

Recepción: 27 de enero de 2025

Aprobación: 3 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6814>

Abstract

Dental anomalies in bats are of special interest due to the wide range of morphological variation among them. The first list of bat species with dental anomalies in Panama is presented. In addition, the known record for the species *Phyllostomos hastatus* is presented.

Keywords: animal taxonomy, mammals, morphology

Resumen

Las anomalías dentales en murciélagos son de especial interés debido al amplio rango de variación morfológica entre ellos. Se presenta la primera lista de especies de murciélagos con anomalías dentales en Panamá. Además, se presenta el registro conocido para la especie *Phyllostomos hastatus*.

Palabras clave: mamífero, morfología, taxonomía animal

INTRODUCTION

The origin of mammals is closely linked to the appearance and evolution of dentition (Bonaparte, 2009), although mammals share similar basic dental components, these vary in shape, size, and number depending on the species' diet (Kemp, 2005), leading to specific dental formulas that contribute to studies in ecology, paleontology, functional morphology, systematics, and the taxonomic diagnosis of genera and species (Bergqvist, 2003). However, a high frequency of dental anomalies is often found in wild individuals (Libardi & Percequillo, 2014), with bats being the group with the highest number of recorded anomalies among mammals (Ghazali & Dzeverin, 2010; Liposki-Biassi et al., 2020).

In bats, systematics and taxonomy are primarily based on the morphological characteristics of their teeth (Simmons & Jones, 2024), as their dental formulas can characterize all members of a family and even distinguish cryptic species (Díaz et al., 2021). Therefore, the existence of various types of dental anomalies, ranging mainly from additional teeth (polyodontia) to the lack or absence of teeth (oligodontia) (López-Aguirre, 2014), can

result in misidentifications or misclassifications of groups, species, and the description of invalid taxa (Lanza et al., 2008; Esquivel-Melo et al., 2017).

According to López-Aguirre (2014), in the Neotropical region, the Phyllostomidae family has the highest number of reported dental anomalies, which may increase the likelihood of misidentified individuals, this is because leaf-nosed bats exhibit the greatest dental diversification, reflecting their wide variety of diets and feeding strategies (Esquivel-Melo et al., 2017; Wilson & Mittermeier, 2019).

Moreover, in genera such as *Artibeus*, it has been observed that *A. lituratus* presents the highest number of anomalies in the region (López-Aguirre, 2014). Additionally, exceptional cases have been reported in *A. jamaicensis*, where the number of teeth can vary depending on geographic distribution, even among relatively close populations in northern and southeastern Mexico (Davis, 1970). This highlights the importance of documenting and emphasizing cases of unusual or abnormal dentition (Ramírez-Pulido & Müdespache, 1987).

Phyllostomus hastatus (Pallas, 1767) is an omnivorous bat considered to be one of the largest species in the Americas (Cortés-Delgado, 2014). It has a broad distribution, ranging from southern Belize to Paraguay and northern Argentina (Guevara et al., 2024). It primarily inhabits caves, hollow trees, buildings, and termite nests (LaVal & Rodríguez-Herrera, 2002). Like other members of the genus *Phyllostomus*, its dental formula is I 2/2, C 1/1, P 2/2, M 3/3 (X2), with large upper incisors that leave no space between them and the canines (Aguirre, 2019).

Through this study, we present the first list of bats with dental anomalies in Panama, along with the first recorded case of a dental anomaly observed in an individual of the greater spear-nosed bat (*P. hastatus*).

MATERIALS AND METHODS

The captured specimens inhabit in the interior of Las Cuevas de Chilibre, located along the edge of the Boyd-Roosevelt Highway, also known as Transistmica Highway, in the town of Las Cuevas de Chilibre, Chilibre District, Panama Province (Coordinates: 9°10'34.63"N,

79°36'59.62"W). The caves, at an elevation of 350 meters above sea level, are part of the Chilibre River and Chilibrillo River sub-basin in the eastern region of the Panama Canal Watershed.

The capture of the individuals took place on December 27, 2024, using a manual technique with a telescopic net, and they were identified based on the descriptions provided in the guides by Reid (2009), Wilson & Mittermeier (2019), and the taxonomic key by Díaz et al. (2021). Morphometric measurements and weight were recorded using a manual caliper and a scale with a range of 100g x 1g, respectively. Additional data collected included age, sex, and reproductive status.

The collection of the individuals was conducted under the research permit ARG-016-2023 issued by the Ministry of Environment of Panama and they remain in the custody of the researchers. The specimens are preserved through biological preparation of the skin and cleaning of the skull using 3% hydrogen peroxide and 3% sodium hypochlorite. The comparison and observation of cranial-dental structures were conducted based on the descriptions provided by Santos et al. (2003).

Finally, a bibliographic search of articles was conducted through the ISI Web of Knowledge and Scopus databases; and from the Google Scholar and ResearchGate platforms, only publications in national and international indexed journals were considered, listing bat species with reported records of dental anomalies in Panama. The following keywords were used: dental anomaly, Chiroptera, dental formula, bat, and Panama. Only a single article containing the relevant information was compiled.

RESULTS AND DISCUSSION

An adult male individual of *Phyllostomus hastatus* in a non-reproductive state was identified, showing dental anomalies in the inner upper incisors and in the upper and lower molars on both sides of the maxilla and mandible, respectively. Morphometric measurements and weight: Body: 61 mm, Forearm: 40 mm, Tail: 33 mm, Ear: 15 mm, Leg: 9 mm, Tibia: 16 mm, Calcar: 15 mm, 13 g.

The upper incisors were smaller than usual, showing large spaces between them and notable wear. Meanwhile, the upper molars, specifically M2 and M3 on the right side, and M1, M2, and M3 on the left side, were absent, with no visible alveoli and seemingly covered by secondary bone tissue (Figure 1).

At first glance, the lower molars appear to be absent on each side of the mandible. However, closer observation reveals that they are extremely reduced in each of their components, appearing as small fragments of fractured teeth. Additionally, there is notable wear on the crowns (Figure 2).

The bibliographic review revealed, two other cases of bats with dental anomalies in Panama have been reported, making this report of *P. hastatus* the third case recorded on the isthmus, all within the Phyllostomidae family (Table 1).

Figure 1.

Dental anomalies recorded in the maxilla. A1, A2 and A3, individual with abnormal dentition; B1, B2 and B3, individual with normal dentition.

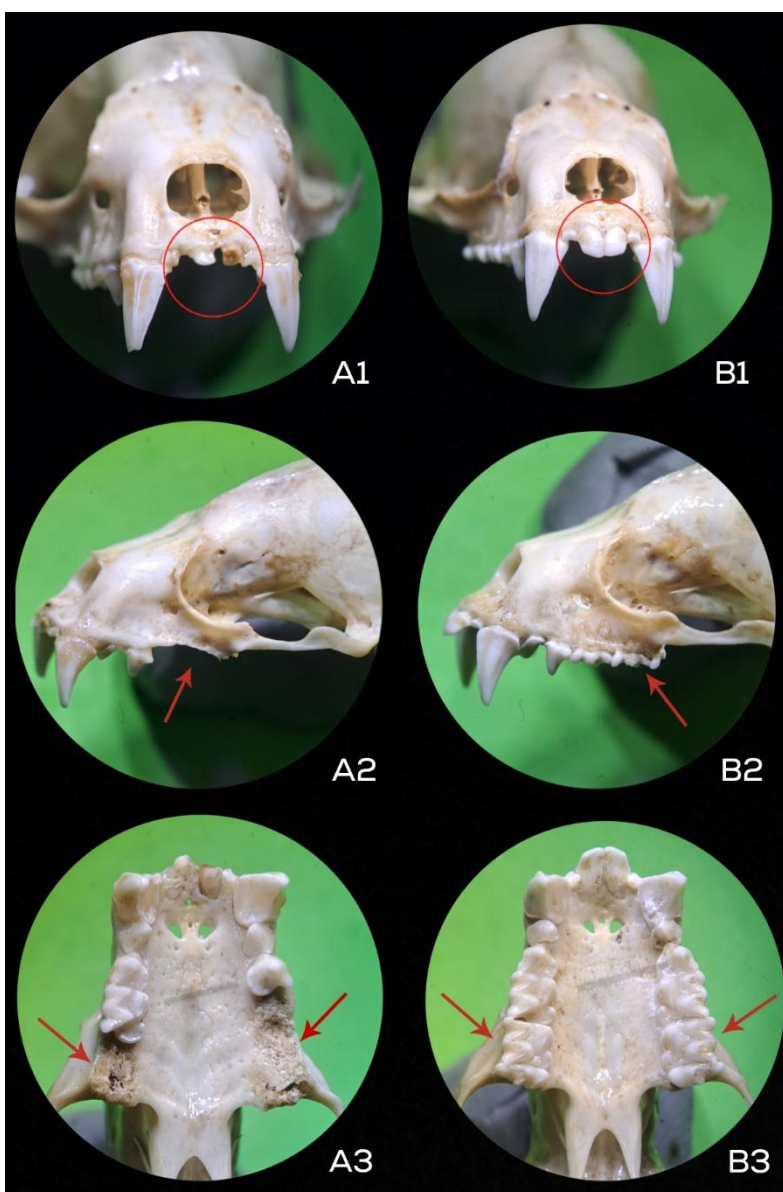


Figure 2.

Dental anomalies recorded in the mandible. A4, A5, A6 and A7, individual with abnormal dentition; B4 and B5, individual with normal dentition.

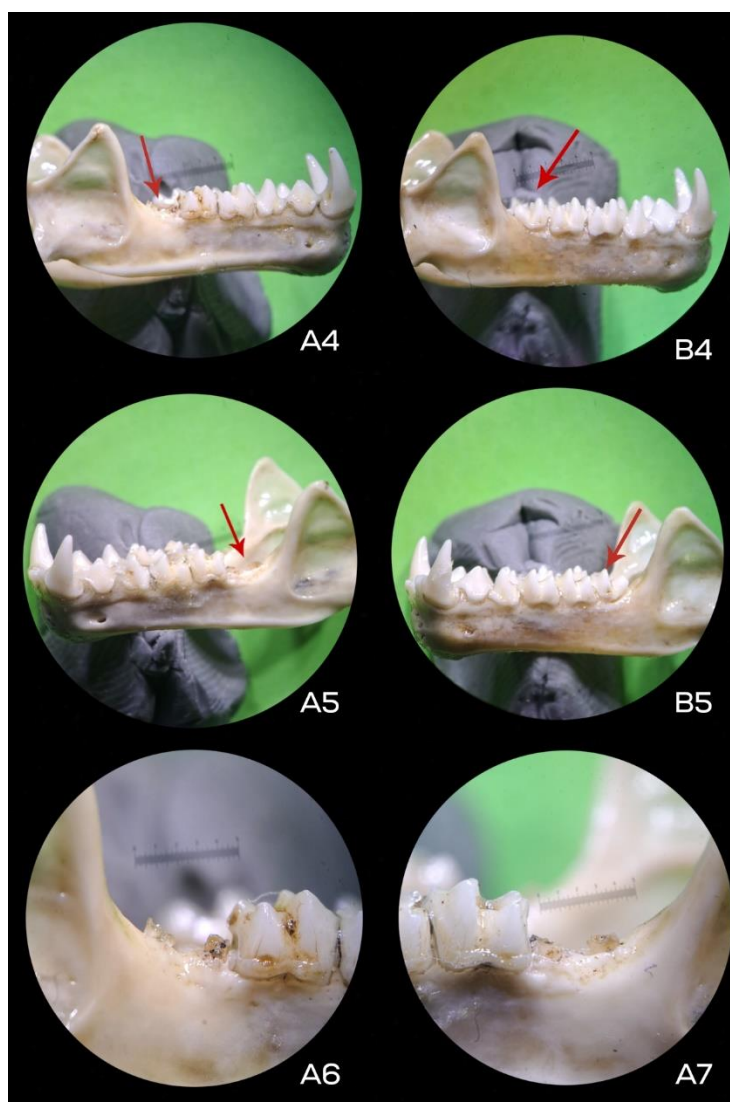


Table 1.

Bats with dental anomalies in Panama.

Species	Taxonomic Update	Subfamily	Diet	Anomaly	Study
<i>Lichonycteris obscura</i>		Glossophaginae.	Nectarivore .	Polydontia.	Lanza et al. (2008).
<i>Lonchophyll a mordax</i>	<i>Lonchophyll a concava</i>	Lonchophyllinae .	Nectarivore .	Polydontia.	Lanza et al. (2008).
<i>Phyllostomus hastatus</i>		Phyllostominae.	Omnivore.	Microdontia , oligodontia, and dental agenesis.	Present .

According to the classifications of dental anomalies presented by Durante (1982), Martín-González et al. (2012), and Agurto et al. (2019), the *Phyllostomus hastatus* individual appeared to have microdontia in the inner upper incisors and oligodontia in the upper molars on each side of the maxilla. Furthermore, it showed relative dental agenesis in the lower molars on each side of the mandible.

Particularly in bats, reported dental anomalies are attributed to genetic, nutritional, pathogenic, and developmental factors (Hoff & Hoff, 1996). However, Martin (2007) mentions that in some cases, these anomalies may also result from physical injuries or mechanical stress. Nevertheless, no cranio-dental injuries were observed in the individual examined.

It is also known that constant habitat pollution can cause severe diseases or morphological alterations in various organs and skeletal structures of mammals such as bats (Rodríguez et al., 2019). This could be one of the possible reasons for the anomaly found, as the caves are saturated with plastics, metals, and electronics, both on the ground and in the water, leading to relentless contamination of the area. However, it is difficult to determine with certainty which dental anomalies occur in each individual and their possible causes (Asahara et al., 2012). Regarding other anomalies documented in Panama by Laza et al. (2008), the in-situ condition at the time of specimen collection is unknown, so no possible cause is suggested.

On the other hand, most dental anomalies in Neotropical bats have been observed to correspond to oligodontia and polydontia in frugivorous, insectivorous, and nectarivorous species (Butler, 1995; López-Aguirre, 2014). Interestingly, although most cases pertain to the species *A. lituratus*, reports predominantly focus on various species of the genus *Myotis*. In contrast, within the family Phyllostomidae, most cases are attributed to nectarivorous species. This variability further complicates the establishment of a direct relationship between environment, diet, genetics, and evolutionary factors associated with the anomalies documented for a specific group (Rui and Drehmer, 2004; López-Aguirre, 2014).

The dental anomaly described here, like other cases previously reported in Panama involving a single individual, may be due to an isolated case or mutation within the population, as no other specimens with the mentioned types of anomalies were found in the study area. However, the analysis, preparation, and reporting of additional specimens with similar characteristics are essential to understanding the possible processes involved in the increase or absence of teeth in various individuals. This will also help prevent confusion and misidentification by anticipating these possible occurrences. Furthermore, we highlight this as the first reported case for an omnivorous bat and of the species *Phyllostomus hastatus*.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Junta Comunal de Chilibre for their kind reception and for providing historical and sociocultural information about the caves. To Dr. Alonso Santos Murgas of the University of

Panama for facilitating the use of the Stereoscope for the observation and photography of the skulls of the specimens.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Aguirre, L. A. (2019). *Phyllostomus hastatus*. En D. E. Wilson & R. A. Mittermeier (Eds.), *Handbook of the mammals of the world* (p. 507). Lynx Edicions.

Agurto, S. P., Nicholson, C., & del Sol, M. (2019). Proposal of anatomical terms for alterations in tooth size: “Microdontia and Macrodonia”. *International Journal of Morphology*, 37(1), 375–378. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000100375>

Asahara, M., Kryukov, A., & Motokawa, M. (2012). Dental anomalies in the Japanese mole *Mogera wogura* from northeast China and the Primorsky region of Russia. *Acta Theriologica*, 57(1), 41–48. <https://doi.org/10.1007/s13364-011-0050-0>

Bergqvist, L. P. (2003). The role of teeth in mammal history. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 2(5), 249–257. <https://doi.org/10.20396/bjos.v2i6.8641693>

Bonaparte, J. F. (2014). *El origen de los mamíferos*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara.

Butler, P. M. (1995). Ontogenic aspects of dental evolution. *International Journal of Developmental Biology*, 39(1), 25–34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7626414/>

Cortes-Delgado, N., & Jiménez-Ferbans, L. (2014). Descripción de un refugio usado por *Phyllostomus hastatus* (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Serranía del Perijá, La Guajira, Colombia. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 1(2), 10–14.

Davis, W. B. (1970). The large fruit bat (genus *Artibeus*) of middle America, with a review of the *Artibeus jamaicensis* complex. *Journal of Mammalogy*, 51(1), 105–122. <https://doi.org/10.2307/1378537>

- Díaz, M. M., Solari, R. G., Aguirre, L. F., & Barquez, R. M. (2021). *Clave de identificación de los murciélagos neotropicales* (Publicación especial #4-PCMA). Tucumán, Argentina: Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina.
- Durante, A. C. (1982). *Diccionario ontológico* (4ta ed.). Editorial Mundo.
- Esquivel-Melo, D., Camelo-Pinzón, D., & Rodríguez-Bolaños, A. (2017). New record of bilateral hyperdontia in *Carollia brevicauda* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Therya*, 8(1), 71–73. <https://doi.org/10.12933/therya-17-440>
- Ghazali, M. A., & Dzeverin, I. I. (2010). Dental abnormalities in mouse-eared bats (*Myotis*). *Plecotus*, 13, 12–13.
- Guevara, N., Romero, L., Peralta, H., Martínez, E., Alvarado, T., Cáceres, Y., & Salgado, M. (2024). Predation attempt of *Phyllostomus hastatus* on *Artibeus jamaicensis* in Panamá. *Therya Notes*, 5, 268–272. https://doi.org/10.12933/therya_notes-24-184
- Hoff, G. L., & Hoff, D. M. (1996). Dental anomalies in mammals. En A. Fairbrother, L. N. Locke, & G. L. Hoff (Eds.), *Noninfectious diseases of wildlife* (pp. 100–108). Iowa State University Press.
- Kemp, T. S. (2005). *The origin and evolution of mammals*. Oxford University Press.
- Lanza, B., Riccucci, M., & Funaioli, U. (2008). An interesting case of polyodontia in *Epomophorus wahlbergi*, with a review of this dental anomaly in bats (Chiroptera). *Lynx*, 39(1), 109–127.
- LaVal, R. K., & Rodríguez-Herrera, B. (2002). *Murciélagos de Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Libardi, G. S., & Percequillo, A. R. (2014). Supernumerary teeth in *Necromys lasiurus* (Rodentia, Cricetidae): The first record in Sigmodontinae. *Mastozoología Neotropical*, 21(2), 219–229.

- Liposki-Biassi, D., Hennayra-Corá, D., Weinmann-Oliveira, F., Cassaro, C., Busnello-Kubiak, B., & Galiano, D. (2020). Dental anomaly in the yellow-shouldered bat, *Sturnira lilium*. *Therya Notes*, 1(2), 58–61. https://doi.org/10.12933/therya_notes-20-14
- López-Aguirre, C. (2014). Dental anomalies: New cases of *Artibeus lituratus* from Colombia and a review of these anomalies in bats (Chiroptera). *Chiroptera Neotropical*, 20(1), 1271–1279.
- Martin, G. M. (2007). Anomalías en la dentición de *Dromiciops gliroides* (Microbiotheria, Microbiotheriidae), *Caenolestes fuliginosus* y *Rhyncholestes raphanurus* (Paucituberculata, Caenolestidae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 80(3), 393–406. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2007000400001>
- Martín-González, J., Sánchez-Domínguez, B., Tarilonte-Delgado, M. L., Castellanos-Cosano, L., Llamas-Carreras, J. M., López-Frías, F. J., & Segura-Egea, J. J. (2012). Anomalías y displasias dentarias de origen genético-hereditario. *Avances en Odontoestomatología*, 28(6), 287–301. Recuperado el 16 de enero de 2025, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852012000600004&lng=es&tlng=es
- Mery Santos, L. F., Aguirre, L. F., Vázquez, L. B., & Ortega, J. (2003). *Phyllostomus hastatus*. *Mammalian Species*, 722(1), 1–6. <https://doi.org/10.1644/722>
- Ramírez-Pulido, J., & Müdespacher, C. (1987). Fórmulas dentarias anormales en algunos murciélagos mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*, 23(1), 1–54. <https://doi.org/10.21829/azm.1987.19232039>
- Reid, F. A. (2009). *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press.
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: Una realidad oculta*. FAO.

- Rui, A., & Drehmer, C. J. (2004). Anomalias e variações na fórmula dentária em morcegos do gênero *Artibeus* Leach (Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3), 639–648. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000300026>
- Simmons, N. B., & Jones, M. F. (2024). Foraging in the fossil record: Diet and behavior of the earliest bats. En D. Russo & B. Fenton (Eds.), *A natural history of bat foraging* (pp. 7–39). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91820-6.00008-5>
- Wilson, D. E., & Mittermeier, R. A. (Eds.). (2019). *Handbook of the mammals of the world: Vol. 9. Bats*. Lynx Edicions.

Genes de resistencia a antibióticos en suelos agrícolas: Un enlace entre agricultura y salud

Antibiotic resistance genes in agricultural soils: A link between agriculture and health

Deilyn Quiel

Universidad Autónoma de Chiriquí, Centro de Investigación en Bioquímica y Química Aplicada. Panamá.

deilyn.quiel@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0009-2323-6984>

Viviana Carrasco

Universidad Autónoma de Chiriquí, Centro de Investigación en Bioquímica y Química Aplicada. Panamá.

Viviana.carrasco@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0000-9705-2904>

Mariel Monrroy

Universidad Autónoma de Chiriquí, Centro de Investigación en Bioquímica y Química Aplicada. Panamá.

mmonrroy@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8679-8070>

Luiggi Franco

Universidad Autónoma de Chiriquí, Centro de Investigación en Bioquímica y Química Aplicada. Panamá.

luiggi.franco@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0003-7387-3742>

Autor de correspondencia: deilyn.quiel@unachi.ac.pa

Recepción: 30 de enero de 2025

Aprobación: 20 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6840>

Resumen

Los genes de resistencia a antibióticos (GRAs) representan una preocupación global, especialmente en suelos agrícolas, donde actúan como reservorios que facilitan la diseminación de resistencia a los antimicrobianos. Este artículo de revisión explora los principales orígenes, como fertilizantes orgánicos, inorgánicos y aguas residuales, así como los mecanismos de diseminación, con énfasis en la transferencia horizontal de genes y los

elementos genéticos móviles. Además, se examinan los esfuerzos de países desarrollados como China y Estados Unidos para comprender esta problemática, resaltando la interacción entre GRAs, suelos agrícolas y cultivos, la cual podría impactar la salud pública al transferir resistencia a los alimentos. Dada la limitada información disponible sobre esta temática en regiones como Latinoamérica y Centroamérica, se subraya la necesidad de investigaciones en países poco explorados como Panamá, donde la agricultura es crucial para la economía y la seguridad alimentaria. El propósito de esta revisión es fomentar estudios futuros que profundicen en la relación entre los GRAs y las prácticas agrícolas, contribuyendo a una mejor comprensión de su impacto en regiones donde la agricultura es fundamental para la economía y la seguridad alimentaria.

Palabras clave: agricultura, microbiología, suelo

Abstract

Antibiotic resistance genes (ARGs) represent a global concern, especially in agricultural soils, where they act as reservoirs that facilitate the spread of antimicrobial resistance. This review article explores the main sources, such as organic fertilizers, inorganic fertilizers, and wastewater, as well as the mechanisms of dissemination, with emphasis on horizontal gene transfer and mobile genetic elements. In addition, the efforts of developed countries such as China and the United States to understand this problem are examined, highlighting the interaction between GRAs, agricultural soils and crops, which could impact public health by transferring resistance to food. Given the limited information available on this topic in regions such as Latin and Central America, the need for research in underexplored countries such as Panama, where agriculture is crucial for the economy and food security, is highlighted. The purpose of this review is to encourage future studies that delve deeper into the relationship between GRAs and agricultural practices, contributing to a better understanding of their impact in regions where agriculture is fundamental to the economy and food security.

Keywords: agriculture, microbiology, soils

INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antibióticos (RA), es considerada como una problemática global para la salud pública en constante expansión. Se estima que, para el 2050, las infecciones con este tipo de resistencia podrían causar hasta 10 millones de muertes anuales, causando impactos económicos y sociales devastadores, que podrían llevar para el 2030 hasta 24 millones de personas a la pobreza extrema. Aunque históricamente la resistencia a los antibióticos se ha relacionado únicamente con la medicina clínica, ahora es evidente que el uso de antibióticos en la agricultura también desempeña un papel central en esta problemática, ya que esta puede impulsar la propagación de genes de resistencia a antibióticos (GRAs) en los ecosistemas naturales y la cadena alimentaria (World Health Organization, 2019; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).

Uno de los ecosistemas naturales en el que se ha presentado especial interés para el estudio de la presencia de GRAs, en los últimos años son los suelos, en especial los suelos agrícolas que, debido a su alta diversidad microbiana, son considerados un reservorio crítico de estos genes. Estas resistencias pueden originarse tanto de microorganismos autóctonos como de factores externos, como estiércol, lodos residuales y agua reciclada (Wu et al., 2023). De igual forma, se han destinado esfuerzos al estudio de la transferencia horizontal de genes (THG) de resistencia a antibióticos en estos suelos, la cual es facilitada por elementos genéticos móviles (EGM) como plásmidos y transposones, incrementando la dispersión de este tipo de resistencia a nivel global (Zalewska et al., 2021).

Al ser los suelos la principal fuente natural de GRAs, la diseminación de estos genes en suelos utilizados para la agricultura tiene un efecto sobre la seguridad alimentaria y la salud de las personas, ya que estos pueden ser transportados a través de cultivos, agua de riego y aerosoles, contaminando cuerpos de agua y contribuyendo a la propagación de bacterias resistentes a antibióticos (BRA) (Forsberg et al., 2012). Este vínculo entre la agricultura y la salud pública refuerza la necesidad de un enfoque integrado "One Health" que involucre la relación entre salud humana, animal y ambiental (Wang et al., 2021).

En regiones como Europa, se han implementado estrategias integrales para combatir la resistencia a los antibióticos en diversas matrices, incluidos los suelos agrícolas. Un ejemplo destacado es el Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos de España (PRAN, 2022), diseñado para minimizar el riesgo de selección y diseminación de estas resistencias. En América Latina, por el contrario, los estudios se enfocan principalmente en su relación con la medicina clínica (Gonzales-Rodríguez et al., 2022), la veterinaria (Hernández et al., 2023) y las aguas (Calizaya et al., 2023).

En Panamá, investigaciones como la de Ramírez-Bayard et al. (2023), donde analizaron genes de resistencia a tetraciclinas en muestras ambientales, animales y humanas, representan avances notables. Sin embargo, los estudios centrados en suelos agrícolas son escasos, a pesar de su relevancia para comprender el impacto global de la resistencia a antibióticos. Forsberg et al. (2014) demostraron que los suelos agrícolas y los pastizales presentan resistomas variados, lo que resalta la importancia de ampliar estas investigaciones y abordar este tipo de matrices.

Por ello, mediante la recopilación y análisis de la literatura reciente sobre las principales fuentes de GRAs en suelos agrícolas, los métodos más utilizados para su determinación, la interacción que puede existir entre los GRAs con el suelo y los cultivos que podrían representar un riesgo para la salud pública, se busca promover investigaciones futuras en regiones de Latinoamérica y Centroamérica, como Panamá, las cuales cuentan con limitada información sobre este tema. De esta forma, se podría identificar la abundancia de GRAs y su relación con las prácticas agronómicas, en estas regiones donde la agricultura es uno de los sectores económicos más importantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de este artículo de revisión, se emplearon 40 documentos, los cuales fueron seleccionados mediante una búsqueda exhaustiva de literatura científica utilizando bases de datos y buscadores especializados, como PubMed, Scielo, Google Scholar, American Chemical Society (ACS), MDPI y ScienceDirect. Se dio prioridad a la selección

de artículos publicados, principalmente, en los últimos 10 años. Además, se incorporaron datos provenientes de organismos internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés).

Las búsquedas se llevaron a cabo empleando operadores booleanos y combinaciones de palabras clave y frases relevantes, tales como “genes de resistencia a antibióticos”, “resistencia antimicrobiana”, “suelos agrícolas”, “resistoma de suelos” y “resistencia a antibióticos en entornos ambientales”. Dentro de los criterios de elección de los artículos se contemplaron artículos originales, revisiones sistemáticas y documentos técnicos de organismos oficiales relacionados con el tema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

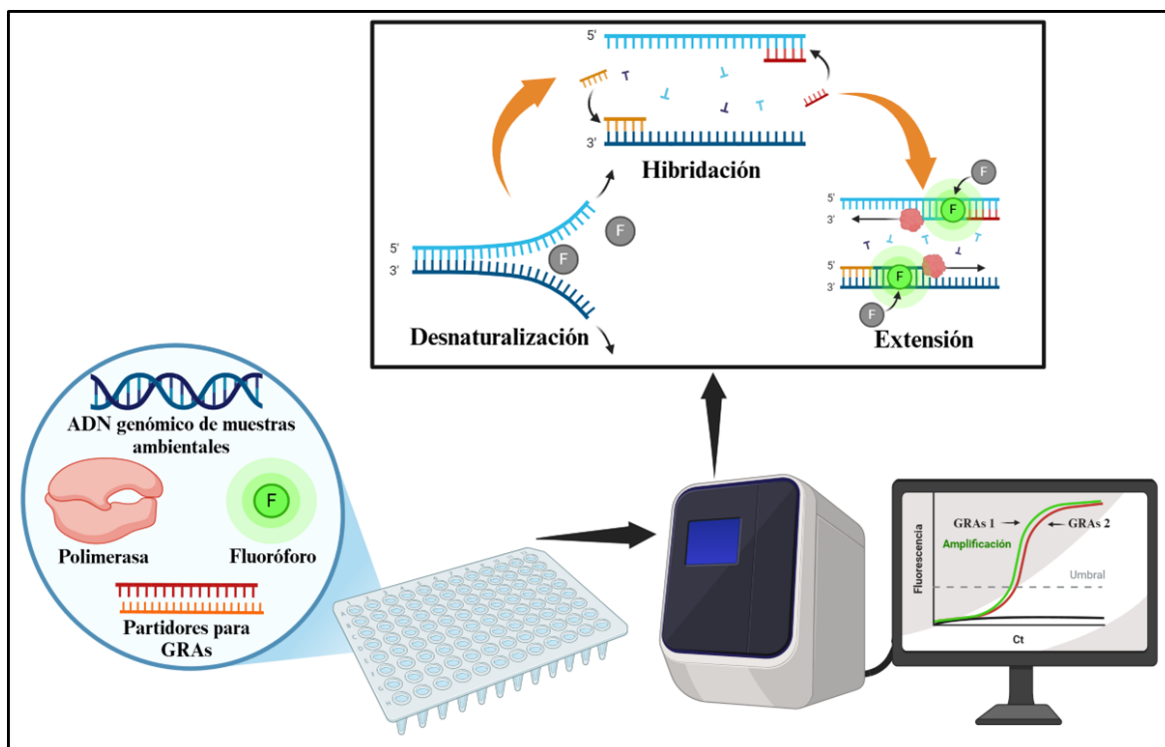
Origen y diseminación de GRAs en suelos agrícolas

Los GRAs en suelos agrícolas provienen de múltiples fuentes antropogénicas, siendo una de las principales el uso de fertilizantes orgánicos como estiércol, lodos de depuradora y aguas residuales tratadas que contienen bacterias resistentes y están estrechamente relacionadas con la agricultura. Estas aplicaciones introducen GRAs y EGMs al microbioma del suelo, favoreciendo su persistencia y propagación hacia otros ecosistemas (Karkman et al., 2018; Zhu et al., 2021).

Para la determinación de estos genes se pueden emplear diversos métodos y técnicas moleculares. En la Tabla 1, se puede observar que, de un total de 13 artículos consultados, la técnica más empleada en los últimos 10 años para la determinación de GRAs es la Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real (Figura 1) (qPCR, por sus siglas en inglés), todo esto porque proporciona una detección y cuantificación muy sensibles de estos genes en muestras ambientales, lo cual permite que sea un método comparable entre estudios y matrices (Abramova et al., 2023).

Figura 1

Proceso para la detección y cuantificación de GRAs por qPCR en muestras ambientales.



En los últimos años el uso de técnicas como la secuenciación de nueva generación (NGS, por sus siglas en inglés) ha cobrado gran interés debido a la cantidad de información que pueden proporcionar sobre este tipo de genes, con algunas limitaciones como la falta de protocolos estandarizados, los datos que se generan son semicuantitativos, el límite de cuantificación es pobre y se requiere un conocimiento avanzado en el uso de herramientas bioinformáticas, (Florensa et al., 2022; Abramova et al., 2023).

Se ha evidenciado que las aguas residuales son vectores importantes de GRAs, ya que incluso después de tratamientos avanzados persisten genes y bacterias con estas resistencias, lo cual sugiere que su uso en el riego agrícola debe considerarse con especial cuidado, ya que las mismas pueden actuar como fuentes de resistencia a antibióticos y puede ser promotor de una mayor diseminación de GRAs (Karkman et al., 2018).

La administración directa de antibióticos en sistemas ganaderos intensivos, granjas de cerdos y pollos causa una alta presión selectiva, que genera la proliferación de bacterias resistentes y la transferencia de GRAs al ambiente, siendo las dos últimas donde se presentan, generalmente las mayores abundancias de este tipo de genes (He et al., 2020; Farooq et al., 2022). Además, se ha determinado que en desechos sólidos y líquidos de animales los niveles que se mantienen de algunos antibióticos representan una problemática, al poder generar una presión selectiva sobre la microflora propia de los animales, lo que propicia el incremento en la abundancia de GRAs que eventualmente llega a los suelos agrícolas a través de enmiendas agrícolas (Wang et al., 2022; Karwowska, 2024).

Se ha demostrado que los suelos agrícolas presentan mayor frecuencia y abundancia de GRAs e *IntI1*, en comparación con los no agrícolas, diferencia atribuida a la constante incorporación de enmiendas agrícolas que mantienen GRAs y la selección microbiana inducida por la exposición a antibióticos Dungan et al., (2019). De igual manera, Forsberg et al. (2014) revelaron que los resistomas de este tipo de suelos son más complejos y están enriquecidos en GRAs relacionados con la resistencia a antibióticos de amplio espectro en comparación con los de suelos de pastizales. Estos datos sugieren, en cierto modo, que las prácticas agrícolas contribuyen significativamente al incremento de GRAs en el ambiente.

En este mismo sentido, un estudio realizado por Chen et al., (2017), con suelos fertilizados con estiércol de cerdo se reportó la presencia de 34 GRAs adicionales e incrementos significativos en la abundancia de los GRAs (expresada en el número de copias GRAs/ gen 16S rRNA) en comparación con las presentadas en suelos control (Sin estiércol de cerdo). De igual forma, McKinney et al., (2018) observaron que la abundancia de GRAs, especialmente *sul1* y *tet* (W), se incrementaron significativamente cuando el suelo se fertilizó con estiércol de vaca en comparación con los controles y los que se fertilizaron con abonos inorgánicos.

En los últimos años, la presencia de genes de resistencia a antibióticos (GRAs) en suelos agrícolas ha cobrado notable relevancia. Como se muestra en la Figura 2, de 21 artículos de investigación analizados, los países que lideran la mayoría de estos estudios son desarrollados, destacando China, donde se ha realizado el 62% de estas investigaciones. Estos

estudios han evaluado una amplia variedad de GRAs, principalmente aquellos que confieren resistencia a tetraciclinas (Tabla 1). Estas investigaciones abarcan suelos, vegetales y otras matrices que pueden estar en contacto con suelos agrícolas y cultivos, con el propósito de comprender la magnitud de esta problemática y su relación con la resistencia a los antimicrobianos.

Figura 2

Distribución geográfica de las investigaciones sobre GRAs en suelos agrícolas.



Tabla 1.

GRAs en entornos agrícolas: Matrices evaluadas, genes determinados y técnicas de detección empleadas.

Matriz	GRAs determinados	Técnicas	Referencia
Suelo y aguas residuales	<i>ermB</i> , <i>qnrA</i> , <i>sul1</i> , <i>tetA</i> , <i>tetW</i> , <i>tetX</i> , <i>intI1</i> y 16S rRNA.	qPCR	(Burch et al., 2017)
Suelo, tomate y aguas	<i>intI1</i> , <i>sul1</i> , <i>tetM</i> , <i>qnrS1</i> , <i>mecA</i> , <i>bla_{TEM}</i> , <i>bla_{CTX-M-32}</i> , <i>bla_{OXA-58}</i> , 16S rDNA.	qPCR, NGS	Cerqueira et al., 2019a
Suelo, tomate, lechuga, habas	<i>intI1</i> , <i>bla_{TEM}</i> , <i>sul1</i> , <i>qnrS1</i> , <i>bla_{CTX-M-32}</i> , <i>tetM</i> , <i>bla_{OXA-58}</i> , <i>mecA</i> , 16S rDNA.	qPCR, NGS	Cerqueira et al., 2019b
Suelo, habas	<i>intI1</i> , <i>sul1</i> , <i>tetM</i> , <i>qnrS1</i> , <i>mecA</i> , <i>bla_{TEM}</i> , <i>bla_{CTX-M-32}</i> , <i>bla_{OXA-58}</i> , 16S rDNA.	qPCR, NGS	Cerqueira et al., 2019c
Suelo	16S rRNA, <i>bla_{CTX-M-1}</i> , <i>ermB</i> , <i>intI1</i> , <i>sul1</i> , <i>tetB</i> , <i>tetM</i> , <i>tetX</i> .	qPCR	(Dungan et al., 2019)
Suelo	16s rRNA, <i>intI1</i> , <i>bla_{CTX-M-1}</i> , <i>ermB</i> , <i>sul1</i> , <i>tetA</i> , <i>tetW</i> , <i>tetX</i>	qPCR	(McKinney et al., 2018)
Suelo y agua de riego	<i>tetA</i> , <i>tetB</i> , <i>tetC</i> , <i>tetE</i> , <i>tetM</i> , <i>tetO</i> , <i>tetS</i> , <i>tetX</i> , <i>sulI</i> , <i>sulII</i> , <i>sulIII</i> , 16SrRNA.	qPCR	(Pan & Chu., 2018)
Suelo	<i>sul1</i> , <i>ermB</i> , <i>vanA</i> , <i>aph(3')-IIa</i> , <i>aph(3')-IIIa</i> , <i>bla_{TEM-1}</i> and <i>tetW</i> , 16S RNA.	qPCR	(Radu et al., 2021)

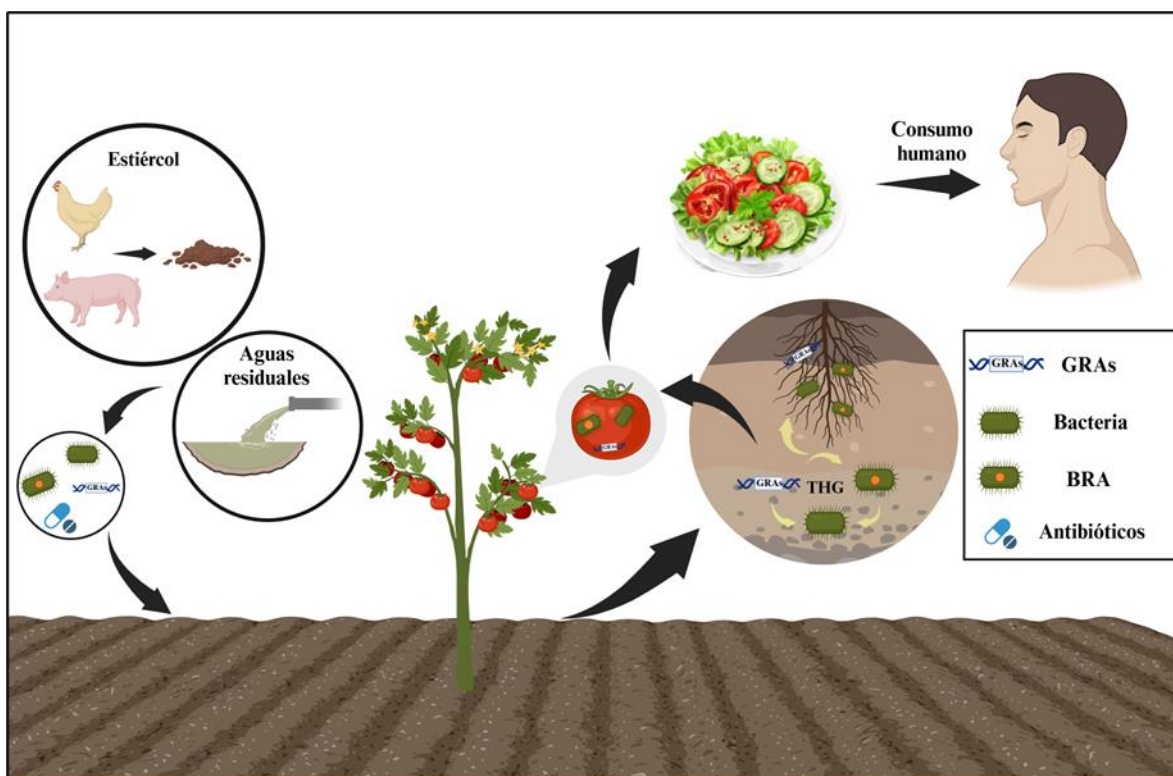
Suelo	<i>ampC</i> , <i>bla</i> _{TEM} , <i>bla</i> _{CTX-M} , <i>bla</i> _{SOF} , <i>fox5</i> , <i>pbp</i> , <i>bla</i> _{PAO} , <i>aadA1</i> , <i>aadA2</i> , <i>aphA3</i> , <i>aph</i> (2')-Id, <i>aac</i> , <i>mphB</i> , <i>mphA</i> , <i>vgaB</i> , <i>ermK</i> , <i>msrA</i> , <i>oleC</i> , <i>vatE</i> , <i>vgb</i> , <i>mexF</i> , <i>mexE</i> , <i>oprJ</i> , <i>pmrA</i> , <i>sulI</i> , <i>sulII</i> , <i>tetT</i> , <i>tetW</i> , <i>tetB</i> , <i>tetR</i> , <i>tetQ</i> , <i>tetV</i> , <i>tetU</i> , <i>tetD</i> , <i>tetE</i> , <i>vanWG</i> , <i>vanA</i> , <i>vanD</i> , <i>vanSB</i> , <i>vanG</i> , <i>bacA</i> , <i>tolC</i> , <i>fosX</i> , <i>marR</i> , <i>tnpA</i> , IS613 y <i>intI1</i> , <i>intI2</i> .	qPCR y NGS	(Shi et al., 2020)
Suelo	<i>tetA</i> , <i>tetG</i> , <i>tetM</i> , <i>tetO</i> , <i>tetW</i> , <i>sulI</i> , <i>sulII</i> , <i>qnrS</i> , <i>intI1</i> y 16S rRNA.	qPCR	(Sun et al., 2020)
Suelo y vegetales	<i>tetA</i> , <i>tetC</i> , <i>tetE</i> , <i>tetK</i> , <i>tetL</i> , <i>tetA/P</i> , <i>tetG</i> , <i>tetM</i> , <i>tetO</i> , <i>tetQ</i> , <i>tetS</i> , <i>tetT</i> , <i>tetW</i> , <i>tetB/P</i> , <i>tetX</i> , <i>bla</i> _{CTX-M} , <i>bla</i> _{TEM} , <i>bla</i> _{SHV} , <i>bla</i> _{ampC} , <i>sulI</i> , <i>sulII</i> , <i>sulIII</i> , <i>qnrA</i> , <i>qnrB</i> , <i>qnrS</i> , <i>ereA</i> , <i>ereB</i> , <i>mphA</i> , <i>intI1</i> .	PCR, qPCR	(Wang et al., 2015)
Agua residuales y suelo	16S rRNA, <i>intI1</i> , <i>qnrS</i> , and <i>bla</i> _{OXA-10} .	qPCR	(Zammit et al., 2020)
Suelo y estiércol	<i>tetA</i> , <i>tetM</i> , <i>tetQ</i> , <i>tetX</i> , <i>sul1</i> , <i>sul2</i> , <i>bla</i> _{TEM} , <i>oqx</i> _B , <i>qnrS</i> , <i>ermB</i> , <i>ermC</i> , <i>drA7</i> , <i>cfr</i> y <i>strB</i> .	PCR, qPCR	(Zhu et al., 2021)

Interacción entre GRAs, suelos agrícolas, cultivos y su impacto en la salud.

En los últimos años, se ha incrementado la preocupación de que la resistencia a los antibióticos en el ambiente pueda alcanzar a los humanos a través de la exposición a cultivos que interaccionen con suelos, agua u otras matrices ambientales con una abundancia significativa de GRAs, debido a que bacterias hospedadoras de GRAs pueden ser absorbidas por las plantas desde el suelo de la rizosfera y diseminarse por mecanismos de THG (Figura 3), que es la principal forma de transferir resistencia a antibióticos por elementos genéticos móviles como los transposones e integrones (Wang et al., 2022).

Figura 3

Fuentes de diseminación de GRAs en suelos agrícolas y su transmisión a cultivos y humanos.



Se ha determinado que los GRAs pueden pasar del suelo u otras matrices ambientales, como el agua de riego, a diversas partes de cultivos como el tomate, habas y lechugas, aunque en niveles que representan entre 1 a 10% de los encontrados en el suelo y las raíces de las plantas (Cerqueira et al., 2019a; Cerqueira et al., 2019b; Cerqueira et al., 2019c).

De igual forma, en lechugas obtenidas por manejos orgánicos y convencionales se ha encontrado que en las obtenidas con métodos orgánicos la abundancia de GRAs puede ser hasta ocho veces mayor que en las obtenidas con métodos convencionales (Zhu et al., 2017). Por su parte, Wang et al. (2015), con plantas de lechuga y endibias sembradas en suelos fertilizados con estiércol, observaron que las abundancias de genes como *Sull*, *tetG*, *tetC*, *tetA* y *tetM* fueron menores en los suelos donde estaban estos cultivos que donde no se encontraban.

Se ha analizado la transferencia de GRAs desde el suelo al arroz, evidenciando que el uso de estiércol de cerdo incrementa significativamente la abundancia de genes de resistencia a tetraciclinas en el sistema suelo-arroz (Li et al., 2024). Por su parte, Xu et al. (2024) determinaron que, al aplicar compost a cultivos de arroz, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y el control en la diversidad de GRAs en los granos de arroz. Sin embargo, se detectaron genes de resistencia a betalactámicos (*KPC*, *cphA*), multifármacos (*mexF*) y sulfonamida (*sul1*, *sul2*) en las partes aéreas y subterráneas de la planta e identificaron 76 subtipos de GRAs y 9 de elementos genéticos móviles (EGMs) en muestras de compost, suelo y distintas partes de plantas de arroz, destacando la importancia de evaluar su impacto en la salud pública.

Aunque diversos estudios señalan, principalmente, a las enmiendas orgánicas como las responsables de promover incrementos en la abundancia de GRAs en suelos y cultivos, algunos estudios buscan comprender el rol que juegan los fertilizantes inorgánicos en la abundancia de GRAs (Han et al., 2023). Se ha observado que las mayores abundancias de estos genes pueden encontrarse en cultivos asociados con una fertilización química al 100% y que el uso de fertilizantes orgánicos a un 50% podría promover la migración de estos genes a través de los mecanismos de THG (Li et al., 2024). Otros estudios han mostrado que la fertilización química a largo plazo y el uso de estiércol pueden cambiar la diversidad microbiana, el resistoma del suelo y hacer que los GRAs sean más persistentes en el suelo (Xu et al., 2019).

A pesar de los avances en la comprensión de la interacción entre los GRAs, el suelo y los cultivos, aún son necesarios mayores esfuerzos para esclarecer los mecanismos de

transferencia y acumulación de estos genes en cultivos destinados al consumo humano, ya que comprender estos procesos es clave para mitigar los riesgos asociados a la resistencia a los antimicrobianos y proteger la salud pública.

CONCLUSIONES

Este artículo de revisión resalta cómo los fertilizantes orgánicos, las aguas residuales tratadas y el uso excesivo de antimicrobianos en la ganadería contribuyen a enriquecer el resistoma de los suelos, facilitando la transferencia de GRAs a cultivos y eventualmente a la cadena alimentaria. Además, permite visualizar que, aunque se han logrado avances significativos en la identificación de fuentes, métodos y los genes más prevalentes en suelos agrícolas, los resultados subrayan la necesidad de una mayor comprensión de los mecanismos de transferencia horizontal de genes y su impacto en la salud humana.

En este mismo contexto, hace énfasis en el notable interés y necesidad de los países desarrollados por conocer y entender la resistencia a antibióticos y mecanismos de transferencia de estos genes a los suelos, cultivos y otras matrices ambientales son una muestra de que los GRAs en suelos agrícolas representan un vínculo crítico entre las prácticas agrícolas y la salud pública. Con lo cual, se reitera la necesidad de que regiones de Latinoamérica y Centroamérica, como Panamá, dediquen recursos al estudio de la situación actual con respecto a la presencia de GRAs en los suelos destinados a la agricultura, una de las actividades más importantes de estas regiones, ya que estos pueden representar un riesgo para la salud pública.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), por la beca de excelencia otorgada al Lic. Deilyn Quiel y Luigi Franco para los estudios de la Maestría en Ciencias Químicas con Énfasis en Inocuidad Alimentaria, de la Universidad Autónoma de Chiriquí. A la Maestría en Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chiriquí. Al

Sistema Nacional de Investigación (SNI), del cual forma parte la Dra. Mariel Monrroy, en la categoría SNI I.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramova, A., Berendonk, T. U., & Bengtsson-Palme, J. (2023). A global baseline for qPCR-determined antimicrobial resistance gene prevalence across environments. *Environment International*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108084>
- Burch, T. R., Sadowsky, M. J., & LaPara, T. M. (2017). Effect of Different Treatment Technologies on the Fate of Antibiotic Resistance Genes and Class 1 Integrons when Residual Municipal Wastewater Solids are Applied to Soil. *Environmental Science and Technology*, 51(24), 14225–14232. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04760>
- Calizaya, C. D., Reátegui, E. H., Silva, J. C., Velazco, R., Rodríguez, L., Angulo, D. R., Llontop, C. A., Salcedo, L. A., & Villena, C. A. (2023). Resistencia antimicrobiana en los principales recursos acuícolas de los departamentos de Tumbes, Piura, San Martín y Puno. *Uniciencia*, 37(1), 562-577. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.37-1.30>
- Cerqueira, F., Matamoros, V., Bayona, J., & Piña, B. (2019). Antibiotic resistance genes distribution in microbiomes from the soil-plant-fruit continuum in commercial *Lycopersicon esculentum* fields under different agricultural practices. *Science of the Total Environment*, 652, 660–670. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.268>
- Cerqueira, F., Matamoros, V., Bayona, J. M., Berendonk, T. U., Elsinga, G., Hornstra, L. M., & Piña, B. (2019). Antibiotic resistance gene distribution in agricultural fields and crops. A soil-to-food analysis. *Environmental Research*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108608>
- Cerqueira, F., Matamoros, V., Bayona, J., Elsinga, G., Hornstra, L. M., & Piña, B. (2019). Distribution of antibiotic resistance genes in soils and crops. A field study in legume plants (*Vicia faba* L.) grown under different watering regimes. *Environmental Research*, 170, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.007>
- Chen, Q. L., An, X. L., Li, H., Zhu, Y. G., Su, J. Q., & Cui, L. (2017). Do manure-borne or indigenous soil microorganisms influence the spread of antibiotic resistance genes in manured soil?. *Soil Biology and Biochemistry*, 114, 229-237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.07.022>
- Dungan, R. S., Strausbaugh, C. A., & Leytem, A. B. (2019). Survey of selected antibiotic resistance genes in agricultural and non-agricultural soils in south-central Idaho. *FEMS microbiology ecology*, 95(6), f071. <https://doi.org/10.1093/femsec/f071>
- Farooq, M., Smoglica, C., Ruffini, F., Soldati, L., Marsilio, F., & Di Francesco, C. E. (2022). Antibiotic Resistance Genes Occurrence in Conventional and Antibiotic-Free Poultry Farming, Italy, Italia. *Animales*, 12(18), 2310. <https://doi.org/10.3390/ani12182310>

- Florensa, A. F., Kaas, R. S., Clausen, P. T. L. C., Aytan-Aktug, D., & Aarestrup, F. M. (2022). ResFinder – an open online resource for identification of antimicrobial resistance genes in next-generation sequencing data and prediction of phenotypes from genotypes. *Microbial Genomics*, 8(1). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000748>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. www.fao.org/
- Forsberg KJ, Patel S, Gibson MK, Lauber CL, Knight R, Fierer N, Dantas G. (2014). Bacterial phylogeny structures soil resistomes across habitats. *Nature.*; 509(7502): 612-6. <https://doi.org/10.1038/nature13377>.
- Forsberg, K. J., Reyes, A., Wang, B., Selleck, E. M., Sommer, M. O., & Dantas, G. (2012). The Shared Antibiotic Resistome of Soil Bacteria and Human Pathogens. *Ciencia* (Nueva York, N.Y.), 337(6098), 1107–1111. <https://doi.org/10.1126/science.1220761>
- Gonzales-Rodríguez, A. O., Castillo Horna, J. I., & Gonzales Escalante, E. (2022). Identificación de enterobacterias multirresistentes a antibióticos en muestras de heces de lactantes residentes en Talara, Piura, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 39, 456-462. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2022.394.11870>
- Han, X. M., Hu, H. W., Chen, Q. L., Yang, L. Y., Li, H. L., Zhu, Y. G., Li, X. Z., & Ma, Y. B. (2018). Antibiotic resistance genes and associated bacterial communities in agricultural soils amended with different sources of animal manures. *Soil Biology and Biochemistry*, 126, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.08.018>
- Han, B., Shen, S., Yang, F., Wang, X., Gao, W., & Zhang, K. (2023). Exploring antibiotic resistance load in paddy-upland rotation fields amended with commercial organic and chemical/slow release fertilizer. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1184238>
- He, Y., Yuan, Q., Mathieu, J., Stadler, L., Senéhi, N., Sun, R., & Alvarez, P. J. J. (2020). Antibiotic resistance genes from livestock waste: occurrence, dissemination, and treatment. In *npj Clean Water* (Vol. 3, Issue 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0051-0>
- Hernández, R. E., Báez, M., Espinosa, I., Perreten, V., Zamora, P., & Obregón, D. (2023). *Escherichia coli* resistente a cefalosporinas de tercera generación de aves y cerdos, reservorio para la diseminación de genes de multirresistencia. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 13(2).
- Karkman, A., Do, T. T., Walsh, F., & Virta, M. P. J. (2018). Antibiotic-resistance genes in waste water. *Trends in Microbiology*, 26(3), 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.09.005>
- Karwowska, E. (2024). Antibiotic Resistance in the Farming Environment. *Applied Sciences*, 14(13), 5776. <https://doi.org/10.3390/app14135776>
- Li, R., Li, Y., Li, H., Zhang, G., & Xu, Y. (2024). Differential drivers on the occurrence of antibiotic resistance genes in agricultural soils and crops: Evidence from the different fertilization regimes. *Journal of Environmental Management*, 367, 121998. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121998>

- Li, Q., Zhang, Y., Hu, J., & Dai, Q. (2024). Distribution of tetracycline resistance genes within an organic fertilizer-amended soil–rice continuum. *Rhizosphere*, 31, 100955.. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100955>
- McKinney, C. W., Dungan, R. S., Moore, A., & Leytem, A. B. (2018). Occurrence and abundance of antibiotic resistance genes in agricultural soil receiving dairy manure. *FEMS Microbiology Ecology*, 94(3). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy010>
- Pan, M., & Chu, L. M. (2018). Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in soils from wastewater irrigation areas in the Pearl River Delta region, southern China. *Science of the Total Environment*, 624, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.008>
- Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos (PRAN) 2022-2024. (2022). www.resistenciaantibioticos.es. <https://www.resistenciaantibioticos.es/es/publicaciones/plan-nacional-frente-la-resistencia-los-antibioticos-pran-2022-2024>
- Radu, E., Woegerbauer, M., Rab, G., Oismüller, M., Strauss, P., Hufnagl, P., Gottsberger, R. A., Krampe, J., Weyermair, K., & Kreuzinger, N. (2021). Resilience of agricultural soils to antibiotic resistance genes introduced by agricultural management practices. *Science of the Total Environment*, 756. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143699>
- Ramírez-Bayard, I. E., Mejía, F., Medina-Sánchez, J. R., Cornejo-Reyes, H., Castillo, M., Querol-Audi, J., & Martínez-Torres, A. O. (2023). Prevalence of Plasmid-Associated Tetracycline Resistance Genes in Multidrug-Resistant *Escherichia coli* Strains Isolated from Environmental, Animal and Human Samples in Panama. *Antibiotics*, 12(2), 280. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020280>
- Shi, W., Liu, Y., Li, J., Zhang, H., Shi, R., Chen, J., & Li, H. (2020). Distribution pattern of antibiotic resistance genes and bacterial community in agricultural soil samples of Wuliangshuai watershed. China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106884>
- Sun, J., Jin, L., He, T., Wei, Z., Liu, X., Zhu, L., & Li, X. (2020). Antibiotic resistance genes (ARGs) in agricultural soils from the Yangtze River Delta, China. *Science of the Total Environment*, 740. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140001>
- Wang, F., Fu, Y. H., Sheng, H. J., Topp, E., Jiang, X., Zhu, Y. G., & Tiedje, J. M. (2021). Antibiotic resistance in the soil ecosystem: A One Health perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 20, 100230. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100230>
- Wang, F. H., Qiao, M., Chen, Z., Su, J. Q., & Zhu, Y. G. (2015). Antibiotic resistance genes in manure-amended soil and vegetables at harvest. *Journal of Hazardous Materials*, 299, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.05.028>
- Wang, J., Wang, L., Zhu, L., Wang, J., & Xing, B. (2022). Antibiotic resistance in agricultural soils: Source, fate, mechanism and attenuation strategy. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(6), 847–889. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1835438>

- World Health Organization. (2019, April 29). New report calls for urgent action to avert antimicrobial resistance crisis. [Www.who.int; WHO. https://www.who.int/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis.](https://www.who.int/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis)
- Wu, J., Wang, J., Li, Z., Guo, S., Li, K., Xu, P., Ok, Y. S., Jones, D. L., & Zou, J. (2023). Antibiotics and antibiotic resistance genes in agricultural soils: A systematic analysis. In *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* (Vol. 53, Issue 7, pp. 847–864). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2094693>
- Xu, M., Stedtfeld, R. D., Wang, F., Hashsham, S. A., Song, Y., Chuang, Y., Fan, J., Li, H., Jiang, X., & Tiedje, J. M. (2019). Composting increased persistence of manure-borne antibiotic resistance genes in soils with different fertilization history. *Science of the Total Environment*, 689, 1172–1180. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.376>
- Xu, M., Wang, F., Stedtfeld, R. D., Fu, Y., Xiang, L., Sheng, H., Li, Z., Hashsham, S. A., Jiang, X., & Tiedje, J. M. (2024). Transfer of antibiotic resistance genes from soil to rice in paddy field. *Environment International*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108956>
- Zalewska, M., Błażejewska, A., Czapko, A., & Popowska, M. (2021). Antibiotics and antibiotic resistance genes in animal manure—consequences of its application in agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 12, 610656. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.610656>
- Zammit, I., Marano, R. B. M., Marano, R. B. M., Vaiano, V., Cytryn, E., & Rizzo, L. (2020). Changes in Antibiotic Resistance Gene Levels in Soil after Irrigation with Treated Wastewater: A Comparison between Heterogeneous Photocatalysis and Chlorination. *Environmental Science and Technology*, 54(12), 7677–7686. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01565>
- Zhu, T., Chen, T., Cao, Z., Zhong, S., Wen, X., Mi, J., Ma, B., Zou, Y., Zhang, N., Liao, X., Wang, Y., & Wu, Y. (2021). Antibiotic resistance genes in layer farms and their correlation with environmental samples. *Poultry Science*, 100(12), 101485. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101485>
- Zhu, B., Chen, Q., Chen, S., & Zhu, Y. G. (2017). Does organically produced lettuce harbor higher abundance of antibiotic resistance genes than conventionally produced? *Environment International*, 98, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.11.001>

Aprovechamiento del nance: Perspectiva en el contexto panameño

Utilization of nance: Perspective in the panamanian context

Luiggi Franco

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Panamá.

luiggi.franco@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0003-7387-3742>

Mariel Monrroy

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Panamá.

mmonrroy@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8679-8070>

Deilyn Quiel

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Panamá.

deilyn.quiel@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0009-2323-6984>

Dionicio Rodríguez

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Panamá.

dionicio.rodriguez@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0000-8037-7067>

Autor de correspondencia: luiggi.franco@unachi.ac.pa

Recepción: 30 de enero de 2025

Aprobación: 27 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6842>

Resumen

La presente revisión analiza las propiedades, los usos actuales y el potencial del nance (*Byrsonima crassifolia*), destacando su valor nutricional, funcional y las oportunidades para su industrialización en Panamá. Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica y técnica, abarcando estudios publicados entre 2014 y 2024 en bases de datos como PubMed, Scielo y ScienceDirect, además de incluir información de fuentes gubernamentales y publicaciones confiables. Los resultados indican que el nance es una fruta rica en antioxidantes, fibra y carotenoides, características que lo convierten en un ingrediente valioso en las industrias alimentaria y farmacéutica. En Panamá, el nance se emplea principalmente en preparaciones tradicionales como la “pesada” y los “duros”, mientras que

en otros países se utiliza para la elaboración de licores y conservas. No obstante, su industrialización enfrenta barreras como la falta de infraestructura y tecnologías avanzadas de conservación postcosecha, lo que limita su integración en mercados más amplios. El estudio identifica oportunidades para desarrollar o implementar sistemas innovadores que extiendan la vida útil del fruto y diversifiquen su uso en productos de mayor valor agregado. A pesar de estas limitaciones, el nance tiene el potencial de contribuir significativamente al desarrollo económico de las comunidades rurales, particularmente si se fomenta su cultivo sostenible y su transformación industrial mediante políticas públicas e inversiones estratégicas. En este contexto, el nance se perfila como un recurso con características únicas capaz de consolidarse como un elemento clave para el desarrollo socioeconómico en regiones tropicales.

Palabras clave: *Byrsonima crassifolia*, compuesto químico, fruta

Abstract

This review analyzes the properties, current uses, and potential of nance (*Byrsonima crassifolia*), highlighting its nutritional and functional value, as well as the opportunities for its industrialization in Panama. To this end, a systematic review of the scientific and technical literature was conducted, covering studies published between 2014 and 2024 in databases such as PubMed, Scielo and ScienceDirect, in addition to including information from government sources and reliable publications. The results indicate that nance is a fruit rich in antioxidants, fiber and carotenoids, characteristics that make it a valuable ingredient in the food and pharmaceutical industries. In Panama, nance is mainly used in traditional preparations, such as the “pesada” and “duros”, while in other countries it is used for the production of liquors and preserves. However, its industrialization faces barriers such as the lack of infrastructure and advanced post-harvest preservation technologies, which limit its integration into wider markets. The study identifies opportunities to develop and implement innovative systems that extend the fruit's shelf life and diversify its use in higher value- products. Despite these limitations, nance has the potential to contribute significantly to the economic development of rural communities, particularly if its sustainable cultivation

and industrial transformation are promoted through public policies and strategic investments. In this context, nance emerges as a resource with unique characteristics, capable of becoming a key element for socioeconomic development in tropical regions.

Keywords: *Byrsonima crassifolia*, chemical, fruit

INTRODUCCIÓN

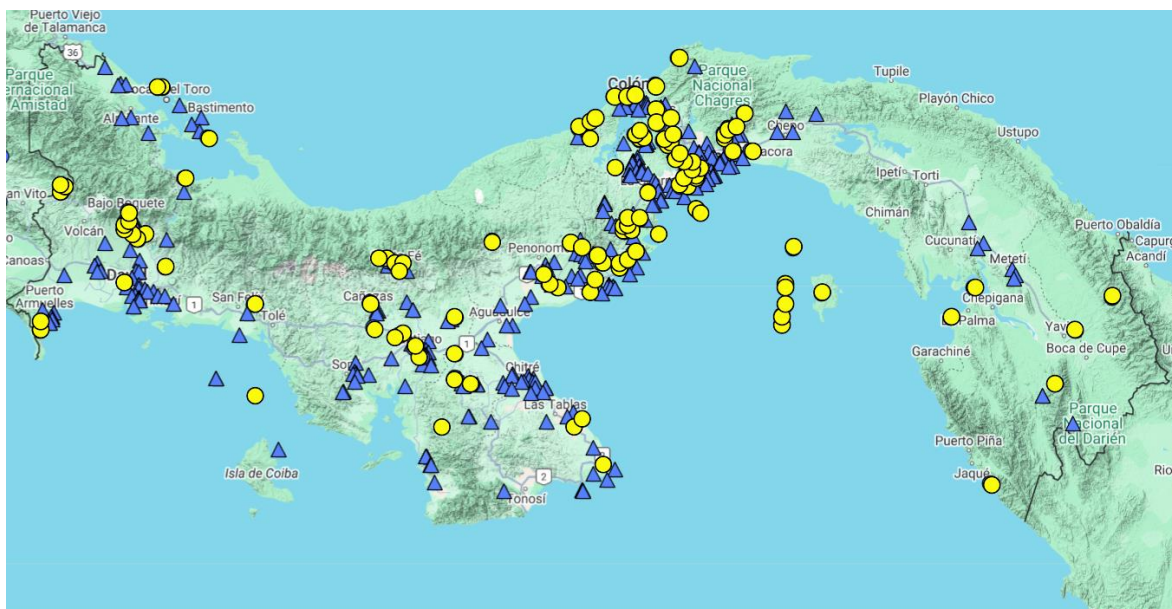
El nance, cuyo nombre científico es *Byrsonima crassifolia* es una planta perenne perteneciente al orden Malpighiales y la familia Malpighiaceae (San Martín-Hernández et al., 2023). El fruto del nance es una drupa de color amarillo, verde, rojo o naranja, que es característicamente ácido, amargo o dulce (Hernández -López, 2022). Se ha reportado que el fruto de nance tiene un diámetro entre 0-7-2.2 cm y un peso variable entre 1 g y 6 g (Belisário et al., 2020).

Es una planta endémica de la región mesoamericana, se encuentra distribuida principalmente en las zonas tropicales y subtropicales de México, Centroamérica y Sudamérica (San Martín-Hernández et al., 2023). La manera en que se nombra al fruto puede variar dependiendo del país o región en la que se encuentra, entre los nombres de usura común que se le suele dar al nance encontramos: nanche, nananche, changunga, nancite, nanci, murici o murichi (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], s.f.). El nance recibe su nombre del náhuatl “nantizinxicotl” cuyo significado es “ácido de las madres” (Moreno-Martínez et al., 2016).

En Panamá según datos del Instituto de Investigación Tropical Smithsonian (STRI por sus siglas en inglés) el nance amarillo (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth) se encuentra distribuido a lo largo y ancho del territorio nacional con presencia incluso en las islas del caribe y del pacífico (STRI, s.f.). En la Figura 1, se muestra un mapa de Panamá con distintos puntos en los que se ha reportado la presencia de árboles de nance, el mapa permite observar que existe mayor presencia en las zonas costeras del océano pacífico.

Figura 1

Mapa de presencia de nance en la República de Panamá.



Nota: Los triángulos indican puntos de observación, los círculos representan los puntos de recolección. Adaptado de: STRI, (s.f.).

Pese a la marcada presencia del nance a lo largo del país, como se muestra en la Figura 1, en Panamá el nance enfrenta un desaprovechamiento significativo a nivel industrial. Aunque es utilizado en prácticas tradicionales, su potencial para aplicaciones más avanzadas como la producción de alimentos funcionales, su uso en farmacología o la generación de biocombustibles, permanece sin explorar (San Martín-Hernández et al., 2023). La infraestructura y la conservación postcosecha son algunos de los puntos clave a mejorar (CEPAL, 2016). La situación del nance representa una oportunidad desaprovechada especialmente considerando la creciente demanda de productos sostenibles y con valor agregado en los mercados locales e internacionales (Pires et al., 2021).

La industrialización de productos agrícolas en general y en este caso particular del nance, puede generar impactos económicos y sociales positivos, incluyendo la creación de empleos en comunidades rurales, la diversificación de la economía agrícola y la promoción de

prácticas sostenibles (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [ONUDI], 2020). Además, al ser una fruta rica en nutrientes y compuestos bioactivos, tiene un atractivo considerable para sectores como el alimentario y farmacéutico (Pires et al., 2021).

Este artículo de revisión tiene como objetivo recopilar y analizar información sobre las propiedades, usos actuales y potenciales usos industriales del nance, con el fin de identificar oportunidades y desafíos para su aprovechamiento. De manera que esta perspectiva sirva como base para futuras investigaciones y fomentar iniciativas de desarrollo de producción en el contexto panameño, donde el potencial de este fruto está siendo subaprovechado. De esta forma, se generaría un impacto económico y social positivo que permitiría el desarrollo en las comunidades rurales, las cuales tienen como principal fuente de ingresos las actividades agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura científica y técnica priorizando la información de sitios gubernamentales nacionales e internacionales, diarios digitales confiables y plataformas como Scielo, Redalyc, PubMed, ScienceDirect. El criterio de selección se basó en la afinidad de la información con la temática del nance, sus propiedades funcionales, productos derivados y compuestos bioactivos, en su mayoría publicaciones entre 2014 y 2024. Los estudios seleccionados abordaron la transformación del nance en productos como mermeladas, jugos, licores y otros productos alimenticios. La búsqueda incluyó también usos actuales y posibles usos futuros a nivel artesanal, semi-industrial e industrial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El nance: sus propiedades y composición

Según datos de la Organización Mundial de la Salud cada año un aproximado de 41 millones de personas mueren a causa de enfermedades no transmisibles, algunos estudios han demostrado la correlación que existe entre una mayor incidencia de enfermedades no transmisibles y una dieta pobre en frutas y verduras (Alegbeleye et al., 2022). En los últimos años, ha emergido una creciente tendencia hacia el consumo de productos naturales, especialmente frutas que ofrecen propiedades funcionales, es decir beneficios que van más allá de lo puramente nutricional y que tienen impacto positivo sobre la salud del consumidor (Agredano-de la Garza et al., 2021a).

El nance es uno de esos frutos que pueden ser de especial interés en el futuro debido a su destacado perfil nutricional y funcional. Contiene cantidades significativas de compuestos bioactivos, que aportan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, antiproliferativas, antidiabéticas y antidepresivas (Agredano-de la Garza et al., 2021a).

En términos de contenido nutricional el nance posee importantes características debido en gran medida a la presencia de compuestos bioactivos, en la Figura 2 se muestran los principales compuestos relacionados a las propiedades nutricionales. El nance es una fuente rica en antioxidantes naturales, con una alta concentración de ácido ascórbico y compuestos fenólicos, además, la fibra presente en el nance contribuye a la salud digestiva (Agredano-de la Garza et al., 2021b), mientras que los carotenoides favorecen la salud visual y el sistema inmunológico (Iriás-Mata et al., 2018). Se ha relacionado la capacidad antioxidante de los flavonoides presentes en el nance con la protección contra enfermedades crónicas y cardiovasculares (San Martín-Hernández et al., 2023). Estos atributos posicionan al nance como un ingrediente con gran potencial en aplicaciones alimenticias y farmacéuticas.

Figura 2

Compuestos relacionados con las propiedades nutricionales del nance.



Actualmente algunas investigaciones sobre las propiedades del nance se centran en el aprovechamiento de sus propiedades funcionales, para elaboración de bebidas (De Souza et al., 2020). Además de otras importantes aplicaciones antienvjecimiento y para combatir el cáncer de ovarios y próstata (Sousa y De Souza Buarque, 2020; De Souza et al., 2019; Paim et al., 2024).

Respecto de las propiedades funcionales, en Panamá, se han identificado 31 especies de frutas pertenecientes a 11 familias botánicas, con un gran potencial como alimentos funcionales debido a sus aportes nutricionales, entre ellas se encuentran las fresas, tomate de árbol, guayaba y uvas, frutas que son ricas en antioxidantes, vitaminas, minerales y fibra (Collantes et al., 2021). Pese a ello, Collantes et al. (2021) destaca la necesidad de fomentar la promoción y el desarrollo de agroecosistemas que aprovechen estas frutas para contribuir al desarrollo sostenible de la fruticultura en la región. Al igual que los frutos descritos por

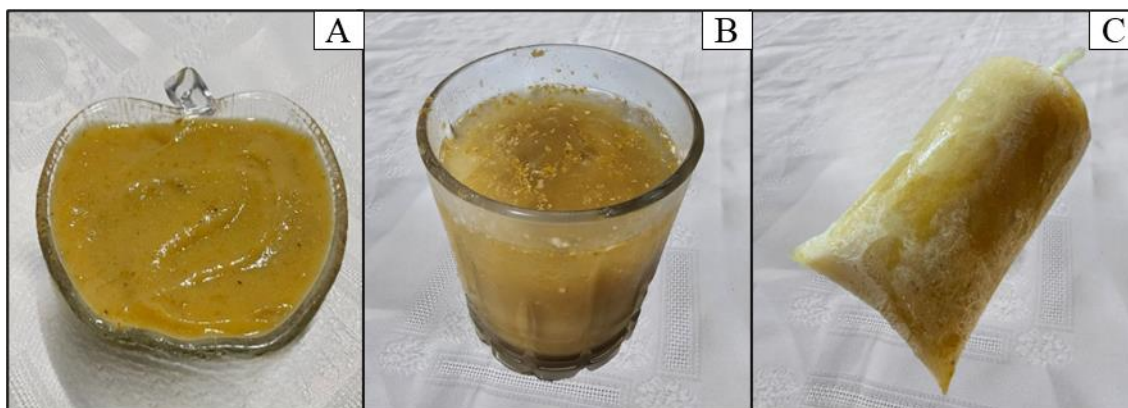
Collantes et al. (2021), el nance enfrenta limitaciones similares que dificultan el aprovechamiento óptimo de sus propiedades funcionales.

Usos tradicionales

El nance en Panamá se consume tanto crudo como cocido y se emplea en distintas preparaciones tradicionales como es el caso de uno de los platillos más emblemáticos del país la “pesada de nance” (Figura 3A), una especie de puré dulce preparado con fécula de maíz, raspadura y ocasionalmente con leche o acompañado de queso blanco fresco, además se emplea en la elaboración de bebidas así como en los postres congelados llamados “duros” (Figura 3B, C) y más allá de su uso alimenticio, la madera de nance es valorada como leña para asados, ya que aporta aroma y sabor distintivo (Duarte, 2024; Arjona, 2020; La Prensa, 2018).

Figura 3

Preparaciones tradicionales a base de nance en Panamá: A) pesada de nance; B) chicha de nance; C) duro de nance.



En otros países de la región como Costa Rica el nance se emplea para preparar vinos y licores, se consume como atol, helados y dulces, además se utiliza la pulpa de la fruta, las flores e incluso la corteza con propósitos medicinales para tratar problemas dérmicos, úlceras, dolores de muela, tos, diarrea, dolor de estómago y fiebre disentería (Irías-Mata et al., 2018).

México es uno de los países en los que se consume en mayor cantidad de presentaciones como nance crudo, saldo, con chile, con almíbar, también se emplea para preparar paletas congeladas, helados, refrescos, raspados, mermeladas y jaleas hasta la preparación del licor de nancite. Uno de los más significativos usos que se le da es en la preparación de una popular bebida tradicional fermentada denominada “tepache” (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México [SIAP], 2018).

Frutas tropicales y potencial del nance

América Latina es una región clave en el comercio global de frutas tropicales, destacando como el principal exportador mundial de productos como piña, mango, guayaba, aguacate y papaya. Costa Rica es el líder mundial en la exportación de piñas, contribuyendo con el 70 % de los envíos globales de esta fruta, en el 2021 las exportaciones costarricenses aumentaron en un 10.7 % alcanzando los 2.2 millones de toneladas (FAO, 2022).

Por otro lado, la FAO (2022) menciona que México se posicionó en 2021 como el mayor exportador de aguacate a nivel mundial, con un total de 1,4 millones de toneladas exportadas, lo que representó entre el 55 % y el 60 % del comercio global de esta fruta. Además, México es un proveedor destacado de mangos y papayas, consolidando su papel en el mercado internacional de frutas tropicales gracias a su cercanía geográfica con Estados Unidos y su capacidad de diversificar cultivos para satisfacer la demanda global (FAO, 2022).

Según datos del Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá (MICI, s.f.), en el 2020 nuestro país exportó 171.5 millones de balboas en frutas, siendo el banano la principal fruta exportada (88 %), seguido de sandías (6 %), piñas (4 %) y melones (1%) y en menor proporción papayas (0.5 %), plátanos (0.22 %) y naranjas (0.01 %).

Las frutas son rubros importantes en Panamá, en el estudio realizado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA), se analizaron 17 rubros frutícolas en Panamá basándose en criterios como superficie sembrada, potencial de producción, mercado de exportación y agroindustria, para identificar las frutas con mayor potencial y elaborar un plan de acción estratégico (IICA, 2008). Si bien el nance fue uno de los 17 rubros

evaluados, no figuró entre los cinco rubros finales seleccionados como el banano y la piña. Sin embargo, su inclusión en este análisis resalta su potencial como un cultivo alternativo con aplicaciones en la agroindustria, lo que refuerza la necesidad de continuar explorando su desarrollo para maximizar sus oportunidades en los mercados locales e internacionales (IICA, 2008).

México es uno de los mayores productores de nance a nivel mundial, para el 2016 se produjeron 7.1 millones de toneladas, los principales estados productores son Guerrero, Nayarit y Michoacán, que en conjunto aportan 73.3 % de la producción nacional (SIAP, 2018). La comercialización se realiza en mayor medida a nivel local como productos tradicionales, sin embargo, El Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, s.f.) identifica el nance como un fruto con potencial comercial y en algunas investigaciones como la desarrollada por Moreno-Martínez et al. (2016) se ha explorado alternativas para agregar valor al nance mediante la industrialización de productos como licores, aprovechando diferentes ecotipos y soluciones de macerado-jarabe. Por otro lado, se ha identificado el potencial de comercialización y de exportación del nance debido a que, entre otras características, destaca su elevado contenido de pulpa, que representa el 89.47 %, haciéndolo ideal para la industria alimentaria (Maldonado et al., 2020).

Retos para la industrialización en Panamá

La agroindustrialización es un pilar clave para el desarrollo de América Latina y el Caribe, regiones en donde los sistemas agroalimentarios representan el 22 % de las exportaciones de mercancías, el 5 % del PIB y dan empleo al 15 % de la población, además, este sector ha demostrado ser resiliente frente a crisis globales, actuando como estabilizador de mercados y garantizando el suministro de alimentos (CEPAL et al., 2023). Sin embargo, su potencial está limitado por la falta de infraestructura adecuada y tecnologías de conservación postcosecha, factores esenciales para reducir pérdidas y añadir valor a los productos agrícolas (CEPAL, 2016).

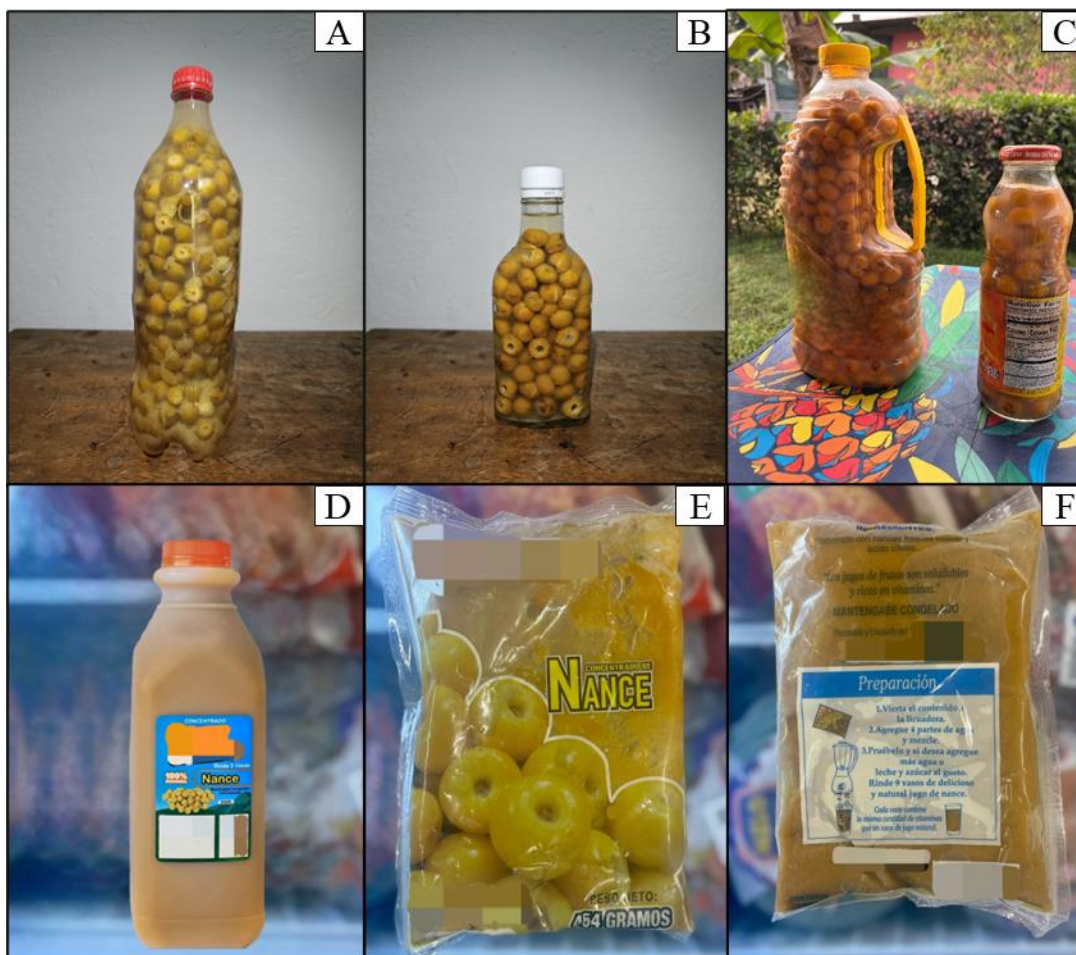
Según CEPAL (2016) en América Latina y el Caribe, la falta de infraestructura adecuada representa uno de los principales obstáculos para la agroindustrialización, especialmente en el contexto de la agricultura familiar, que constituye el 80 % de las explotaciones agrícolas de la región.

González (2021) indica que en Panamá el sector alimentario representa más del 50 % de la actividad industrial, lo que subraya la importancia estratégica de este campo para la economía del país. Más del 35 % de las exportaciones panameñas provienen de productos agroindustriales, destacando el potencial de este sector no solo a nivel local, sino también en los mercados internacionales.

En Panamá, la comercialización del nance se realiza principalmente de forma artesanal. Los frutos suelen almacenarse en botellas de vidrio o plástico llenas de agua (Figura 4A, B y C), lo que permite su conservación por varios meses (Arjona, 2020). Estas presentaciones se venden en mercados locales, ferias populares y a lo largo de la Carretera Panamericana, especialmente en áreas rurales donde el fruto es más accesible (Domínguez, 2013; STRI, s.f.). Una de las pocas formas en que podemos encontrar el nance en los supermercados locales es como concentrados. La Figura 4 (D, E y F) muestra un par de las presentaciones del nance como concentrado. El Instituto de Mercadeo Agropecuario de Panamá (IMA, 2021) indica que los intermediarios se encargan de vender los nances a las agroindustrias quienes los procesan para producir concentrados congelados empleados en la elaboración de jugos y helados.

Figura 4

Formas tradicionales de almacenamiento del nance en Panamá: A) botellas plásticas (1 L); B) botella de vidrio (375 mL); C) botellas plásticas (1,8 L) y vidrio (473 mL). Concentrado de nance de venta en super mercados de la localidad: D) presentación botella plástica (946 mL); E y F) presentación empaque plástico (454 gramos).



Nota: En la imagen, se han editado las secciones D, E y F para no mostrar los datos de las empresas productoras de los concentrados.

Pese a que el nance se comercializa a pequeña escala, es difícil dar el salto a una comercialización más industrializada. Entre los aspectos claves relacionados con la falta de infraestructura, encontramos: las limitaciones en el área de transporte, almacenamiento y

acceso a tecnologías modernas lo que dificulta la integración de pequeños y medianos productores a cadenas de valor más amplias y competitivas (CEPAL, 2016). Desde el año 2015, la FAO en conjunto con la CELAC (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños), trabajan en dirección a la disminución de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA), que representa una de las causas principales del no correcto aprovechamiento de los alimentos en especial frutas y verduras de la región latinoamericana y del caribe (FAO, 2015).

Es necesario el apoyo a través de programas estatales que incluyan financiamiento público-privado, creación de redes logísticas y acceso a tecnologías avanzadas, estas acciones fortalecerían la conexión entre productores rurales y mercados locales e internacionales, promoviendo una mayor sostenibilidad y equidad en el sector (CEPAL, 2016). La infraestructura y el enfoque estratégico para la comercialización del nance son puntos que pueden ser fortalecidos a través de la implementación de programas gubernamentales como el Programa Nacional de Competitividad Industrial y de iniciativas como el proyecto de Agroindustrias Competitivas presentado por el Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá en el 2021 (González, 2021).

En América latina y el caribe, aproximadamente el 20 % de los alimentos se pierden durante las etapas de producción, postcosecha, almacenamiento y transporte, antes de llegar al consumidor, lo que afecta especialmente a productos perecederos como las frutas que sufren deterioro debido a la inadecuada infraestructura y prácticas deficientes en su manejo (ONU, 2019). Factores como la falta de cadena de frío, empaques inapropiados y transporte deficiente contribuyen significativamente a estas pérdidas (FAO, 2015).

La FAO (2015) identifica la conservación postcosecha como un área prioritaria para abordar estas pérdidas, y se sugiere implementar tecnologías de bajo costo para pequeños productores, como el uso de refrigeración solar y empaques biodegradables, además de capacitar a los actores de la cadena productiva en buenas prácticas de manejo, estas medidas podrían prolongar la vida útil de la fruta reduciendo el desperdicio y mejorar la rentabilidad de los sistemas agrícolas en la región.

Al igual que otras frutas tropicales el nance presenta un desafío importante debido a su corta vida útil después de la cosecha, lo que dificulta su transporte y procesamiento en grandes volúmenes, la fruta es altamente perecedera y propensa a descomposición si no se maneja adecuadamente, lo que incrementa las pérdidas durante la cadena de suministro (Moreno-Martínez et al., 2016).

Para abordar este problema, se necesitan sistemas efectivos de almacenamiento en frío, así como técnicas de conservación innovadoras, como la liofilización o la pasteurización (Muñoz-López et al., 2018; Urquieta-Herrero, 2021). Las técnicas de liofilización y secado por aire caliente no afectan las propiedades funcionales del fruto de nance (San Martín-Hernández et al., 2023). Sin embargo, estas tecnologías aún no están ampliamente disponibles en las áreas productoras, lo que limita su aplicación. Este obstáculo, que enfrenta la conservación de productos agrícolas, entre ellos el nance, no solo afecta la disponibilidad del producto para su transformación, sino que también puede impactar negativamente en su competitividad en el mercado (CEPAL, 2016).

Impacto ambiental y social

Si bien se han mencionado los retos y dificultades asociados con la industrialización del nance, el aprovechamiento adecuado de este valioso recurso podría generar un impacto positivo tanto a nivel social como ambiental. En la Figura 5, se muestra como el cultivo del nance contribuye con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

Figura 5

Contribución del cultivo del nance con el cumplimiento de los ODS.



La producción y comercialización de frutas tropicales generan empleo y fortalecen las economías locales, alineándose con el ODS 1 (fin de la pobreza) y el ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico) (ONU, 2024h; ONU, 2024e). Al ser una fuente de ingresos para pequeños agricultores, especialmente en comunidades rurales, estas frutas ayudan a reducir la desigualdad económica y mejorar los medios de vida de poblaciones vulnerables (CEPAL, 2016). Por ejemplo, el nance y otras frutas tropicales, cultivado en áreas rurales de México y Centroamérica, fomenta la integración de los productores en cadenas de valor agroindustriales contribuyendo al desarrollo sostenible de estas regiones (CEPAL et al., 2023). Asimismo, el procesamiento de frutas tropicales en productos de valor agregado como jugos mermeladas y licores impulsa la diversificación económica y genera oportunidades laborales y especialmente para mujeres y jóvenes en zonas rurales (CEPAL et al., 2023; Moreno-Martínez et al., 2016).

Como recurso autóctono, las frutas tropicales están adaptadas a los ecosistemas locales y su cultivo puede implementarse bajo prácticas sostenibles, contribuyendo al ODS 12 (producción y consumo responsable) y al ODS 15 (Vida de ecosistema terrestres) (ONU, 2024d; ONU, 2024b). Por ejemplo, los árboles de nance están bien adaptados a climas tropicales y pueden soportar periodos de sequía, lo que los hace adecuados para regiones con disponibilidad limitada de agua, contrastando con los monocultivos intensivos que requieren mayor cantidad de agua, el nance por su capacidad de consumir menos recursos hídricos representa una opción más sostenible y amigable con el medio ambiente (DripPro, s.f., Kogut, 2023). Además, fomentar su cultivo puede revitalizar sistemas agrícolas tradicionales y agroecológicos, asegurando un uso eficiente de los recursos naturales y promoviendo la resiliencia ante el cambio climático (ODS 13) (ONU, 2024c).

Las frutas tropicales como el nance también tienen un papel crucial en la seguridad alimentaria (ODS 2), al ser fuentes importantes en nutrientes como antioxidantes vitaminas y fibra, que mejoran la calidad de las dietas locales (Agredano-de la Garza, 2021b; ONU, 2024f). Además, la industrialización del nance y otras frutas tropicales puede contribuir al ODS 9 mediante el desarrollo de infraestructuras resilientes como plantas procesadoras y sistemas de conservación postcosecha, reduciendo pérdidas y mejorando la logística agrícola (ONU, 2024g, FAO, 2015). Finalmente, su comercialización puede ser un motor para promover alianzas entre sectores públicos y privados (ODS 17), fortaleciendo la sostenibilidad económica y social en regiones productoras (ONU, 2024a). Con estrategias adecuadas, el cultivo y uso sostenible de las frutas tropicales, incluido el nance, puede ser una herramienta poderosa para avanzar en múltiples metas de los ODS.

CONCLUSIONES

El análisis realizado sobre el nance destaca su notable perfil nutricional, funcional y comercial. Este es fruto tropical, rico en antioxidantes, fibra y carotenoides, y presenta un alto potencial para diversificar los productos de las industrias alimentarias y farmacéuticas. En Panamá, su uso se limita mayormente a preparaciones tradicionales como la pesada y los

duros, mientras que en otros países se transforma en productos de mayor valor agregado como licores y conservas. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada y tecnologías postcosecha representa una barrera significativa para su industrialización y comercialización en mercados internacionales.

La inversión en la agroindustria del nance es fundamental para superar estas limitaciones y maximizar su potencial económico. El desarrollo de sistemas de conservación innovadores, como la refrigeración y procesamiento de pulpas, permitiría extender la vida útil y garantizar su calidad para exportación. Además, fomentar la creación de plantas procesadoras y fortalecer las cadenas de valor beneficiaría a las comunidades rurales, incrementando los ingresos de pequeños productores e integrándolos en mercados más amplios. Estas acciones no sólo potenciarían el crecimiento económico, sino que también contribuirían a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental.

A futuro, es imprescindible promover la investigación y el desarrollo tecnológico para explorar nuevas aplicaciones del nance, desde alimentos funcionales hasta productos farmacéuticos. Asimismo, la colaboración entre gobiernos, instituciones académicas y el sector privado será clave para impulsar su cultivo sostenible y transformación industrial. Con estas estrategias el nance puede consolidarse como un recurso valioso para el desarrollo económico y social en regiones tropicales.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Maestría en Ciencias Químicas con Énfasis en Inocuidad Alimentaria (MCQIA). A la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT). Al Centro de Investigación en Bioquímica y Química Aplicada (CIBQUIA) de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agredano-de la Garza, C. S. A., Balois-Morales, R., Berumen-Varela, G., León-Fernández, A. E., Bautista-Rosales, P. U., López-Guzmán, G. G., & Pérez-Ramírez, I. F. (2021b). Physicochemical characterization and dietary fiber of 15 Nance (*Byrsonima crassifolia* L.) fruits selections from Nayarit. *Scientia Horticulturae*, 289, 110460. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110460>
- Agredano-de la Garza, C. S., López-Guzmán, G. G., Balois-Morales, R., León-Fernández, A. E., Bautista-Rosales, P. U., Palomino-Hermosillo, Y. A., Jiménez-Zurita, J. O., Jiménez-Ruiz, E. I., Juárez-López, P. (2021a). Compuestos de interés funcional del nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.). *ACTA AGRÍCOLA Y PECUARIA* 7: E0071013. <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071013>
- Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*, 2(1), 100122. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100122>
- Arjona, E. M. (2020, August 16). El controversial nance. *La Estrella de Panamá*. <https://www.laestrella.com.pa/vida-y-cultura/gastronomia/controversial-nance-HOLE431547>
- Belisário, C. M., Soares, A. G., Coneglian, R. C. C., Plácido, G. R., De Souza Castro, C. F., & Rodrigues, L. a. N. (2020). Carotenoids, sugars, ascorbic acid, total phenolics, and antioxidant activity of murici from Brazilian Cerrado during refrigerated storage. *Ciência Rural*, 50(4). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180620>
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). (2022). Nanche rojo: Fruto exótico, funcional y con potencial comercial en México. Recuperado de <https://www.ciad.mx/nanche-rojo-fruto-exotico-funcional-y-con-potencial-comercial-en-mexico/>
- CEPAL, FAO y IICA. (2023). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe 2023-2024. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6eed817e-f9c7-449a-913f-76bb41c13375/content>
- CEPAL. (2016). Seguridad alimentaria, nutrición y erradicación del hambre. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/afe31d46-6a0a-4725-8654-620a42454edb/content>
- Collantes, R., Pittí, J., Jerkovic, M. y Atencio, R. (2021). Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 2(1), 1-11. Recuperado de https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2460/2246

- Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (s.f.). Nananche (*Byrsonima crassifolia*). EncicloVida. Recuperado de <https://enciclovida.mx/especies/165058-byrsonima-crassifolia>
- De Souza, V. R., Aniceto, A., Abreu, J. P., Montenegro, J., Boquimpani, B., De Jesuz, V. A., De Barros Elias Campos, M., Marcellini, P. S., Freitas-Silva, O., Cadena, R., & Teodoro, A. J. (2020). Fruit-based drink sensory, physicochemical, and antioxidant properties in the Amazon region: Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth and *verbascifolia* (L.) DC) and tapereba (*Spondia mombin*). *Food Science & Nutrition*, 8(5), 2341–2347. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1520>
- De Souza, V., Brum, M. C. M., Guimarães, I. dS., dos Santos, P. dF., do Amaral, T. O., Abreu, J. P., Passos, T., Freitas-Silva, O., Gimba E. R. P., Teodoro, A. J.. (2019). Amazon fruits inhibit growth and promote pro-apoptotic effects on human ovarian carcinoma cell lines. *Biomolecules* 9: 707-721. <https://doi.org/10.3390/biom9110707>
- Domínguez, Y. (2013). Temporada de nance. *diaadia*. Recuperado de <https://www.diaadia.com.pa/impacto/temporada-de-nance-571166>
- DripPro. (s.f.). Cultivo y riego de Nance: una guía de métodos económicamente eficientes. Academia. Recuperado de <https://dripro.com/es/academy/p/268>
- Duarte, V. (2024). Temporada de nance, ¡fruta cargada de colágeno! *Panamá América*. Recuperado de <https://www.panamaamerica.com.pa/variedades/temporada-de-nance-fruta-cargada-de-colageno-1239311>
- FAO. (2015). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe: Análisis y propuestas para la reducción. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Argentina/docs/2do_Boletin_P_D_en_ALC_avances_en_Argentina.pdf
- FAO. (2022). Análisis del mercado de las principales frutas tropicales 2021. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6af491aecf66-460a-8c18-3fce1f004a55/content>
- Hernández-López, A., Roldán-Sabino, C., Parra-Reyes, A., Ávila-Alejandro, A. X. (2022). Revisión del estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Malphigeaceae). *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0081010. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081010>
- Instituto de Investigación Tropical Smithsonian (STRI). (s.f.). *Byrsonima crassifolia*. Recuperado de <https://panamabiota.org/stri/taxa/index.php?tid=62583&taxauthid=1&clid=65>

- Instituto de Mercadeo Agropecuario (IMA). (2021). Catálogo de rubros 2021. Recuperado de https://web.ima.gob.pa/wp-content/uploads/2021/04/CATALOGO-RUBROS-2021_28_04.pdf
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2008). La fruticultura en Panamá: Un análisis de los principales rubros y su potencial de desarrollo. San José, Costa Rica: IICA. Recuperado de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18987/CDPA21108069e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Irías-Mata, A., Jiménez, V. M., Steingass, C. B., Schweiggert, R. M., Carle, R., & Esquivel, P. (2018). Carotenoids and xanthophyll esters of yellow and red nance fruits (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth) from Costa Rica. *Food Research International*, 111, 708–714. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.063>
- Kogut, P. (2023). Monocultivo en la agricultura: pros y contras. EOS Data Analytics. Recuperado de <https://eos.com/es/blog/monocultivo/>
- La Prensa (2018). El nance, un manjar muy nuestro. *La Prensa Panamá*. Recuperado de https://www.prensa.com/impresa/vivir/nance-manjar_0_5086741341.html
- Maldonado P., M. de los Á., Sánchez S., P., Rojas G., A. R., Valenzuela L., J. L., Bottini L., M. B., & Alaniz G., L. (2020). Caracterización y evaluación de frutos de ‘nance’ (*Byrsonima crassifolia* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 151-150. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1950>
- Moreno-Martínez, J.L., Ruiz-Bello, C., Jasso-García, Y., Moreno-Ruiz, M., Villarreal-Fuentes J.M. (2016). Valor agregado del nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.). *Agroproductividad*, 12(9), 66-71. Recuperado de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/749/615>
- Muñoz-López, C., Urrea-García, G. R., Jiménez-Fernández, M., Rodríguez-Jiménez, G. C., Luna-Solano, G. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades físicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52 (1). Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000100001
- ONU. (2019). América Latina representa el 20% del desperdicio de comida en el mundo. Noticias ONU. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2019/10/1463871>
- ONU. (2024a). Alianzas - desarrollo sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/globalpartnerships/>
- ONU. (2024b). Bosques, desertificación y diversidad biológica - Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

- ONU. (2024c). Cambio climático - Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- ONU. (2024d). Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- ONU. (2024e). Crecimiento económico - Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>
- ONU. (2024f). Hambre y seguridad alimentaria - Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- ONU. (2024g). Infraestructura - Desarrollo sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- ONU. (2024h). Pobreza - desarrollo sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/poverty/>
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). (2020). ¿Qué significa la industrialización para el bienestar — y por qué importa? *UNIDO*. Recuperado de <https://www.unido.org/news/qu-significa-la-industrializacin-para-el-bienestar-y-por-qu-importa>
- Paim, T. O. D. a. M., Simas, N. F., Abreu, J. P., Rosa, L., Lima, T. P. B., & Teodoro, A. J. (2024). Antiproliferative and Apoptotic Effects of Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth and *verbascifolia* (L.) DC) and Taperebá (*Spondias mombin* L.) Extracts in Human Prostate Cell Line (PC-3). *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 25(4), 1339–1347. <https://doi.org/10.31557/apjcp.2024.25.4.1339>
- Pires, F. C. S., De Oliveira, J. C., Menezes, E. G. O., De Souza E Silva, A. P., Ferreira, M. C. R., Siqueira, L. M. M., Almada-Vilhena, A. O., Pieczarka, J. C., Nagamachi, C. Y., & De Carvalho, R. N., Junior. (2021). Bioactive Compounds and Evaluation of Antioxidant, Cytotoxic and Cytoprotective Effects of Murici Pulp Extracts (*Byrsonima crassifolia*) Obtained by Supercritical Extraction in HepG2 Cells Treated with H₂O₂. *Foods*, 10(4), 737. <https://doi.org/10.3390/foods10040737>
- San Martín-Hernández, C., Martínez-Téllez, M. Á., Valenzuela-Amavizca, O. N., Aispuro-Hernández, E., Sánchez-Sánchez, M., Hernández-Camarillo, E., López-Martínez, L. X., & Quintana-Obregón, E. A. (2023). *Byrsonima crassifolia* L. Kunth a bio-resource with potential: Overview and opportunities. *Folia Horticulturae*, 35(1), 61–75. <https://doi.org/10.2478/fhort-2023-0005>

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México (SIAP). (2018). Nanche, nance o changunga: ¿conoces su sabor? gob.mx. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/articulos/nanche-nance-o-changunga-conoces-su-sabor?idiom=es>
- Sousa, M. S. B., & De Souza Buarque, D. (2020). Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth): Antioxidant effects and application to aging. In *Elsevier eBooks* (pp. 259–265). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818698-5.00025-0>
- Urquieta-Herrero, M., Cornejo-Mazón, M., Gutiérrez-López, G. F., & García-Pinilla, S. (2021). Effect of two pasteurization methods on the content of bioactive compounds and antioxidant capacity of nance (*Byrsonima crassifolia*) pulp and their kinetics of loss during refrigerated storage. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), 663–678. <https://doi.org/10.24275/rmiq/alim2222>

Evaluación de un formulado de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del pasto *cynodon dactylon* en la Provincia de Coclé

Evaluation of a formulation of non-symbiotic nitrogen-fixing microorganisms in the production of *cynodon dactylon* grass in the Province of Coclé

Alexandra Rodríguez Pinzón

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

alexandra_0226@hotmail.com <https://orcid.org/0009-0007-2816-353X>

Rito Herrera

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

rito.herrera@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

Audino Melgar

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

melgore@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8491-0236>

Lisbeth L. Rodríguez

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

lisbethl.rodriguez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-1750-9228>

Edgar Alexis Polo Ledezma

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá.

epolo61@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>

Recepción: 10 de febrero de 2025

Aprobación: 10 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7156>

Resumen

Las actividades agropecuarias tienen el desafío de alimentar a la población en crecimiento, sin comprometer los recursos de las generaciones venideras. Mundialmente la ganadería

representa el 40% de la producción total, por lo que se buscan estrategias que aumenten su rendimiento, en ese sentido el uso de pastos mejorados en la alimentación del ganado representa una alternativa para el aumento de peso. El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de un formulado de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del pasto *Cynodon dactylon* (L.Pers 1805, *Poales*, *Poaceae*). El producto utilizado fue Bacter Crecimiento® desarrollado por Agrobiológicos de Panamá (ABP, S.A.). El sitio de estudio se ubicó en el poblado de Sardina, Corregimiento y Distrito de Penonomé, provincia de Coclé. Se midieron tres parcelas de 40 m² dentro de un área de una hectárea ya sembrada con el pasto *Cynodon dactylon*. Se aplicaron 3 tratamientos: Fertilización con Bacter Crecimiento, abono convencional y testigo absoluto. En el primer día se realizó un corte de nivelación y una vez completado el ciclo de crecimiento de la pastura se procedió a estimar el rendimiento de forraje en términos de kg de MS/ha. Los resultados obtenidos indican una similitud de rendimiento entre la parcela fertilizada con el producto biológico y la parcela con fertilización química.

Palabras clave: fertilización, ganadería, tierra de pastoreo

Abstract

Agricultural activities have the challenge of feeding the growing population without compromising the resources of future generations. Worldwide, livestock represents 40% of total production, so strategies are sought to increase its yield, in this sense the use of improved pastures in cattle feed represents an alternative for weight gain. The objective of this research was to evaluate the use of a formulation of non-symbiotic nitrogen-fixing microorganisms for the production of *Cynodon dactylon* grass, (L.Pers 1805, *Poales*, *Poaceae*). The product used was Bacter Crecimiento® developed by Agrobiologics of Panama (ABP, S.A.). The study site was in the town of Sardina, Corregimiento and District of Penonomé, province of Coclé. Three plots of 40 m² were measured within an area of one hectare already planted with *Cynodon dactylon* grass. 3 treatments were applied: Fertilization with Bacter Crecimiento, conventional fertilizer and Absolute Control. On the first day, a leveling cut was made and once the pasture growth cycle was completed, the forage yield was estimated

in terms of kg DM/ha. The results obtained indicate a similarity in yield between the plot fertilized with the biological product and the plot with chemical fertilization.

Keywords: fertilization, grazing land, livestock

INTRODUCCIÓN

La crisis ambiental que enfrenta la humanidad y el elevado costo de los fertilizantes son problemáticas que conllevan a pensar en nuevas alternativas que posibiliten sistemas integrados y sostenibles para la producción agropecuaria (Molina et al., 1993).

Las actividades agropecuarias enfrentan desafíos de carácter: social, económico y ambiental para cumplir con la demanda alimenticia. En ese sentido, parte de los sistemas de producción agropecuaria promueven la ganadería como fuente importante de nutrición y salud para así contribuir con la erradicación del hambre y la pobreza, además de la conservación de los recursos naturales (FAO, 2016).

La ganadería ocupa aproximadamente el 60% de las tierras agrícolas y aporta el 40% del valor de la producción agrícola mundial, forma parte de los medios de vida y la seguridad alimentaria. Uno de los mayores retos que enfrenta es el alto costo de los insumos alimenticios. Al ser las pasturas la base de la alimentación y fuente más barata, el productor debe asegurar un manejo correcto, ya que una manipulación inadecuada promueve la degradación de estas, compromete seriamente la rentabilidad del negocio y la desvalorización del activo más valioso que es el suelo (Arosemena, 2012).

Una de las alternativas tecnológicas para aumentar las ganancias de peso, a un costo accesible para el pequeño ganadero es el uso de los pastos mejorados en la alimentación animal. Para este fin se considera necesario introducir gramíneas del género *Cynodon*., las cuales han demostrado en evaluaciones con bovinos y equinos elevada adaptabilidad, persistencia al pastoreo, alto valor nutritivo y debido a su variación morfológica son capaces de adaptarse a diferentes tipos de climas y topografías (MIDA, 2009).

La utilización de los fertilizantes en la producción de pasto para el consumo animal se hace necesaria en pastos mejorados, ya que las condiciones del suelo necesitan incrementar

las cantidades de nutrientes para obtener buen desarrollo, lo que conlleva buena productividad del pasto y aumento en la producción. Un adecuado conocimiento de los fertilizantes permite un uso racional, equilibrado y oportuno, mejorando su eficiencia (Villagarcía y Aguirre, 2017).

El uso indiscriminado de agroquímicos con sus consecuentes daños al ambiente, el incremento en los costos de los insumos agropecuarios y la creciente demanda de alimentos más sanos nos lleva a buscar alternativas de producción, entre las cuales podemos considerar el uso de microorganismos eficientes que consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos (Hoyos, 2008).

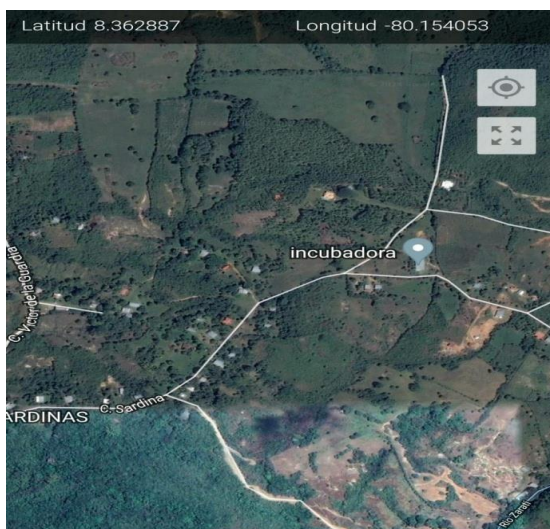
Los microorganismos eficientes, como inoculantes microbianos, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos, promueven la germinación de semillas, favorecen la floración, el crecimiento, desarrollo de los frutos, permiten una reproducción más exitosa en las plantas, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos, desde el punto de vista fisiológico se ha determinado que incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su capacidad para absorber agua y nutrientes, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente más sostenible (Mora, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la localidad de Sardina (400 msnm), Corregimiento y Distrito de Penonomé, en la provincia de Coclé (figura 1). La finca se encuentra ubicada en la zona de sequía intermedia (MIDA-FAO, 2009). Esta zona agroclimática se caracteriza por tener una precipitación entre los 100 a 200 mm durante la estación seca y una precipitación total anual de 1,500 a 3,000 mm. Con una latitud de 8°33'N y una longitud de 80°21'. En el área predomina *C. dactylon* en un suelo arcilloso, y temperatura promedio anual de 25,3 °C.

Figura 1.

Ubicación geográfica de la finca de estudio.



Fuente: Google Maps (2024).

Se utilizaron tres parcelas de 40 m² de *C. dactylon*, luego se aplicó el producto Bacter Crecimiento® y el abono convencional. Se observó una parcela testigo.

El Bacter Crecimiento® contiene cepas nativas de *Azospirillum sp*, *Azotobacter sp*, *Pseudomona fluorescens*. La concentración de bacterias es de aproximadamente 1 x 10⁹ UFC/mL, la presentación es líquida; su vida útil es de 6 meses almacenado entre 25° y 30° C; categoría toxicológica es de Banda verde (Agrobiológicos de Panamá, 2022).

Se aplicaron los siguientes tratamientos: en la parcela 1 se aplicó Bacter Crecimiento®, mientras que en la parcela 2 se utilizó la fertilización química convencional con un abono completo NPK (12-24-12) más urea y en la parcela 3 representó el testigo absoluto (sin fertilización).

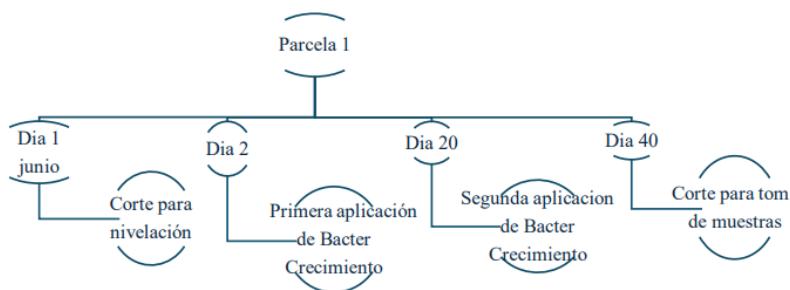
Se realizó un corte de nivelación a cada parcela (día 1), ya que la pastura se había sembrado a finales del año 2022. Seguido a esto, cada parcela recibió un tratamiento distinto (Figuras 2, 3 y 4).

- Parcela 1: Al día siguiente del corte de nivelación (día 2) se realizó la aplicación del biofertilizante a razón de 2 litros/ha, con una bomba de mochila siguiendo la

recomendación de la ficha técnica del producto. La dosificación para esta parcela de 40 metros cuadrados fue de 0,008 litros del producto. Luego a los 20 días se realizó por segunda vez la aplicación, utilizando la misma dosis.

Figura 2.

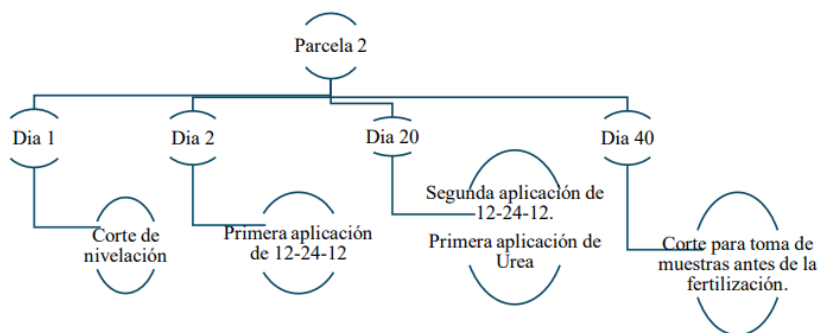
Manejo de la Parcela 1 con aplicación de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN).



- Parcela 2: La dosificación de nitrógeno fue a razón de 150 kg de nitrógeno/ha; lo cual corresponde a 330,69 libras de urea por hectárea, es decir, la dosis a aplicar fue de 1,32 libras de urea al día 20 y 40 después del corte de nivelación (de forma fraccionada).

Figura 3.

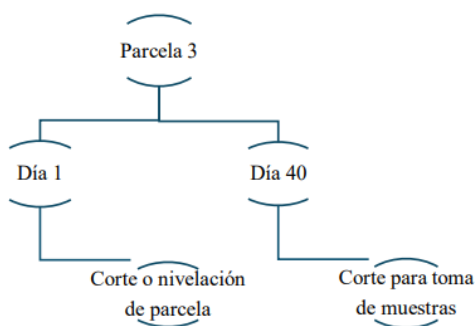
Manejo de la Parcela 2 con fertilización química (FQUIM).



- Parcela 3: se le realizó el corte de nivelación el día uno y se dejó sin intervención hasta el día 40 cuando se tomaron las muestras para medición de biomasa y contenido nutricional.

Figura 4.

Manejo de la Parcela 3 (Testigo absoluto)



Una vez completado el ciclo de crecimiento de la pastura, se procedió a estimar el rendimiento de forraje en términos de kg de MS/ha. Para esto se utilizó la técnica del marco muestral lanzado al azar dentro del área de cada parcela. Una vez colectado el forraje, se pesó y se tomaron cuatro alícuotas por parcela para secado en horno a 60 °C/24 horas. El peso del material fresco y peso del material después del secado se registró para posterior cálculo de la materia seca. El material secado se envió al Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (Gualaca, Chiriquí). Las muestras fueron molidas a 1 mm (Restsch GmbH & Co., Alemania) y leídas por su composición nutricional a través de la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) en equipo InfraXact Pro (Foss, Sweden).

-Análisis estadístico:

A excepción del dato de rendimiento de biomasa, los datos fueron analizados en un diseño completo al azar, donde la parcela representó el tratamiento y las cuatro muestras por parcela las repeticiones (se realizó prueba de normalidad y análisis de varianza). La nomenclatura para los tratamientos fue: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela

sin intervención como control. Las medias de los tratamientos fueron comparadas por medio de prueba de Tukey y las diferencias se declararon a un valor de $P > 0,05$ y tendencia a un valor $0,05 < P < 0,15$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción o rendimiento de forraje de una pastura es un indicativo de su crecimiento, desarrollo y contenido nutricional. El rendimiento de la pastura nos permite presupuestar el forraje y mantener al ganado en condiciones de pastoreo, como alternativa de más bajo costo y aporte nutricional. Al comparar los datos de rendimiento de pastura en términos de producción de biomasa y calidad nutricional (Tabla 1 y Figura 5), observamos que la parcela con el pasto que recibió inoculación con el producto comercial (MFNSN) tuvo un rendimiento de 590 kg MS/ha y fue 36,6 % superior al rendimiento de la parcela sin intervención o control (361 kg MS/ha), mientras el rendimiento de la parcela que recibió la aplicación de fertilizante químico (FQUIM) fue de 575 kg MS/ha, siendo 2,54 % inferior a la parcela MFNSN; el rendimiento de la parcela FQUIM fue 40,7 % superior al control (Figura 6). Estos resultados muestran una mejora en la producción del pasto *C. dactylon* bajo la inoculación de MFNSN y la FQUIM, sugiriendo una respuesta biológica cuantificable a la aplicación del producto.

El porcentaje de materia seca de un pasto es un valor indicativo de la relación entre el material utilizable de la planta y la porción de esta que corresponde al agua (Guerra, 2005). La materia seca incluye todos los nutrientes contenidos en el pasto (Escobar *et al.*, 2020). Los valores promedios de materia seca registrados fueron diferentes ($P = 0,001$) entre los tratamientos. Según la Tabla ,1 no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos MFNSN (29,1 %) y FQUIM (28,1%), pero estos fueron hasta 40 % superior a la parcela sin intervención o control (20,6 %) (Figura 5). La proporción de materia seca varía a lo largo del año, dependiendo de la intensidad de las lluvias. En este trabajo los contenidos de materia seca para los 3 tratamientos se mostraron dentro de los rangos generales que van de 15 a 35 % para la temporada lluviosa, época en la que se realizó este estudio. Un pasto en condiciones naturales durante la época lluviosa debe presentar un

porcentaje de materia seca entre los 15 % y 28 %; los que pueden llegar hasta los 35% de acuerdo con los niveles de lluvia de la zona, el tipo de pasto y sobre todo la edad o madurez de la planta, ya que a medida que la planta envejece, sus contenidos de agua disminuyen (Guerra, 2005). En este sentido, la materia orgánica en las parcelas bajo los tratamientos MFNSN (90,4 %) y FQUIM (90,3 %) fue similar, pero estos fueron diferentes ($P = 0,04$) al control cuya materia orgánica fue de 89,1 %.

La proteína es un nutriente esencial en el organismo y adquiere especial importancia para los animales que se encuentran en crecimiento y producción. Por lo tanto, la disponibilidad de proteína de los forrajes es especialmente importante para animales jóvenes (terneros, novillas). La capacidad que tienen los pasto y forrajes de aportar proteínas es también un parámetro de calidad. Las pasturas responden rápidamente a la fertilización nitrogenada, ya que las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. De esta manera el contenido de proteína cruda en el pasto es importante a la hora de formular una dieta para los rumiantes en pastoreo (González, 2021).

Los contenidos de proteína cruda resultaron en 12,2 % para el tratamiento MFNSN, 11,1 % para FQUIM y 10.7 % para el control (Tabla 1). Considerando que el contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3% en una gramínea tropical y muy madura hasta más de 12% en una pastura en su momento óptimo de cosecha, el contenido de proteína para los tres tratamientos fue bueno y no se mostró diferencia estadística ($P = 0,31$) entre estos tratamientos.

Se observó un incremento de 14 % para el contenido de proteína cruda en la parcela que recibió MFNSN y esto pudiera explicarse probablemente por la acción de los microorganismos fijadores de nitrógeno en el suelo favoreciendo un mejor aprovechamiento del nitrógeno por el pasto.

El contenido de extracto etéreo en el pasto hace referencia a los contenidos de grasa. Los contenidos de extracto etéreo resultaron en 2,14 % para el tratamiento MFNSN, 1,81 % para FQUIM y 1,59 % para el control (Tabla 1). El tratamiento con MFNSN fue superior al

control ($P = 0,04$), pero similar al tratamiento FQUIM (Figura 5). El contenido de extracto etéreo fue un contribuyente al incremento en la biomasa del tratamiento MFNSN.

La fibra detergente neutro y fibra detergente ácido constituyen los carbohidratos estructurales celulosa y hemicelulosa. Sumado a esto la proporción fibrosa del pasto contempla también a la lignina. Luego del análisis de fraccionamiento de fibra que se muestra en la Tabla 1 se observó que no hubo diferencias en el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácida entre los tratamientos ($P \geq 0,71$) entre los tratamientos. De igual manera, los contenidos de celulosa y hemicelulosa fueron similares ($P \geq 0,51$) entre los tratamientos. En cambio, para la lignina ácido detergente se observó una tendencia a incrementar ($P = 0,14$) cuando se inoculó el pasto con MFNSN (Tabla 1). Esto podría sugerir que la inoculación con MFNSN promueve un crecimiento vegetativo más rápido, con mayor lignificación. Lo que pudiera explicar hasta cierto punto un rápido crecimiento y desarrollo del pasto, reflejado en el mayor contenido de biomasa y materia seca observado.

La lignina es importante en el crecimiento y desarrollo de los forrajes por ser un componente que aporta rigidez en las células de soporte (esclerenquima) y de transporte (xilema), contribuyendo también a prevenir la entrada de algunos patógenos a la planta; por lo tanto, la lignina es un elemento importante en la vida de las plantas, pero que limita la producción animal que utiliza los forrajes como materia prima (Vargas, 2016).

El porcentaje de cenizas de un forraje representa su materia inorgánica o contenido total de minerales. Típicamente el material inorgánico proviene de dos fuentes: El porcentaje de ceniza interna de la planta, que aporta minerales como el magnesio, el calcio y el potasio, y la contaminación del suelo, que se caracteriza por altas concentraciones de hierro, aluminio y sílice. Las contribuciones minerales de la ceniza son importantes para la salud y el rendimiento de los animales. Sin embargo, las cenizas no minerales pueden contener hongos y bacterias. El contenido promedio de cenizas en el forraje suele ser de 3 al 5 % en el maíz, del 6 al 8 % en gramíneas y del 8 al 10 % en leguminosas (Vargas, 2016).

En este trabajo el porcentaje de cenizas promedio fue de 10.9 % para la parcela con MFNSN, 9,68 % para la parcela con FQUIM y de 9,61 % para la parcela sin intervención o

control (Tabla 1). El contenido de cenizas del tratamiento MFNSN fue superior ($P = 0,04$) a los otros dos tratamientos en 12 % y 13 %, con respecto al tratamiento FQUIM y el control, respectivamente (Figura 5).

La digestibilidad de la materia seca resultó en 58,1 % para el tratamiento MFNSN, 57,7 % para FQUIM y 57.4 % para el control, mostrando que no hubo diferencia ($P = 0,72$) entre los tratamientos (Tabla 1). La digestibilidad de la materia seca es una determinación de la calidad de los alimentos ampliamente difundida y que presenta una alta correlación con los resultados en el animal. La digestibilidad, en términos generales, representa el porcentaje de alimentos que el animal consume, pero que no elimina; en otras palabras, es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento y de estimar la energía disponible que tiene. Cuando supera el 50 % entonces indica que el forraje que consume el animal es muy aceptado digerido y consumido por el animal demostrando de esta manera que el mismo posee pocos contenidos de fibra o lignina y el animal lo digiere muy bien.

La Tabla 1 solo hace referencia a la concentración de energía metabolizable y en la Figura 7 se muestra la partición de la energía. Ninguno de los parámetros de energía fue afectado por el tratamiento ($P = 0,72$). En promedios generales, la energía digestible fue de 2,545 Mcal/kg MS, la energía metabolizable fue 2,120 Mcal/kg MS, la energía neta de mantenimiento fue de 1,271 Mcal/kg MS, la energía neta de ganancia fue de 0,666 Mcal/kg MS y la energía neta de lactancia de 1,363 Mcal/kg MS.

En términos generales, la aplicación del producto (tratamiento MFNSN) sugiere un aumento en los parámetros de biomasa, materia orgánica, materia seca, extracto etéreo y cenizas, lo que, desde el punto de vista de fertilización nitrogenada, constituye una innovación tecnológica sustentable y sostenible. Los microorganismos asimbióticos se encuentran prácticamente en todos los hábitats, como el suelo, el mar, fuentes de agua dulce y sedimentos. Uno de los géneros más utilizados como biofertilizante es el *Azotobacter sp* (Jiménez, 2007) que también influye en el establecimiento de condiciones óptimas para el desarrollo de una cubierta vegetal estable. Esto es fundamental para que se conserve la calidad del suelo (Suquilanda, 1996).

Muchos de los estudios que se reportan en la literatura van dirigidos a prácticas agrícolas y forestales, aislando microorganismos de diferentes ambientes, teniendo resultados positivos en cuanto a la producción de biomasa vegetal de gramíneas como el maíz y los pastos forrajeros. Los datos indican un 60 – 70% de ocurrencia de éxito con un incremento significativo en las cosechas del orden de 5 – 30%, esto atribuido al género *Azospirillum* (Okon y Labandera-González, 1994).

En este sentido, este estudio sugiere el potencial uso de esta tecnología de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del forraje del pasto *C. dactylon* bajo las condiciones del arco seco en la provincia de Coclé. Esto nos brinda una base para que se pueda evaluar estos productos en otras regiones agroclimáticas de Panamá y en otras pasturas.



Tabla 1.

Producción de biomasa y calidad nutricional del pasto Cynodon dactylon inoculado con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno, con fertilización química y sin intervención.

Variable de respuesta ¹	Tratamiento ²			EEM ³	P-valor ⁴
	MFNSN	FQUIM	Control		
Producción de biomasa ⁵ , kg de MS/ha	590	575	361	NA	NA
Materia seca (MS), %	29.1 ^a	28.1 ^a	20.6 ^b	5.48	0.001
Materia Orgánica (MO), %	90.4 ^a	90.3 ^a	89.1 ^b	0.43	0.04
Proteína cruda (PC), %	12.2	11.1	10.7	1.84	0.31
Extracto etéreo (EE), %	2.14 ^a	1.81 ^{ab}	1.59 ^a	0.066	0.04
Fibra detergente neutro (FDN), %	63.7	63.7	63.4	1.64	0.93
Fibra detergente ácido (FDA), %	40.4	40.1	39.6	2.03	0.71
Lignina ácido detergente (LAD), %	3.98	3.83	3.62	0.053	0.14
Hemicelulosa (HC), %	23.8	23.6	23.3	0.93	0.77
Celulosa (CL), %	36.8	36.3	35.6	1.95	0.51
Cenizas (CZ), %	10.9 ^a	9.68 ^b	9.61 ^b	0.432	0.04
Digestibilidad de materia seca (DMS), %	58.1	57.7	57.4	1.23	0.72
Energía metabolizable (EM), Mcal/kg MS	2.136	2.118	2.107	0.0024	0.72

¹Estimaciones por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (InfraXact Pro, FOSS).

²Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Superíndices en hileras significan diferencias $P < 0.05$.

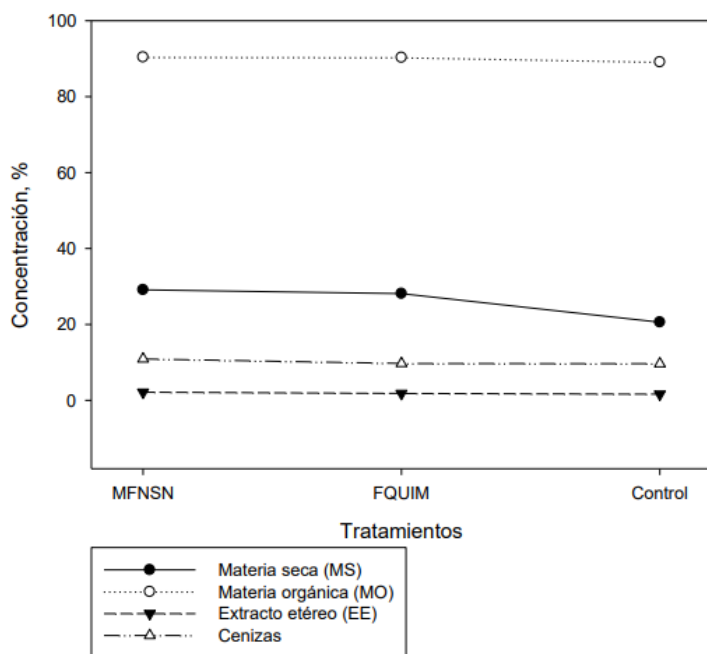
³Error estándar de la media, $n = 12$ (n representa el número de observaciones utilizadas en el análisis estadístico).

⁴Efecto principal de tratamiento.

⁵Estimaciones de biomasa según muestreo con marco muestral en parcela de 40 m².

Figura 5.

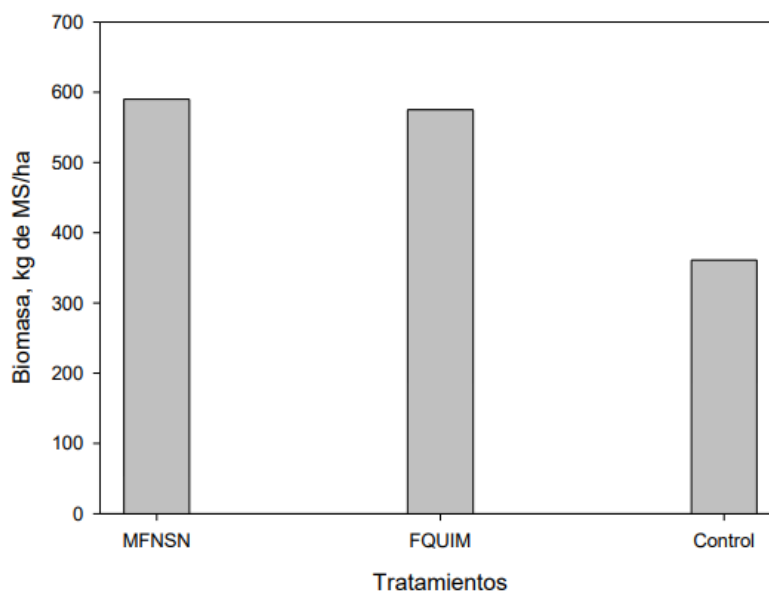
Efecto de tratamiento sobre la calidad nutricional del pasto Cynodon dactylon.



Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Total, de observaciones utilizadas en el análisis estadístico, $n = 12$. Estimaciones por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (InfraXact Pro, FOSS).

Figura 6.

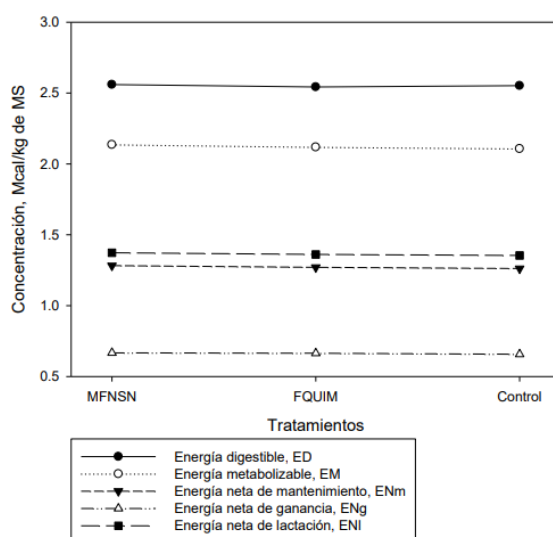
Efecto de tratamiento sobre la producción de biomasa del pasto C. dactylon.



Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Estimaciones de biomasa según muestreo con marco muestral en parcela de 40 m²

Figura 7.

Efecto de tratamiento sobre la concentración energética del pasto Cynodon dactylon.



Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Total, de observaciones utilizadas en el análisis estadístico, $n = 12$. Estimaciones por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (InfraXact Pro, FOSS).

CONCLUSIONES

- Se mejoró el rendimiento de biomasa mientras otros parámetros bromatológicos no fueron afectados por la incorporación del producto biológico.
- Se observó una paridad de rendimiento entre la parcela bajo el tratamiento con el producto biológico y la parcela con fertilización química., lo que podría traducirse en una mejora en la producción del pasto *C. dactylon*.
- La intervención de la parcela de *C. dactylon* con el producto biológico, a base de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno, sugiere un impacto positivo en los parámetros de producción de biomasa, materia seca, materia orgánica, extracto etéreo y cenizas, en comparación del testigo comercial y el control sin intervención.
- El uso del producto biológico representa una alternativa biológica viable para implementarse en la producción de forrajes y así minimizar la utilización de fertilizantes químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobiológicos de Panamá. Bacter Crecimiento (2022).
- Arosemena, E. (2012). Manejo de pasturas y su degradación. Ciencia Agropecuaria, 31:1.
- Escobar, P. B., Etcheverría, P. T., Vial, M. A., Daza, J. C. (2020). Concepto de materia seca y su uso: guía práctica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- FAO. (2016). La Alimentación y la Agricultura. Acciones para impulsar el programa de la agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible.

- González, K. (2021). Valor nutricional y calidad de los pastos. (En línea). <https://zoovetesmipasion.com/pastos-y-forrajes/valor-nutricional-los-pastos/>
- Guerra, (2005). Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el porcentaje de materia seca y relación hoja/tallo de la *Brachiaria* híbrida (Pasto Mulato). Tesis Ing. Agro. Zootecnista. Panamá, UP. Pág. 9-10.
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabid, L., Garces, M., Pérez, D., Mattar, V. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces en una explotación avícola de Córdoba: Parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ*, Córdoba, 13:2.
- Jiménez, Diego. (2007). Caracterización molecular de cepas nativas colombianas de *Azotobacter* sp. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Molina, C., Molina, E., Molina, J. (1993). Los sistemas sostenibles: el camino ante la crisis agropecuaria tropical. In Seminario centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes menores. San José, C.R.
- Mora, M., Morocho, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas: *Centro Agrícola*, 46 (2).
- Okon, Y., Labandera-Gonzalez, C. A. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(12), 1591-1601.
- MIDA. (2009). Programa de Nacional de Zonificación Agroecológica. Resultados de la Zonificación Agroecológica de 20 especies de pastos y forrajes en la República de Panamá.
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Editorial UPS. FUNDAGRO. Quito, Ecuador
- Vargas, J. (2016). Calidad de los forrajes para rumiantes. *Entorno Ganadero* 78, Sitio Argentino de Producción Animal.

Suplementación Nutricional con Sal Proteinada: Impacto en el Peso Normalizado de Novillas de Reemplazo

Nutritional Supplementation with Protein Salt: Impact on the Normalized Weight of Replacement Heifers

Jorge Maure

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá

jmaure01@yahoo.es <https://orcid.org/0000-0003-0118-6743>

Edwin Pile

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá

edwin.pilem@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>

Recepción: 14 de enero de 2025

Aprobación: 20 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6739>

Resumen

Este estudio analizó el efecto de la suplementación con sal proteinada en el peso normalizado de novillas de reemplazo en la Estación Experimental El Ejido, Los Santos, Panamá, entre 2015 y 2017. Se utilizaron 30 novillas cruzadas de Pardo Suizo por Cebú, con un peso promedio inicial de 204 kg, manejadas en un sistema de pastoreo rotacional con *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. Se implementó un diseño experimental factorial que consideró dos estaciones climáticas (seca y lluviosa) y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de la suplementación en el peso normalizado. Los resultados mostraron un efecto significativo de la suplementación con sal proteinada en el peso normalizado de las novillas ($p < 0.001$). La variable "año" influyó en el crecimiento ($p < 0.001$), mientras que la "estación" no tuvo un impacto significativo ($p = 0.302$). Este estudio destaca la importancia de la suplementación con sal proteinada como una estrategia para optimizar el crecimiento de novillas de reemplazo en sistemas de producción ganadera similares.

Palabras clave: ganadería, nutrición animal, tierra de pastoreo

Abstract

This study analyzed the effect of protein salt supplementation on the normalized weight of replacement heifers at the El Ejido Experimental Station, Los Santos, Panama, between 2015 and 2017. Thirty Brown Swiss x Zebu crossbred heifers were used, with an average initial weight of 204 kg, managed in a rotational grazing system with *Brachiaria decumbens* and *B. brizantha*. A factorial experimental design was implemented that considered two climatic seasons (dry and rainy) and an analysis of variance (ANOVA) was performed to evaluate the effect of supplementation on the normalized weight. The results showed a significant effect of protein salt supplementation on the normalized weight of the heifers ($p < 0.001$). The variable "year" influenced growth ($p < 0.001$), while the "season" had no significant impact ($p = 0.302$). This study highlights the importance of protein salt supplementation to optimize the growth of replacement heifers in similar livestock production systems.

Keywords: animal nutrition, grazing land, livestock

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera eficiente depende en gran medida del desarrollo óptimo de las novillas de reemplazo, donde la nutrición juega un papel crucial. El crecimiento y la salud de estas futuras reproductoras están directamente relacionados con la calidad de su alimentación, y la suplementación se presenta como una estrategia clave para asegurar el aporte de nutrientes necesarios, especialmente en condiciones donde la disponibilidad y calidad del forraje pueden ser variables. En este contexto, la suplementación con sales proteinadas ha ganado atención por su potencial para mejorar la eficiencia alimenticia y el desarrollo de las novillas (Ferreira et al., 2024).

Las sales proteinadas no solo aportan una fuente concentrada de proteína, esencial para el crecimiento, sino que también contribuyen a un mejor balance de minerales, con impactos positivos en la salud y la reproducción (Hambidge et al., 1986). Macrominerales como el calcio y el fósforo son esenciales para la formación del esqueleto y el desarrollo del tejido muscular (Hart et al., 2020). Mientras tanto, microminerales como el selenio y el zinc desempeñan un papel crucial en la función inmune, la actividad ovárica y la eficiencia

reproductiva en hembras bovinas, influyendo en la calidad de los ovocitos y el desarrollo embrionario temprano (Lee et al., 2006; Velayudhan et al., 2012).

Este estudio se enfoca en analizar el efecto de la suplementación con sal proteinada en el peso de novillas de reemplazo en la región. A través de esta investigación, buscamos generar información relevante para la toma de decisiones en el manejo nutricional de las novillas, con el objetivo de mejorar la eficiencia productiva y la sostenibilidad del sector ganadero. Considerando la importancia de la suplementación en la optimización del crecimiento y la reproducción, este estudio se justifica por la necesidad de evaluar estrategias nutricionales que permitan un mejor desarrollo de las novillas de reemplazo y contribuyan a la rentabilidad de los sistemas ganaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio: El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental El Ejido (7°55'00"N 80°23'00"O), ubicada en la provincia de Los Santos, Panamá. Esta provincia, situada en la Península de Azuero, se caracteriza por su clima tropical con dos estaciones bien definidas: la estación seca y la estación lluviosa (Provincia de Los Santos, 2025). La Estación Experimental El Ejido presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 27°C (Weather.com, 2025). Durante la época seca (diciembre-abril), las temperaturas son más cálidas, con máximas alrededor de los 35°C en la llanura meridional, donde se encuentra Los Santos (Boletín Agroclimático Los Santos, 2021; Clima Panamá, 2025). Sin embargo, en la costa suroeste, las temperaturas son más moderadas (Clima Panamá, 2025). La precipitación promedio anual en Los Santos es de aproximadamente 2000 mm, pero durante la época seca las lluvias caen por debajo de los 100 mm en diciembre (INEC, 2025). El estudio se realizó entre 2015 y 2017. Durante este periodo, la temperatura promedio en la época seca fue de 28°C, con máximas que alcanzaron los 35°C en la llanura meridional donde se encuentra Los Santos. La precipitación promedio fue de 50 mm. La época lluviosa (mayo-noviembre) se caracteriza por temperaturas que oscilan entre 20°C por

la noche y 30°C durante el día, con un promedio de 26°C durante el periodo de estudio. La precipitación promedio en la época lluviosa fue de 300 mm.

Animales: Se utilizaron 30 novillas cruzadas (Pardo Suizo x Cebú) con una edad inicial promedio de 12 meses y un peso vivo de 204±36 kg. Las novillas provenían de un mismo hato y se encontraban en buen estado sanitario, con sus vacunas y desparasitaciones al día.

Manejo y suplementación: Las novillas se manejaron en un sistema de pastoreo rotacional en seis potreros de 2 hectáreas cada uno, con pasto *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. La duración de la ocupación en cada potrero fue de 7 días, con un periodo de descanso de 28 días. La carga animal fue de 2 novillas por hectárea. Se ofreció sal proteinada a libre consumo en recipientes ubicados estratégicamente en cada potrero. La composición de la sal proteinada fue la siguiente: 30% de proteína cruda, 10% de calcio, 5% de fósforo, 1% de selenio, y 54% de otros ingredientes (melaza, urea, etc.). Los recipientes se reponían cada 3 días para asegurar la disponibilidad del suplemento. No se ofrecieron otros suplementos alimenticios.

Diseño experimental: Se implementó un diseño experimental factorial 2x3x2, considerando las siguientes variables: estación (seca y lluviosa), año (2015, 2016 y 2017) y grupo (pre y post suplementación). Se eligió este diseño para evaluar el efecto de la suplementación en diferentes condiciones climáticas y a lo largo del tiempo. El periodo de "pre" suplementación corresponde al primer año de evaluación (2015), antes de iniciar la suplementación. El periodo de "post" suplementación incluye los años 2016 y 2017, después de la introducción de la sal proteinada.

Análisis estadístico: Los datos de ganancia diaria de peso se normalizaron utilizando el método de estandarización (también conocido como z-score normalization). Este método implica restar la media de cada grupo de datos y dividir por la desviación estándar de ese grupo. La fórmula para la estandarización es:

$$z = (x - \mu) / \sigma$$

donde:

z es el valor estandarizado (o peso normalizado en este caso)

x es el valor original

μ es la media del grupo

σ es la desviación estándar del grupo.

La normalización se realizó para ajustar las variaciones inherentes al crecimiento de las novillas y permitir una comparación más precisa entre los grupos. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico R. El modelo ANOVA incluyó la estación, el año y el grupo como variables independientes, y el peso inicial como covariable. Se utilizó un nivel de significancia de $p < 0.05$ para todas las pruebas estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso normalizado de las novillas varió entre -2.14 kg y 2.45 kg. La media del peso normalizado para el grupo "pre" suplementación fue de -0.48 kg (DE= 0.67), mientras que para el grupo "post" suplementación fue de 0.31 kg (DE= 0.87).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de modelo lineal para evaluar el efecto de la suplementación con sal proteinada en el peso normalizado de las novillas de reemplazo. La Tabla 1 presenta los resultados del ANOVA, incluyendo la variable dependiente (Peso Normalizado), los grados de libertad (Df), la suma de cuadrados (Sum Sq), la media cuadrática (Mean Sq), el estadístico F (F value), el valor p (Pr value).

Tabla 1.

Resultados de ANOVA: Comparación de Peso Normalizado por Grupo, Estación y Año

Factor	Df	Sum_ Sq	Mean _Sq	F_val ue	Pr_value
Estación	1	0.69	0.69	1.07	0.302
Año	2	144.60	72.30	112.54	<2e-16
Grupo	1	17.8	17751	18.53	2.11e-05

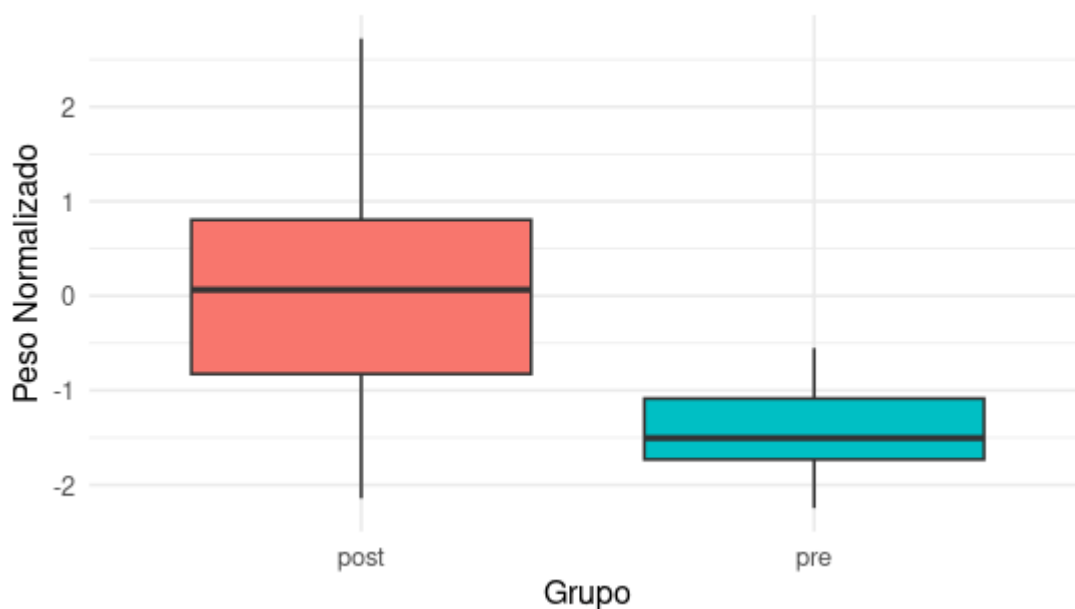
Nota: Df = grados de libertad; Sum Sq = suma de cuadrados; Mean Sq = media cuadrática.

El ANOVA confirmó la influencia significativa de la suplementación en el peso normalizado ($p < 0.001$), evidenciando diferencias entre el grupo pre y post intervención. Si bien el año también tuvo un efecto significativo ($p < 0.001$), la estación no mostró impacto en el peso ($p = 0.302$).

La Figura 1 muestra la distribución del peso normalizado para los grupos "pre" y "post" suplementación mediante un diagrama de cajas (boxplot). La caja representa el rango intercuartílico (entre el percentil 25 y 75), la línea dentro de la caja representa la mediana, y los bigotes se extienden hasta el valor mínimo y máximo, excluyendo los valores atípicos (outliers). El grupo "pre" muestra una distribución más concentrada en un rango negativo, con una mediana inferior a cero y una menor dispersión de los datos. El grupo "post" presenta una distribución más amplia en un rango positivo, con una mediana superior a cero. No se observaron valores atípicos en ninguno de los grupos.

Figura 1.

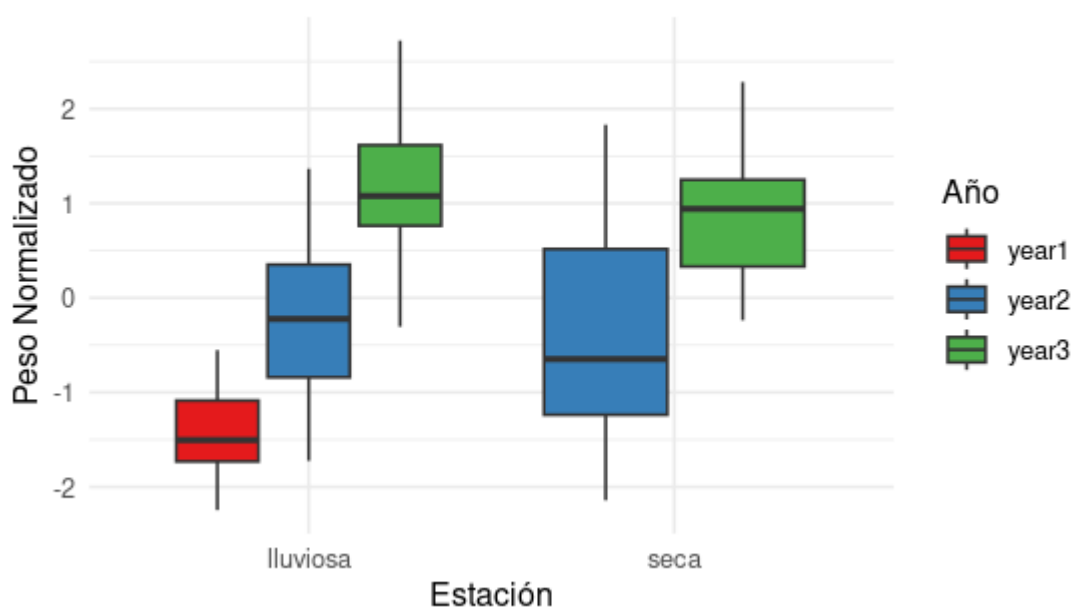
Comparación del Peso Normalizado de Novillas de Reemplazo Pre y Post Suplementación con Sal Proteinada



La Figura 2 muestra la evolución del peso normalizado de las novillas a lo largo de los tres años del estudio, para las épocas seca y lluviosa. Se presentan diagramas de caja para cada año y estación, donde las cajas representan el rango intercuartílico (entre el percentil 25 y 75), la línea dentro de la caja representa la mediana, y los bigotes se extienden hasta el valor mínimo y máximo, excluyendo los valores atípicos. Se observa que la distribución del peso normalizado varía entre las épocas seca y lluviosa, así como entre los diferentes años. En el tercer año, se registraron pesos normalizados con una mediana superior al promedio general, mostrando diferencias entre la distribución del año 2017 y los años 2015 y 2016.

Figura 2.

Peso Normalizado de Novillas de Reemplazo por Estación y Año



Los resultados de este estudio confirman nuestra hipótesis de que la suplementación con sal proteinada tiene un efecto positivo en el peso normalizado de novillas de reemplazo. El análisis de varianza mostró un efecto significativo del grupo (pre vs. post suplementación) en el peso normalizado, lo que indica que la suplementación contribuyó a un mayor crecimiento de las novillas. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han

demostrado los beneficios de la suplementación en el desarrollo de rumiantes. Por ejemplo, Chanjula et al., (2015) reportaron que la suplementación con glicerina cruda como sustituto del maíz no afectó negativamente el crecimiento en cabras, mientras que Velayudhan et al., (2012) observaron la importancia de la suplementación con minerales para el desarrollo de vaquillonas. Estos resultados sugieren que la suplementación con proteína, como la sal proteinada utilizada en este estudio, puede mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes y promover un mayor crecimiento en bovinos, especialmente cuando la dieta base se compone principalmente de pastos.

Es importante destacar que el efecto de la suplementación con sal proteinada se observó a pesar de que las novillas se encontraban en un sistema de pastoreo con acceso a *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. Si bien estas especies de pastos son consideradas de buena calidad forrajera en la región, su contenido proteico puede ser limitante, especialmente durante la época seca. Nuestros resultados indican que, incluso en condiciones donde la disponibilidad de forraje es relativamente buena, la suplementación con proteína puede ser beneficiosa para el crecimiento de las novillas.

Profundizando en el análisis, este efecto positivo podría deberse a que la suplementación con sal proteinada:

Aumenta la disponibilidad de aminoácidos esenciales: La proteína de la sal proteinada proporciona aminoácidos que pueden ser limitantes en la dieta base de las novillas, lo que permite una mayor síntesis de proteínas musculares y un mayor crecimiento.

Mejora el balance de minerales: La sal proteinada también aporta minerales como calcio, fósforo, selenio y zinc, que son esenciales para el crecimiento óseo, el desarrollo muscular y la función inmune.

Optimiza la función ruminal: La suplementación con sal proteinada puede estimular la actividad microbiana en el rumen, lo que mejora la digestibilidad de la fibra y la eficiencia de utilización de los nutrientes.

Comparando nuestros resultados con estudios previos, encontramos que:

El efecto de la suplementación puede ser aún mayor en condiciones de forraje de menor calidad: En estudios donde la dieta base de los animales es deficiente en proteína y minerales,

la suplementación con sal proteinada puede tener un impacto aún más pronunciado en el crecimiento (Dick et al., 2021).

La raza de las novillas puede influir en la respuesta a la suplementación: Algunos estudios sugieren que la genética puede interactuar con la nutrición, y que ciertas razas pueden responder mejor a la suplementación con proteína que otras (Foroutan et al., 2021).

En cuanto a las implicaciones a largo plazo, es posible que las novillas suplementadas:
Alcancen la pubertad antes: La suplementación con minerales, especialmente selenio y zinc, puede tener un efecto positivo en la función ovárica y la eficiencia reproductiva (Velayudhan et al., 2012).

Presenten una mayor longevidad productiva: Una nutrición adecuada durante la etapa de crecimiento puede contribuir a fortalecer el sistema inmunológico y prevenir enfermedades, lo que podría traducirse en una mayor longevidad productiva.

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio:

Falta de un grupo control: La ausencia de un grupo control sin suplementación dificulta la comparación con un manejo tradicional y la evaluación precisa del impacto económico de la suplementación.

Duración del estudio: Tres años podrían no ser suficientes para observar todos los beneficios a largo plazo de la suplementación, como la longevidad productiva y el desempeño reproductivo a lo largo de la vida del animal.

A pesar de estas limitaciones, este estudio tiene importantes implicaciones prácticas para la producción ganadera en Panamá. Los resultados sugieren que la suplementación con sal proteinada puede ser una estrategia efectiva para mejorar el crecimiento de las novillas de reemplazo, lo que podría traducirse en:

Mayor productividad: Las novillas que alcanzan su peso objetivo más rápidamente pueden ser incorporadas al hato reproductor a una edad más temprana, lo que aumenta la eficiencia reproductiva del sistema.

Reducción de costos: Al optimizar el crecimiento de las novillas, se reduce el tiempo y los recursos necesarios para su desarrollo, lo que disminuye los costos de producción.

Mejora de la salud animal: Una nutrición adecuada durante la etapa de crecimiento contribuye a fortalecer el sistema inmunológico de las novillas y a prevenir enfermedades.

CONCLUSIÓN

Este estudio demostró que la suplementación con sal proteinada tiene un efecto positivo en el peso normalizado de novillas de reemplazo en un sistema de pastoreo con acceso a *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. La suplementación contribuyó a un crecimiento significativamente superior en las novillas, lo que resalta el potencial de esta estrategia para mejorar la eficiencia productiva en sistemas ganaderos similares.

Si bien el tiempo (años de evaluación) tuvo un impacto significativo en el desarrollo de las novillas, la estacionalidad no influyó en su crecimiento, lo que sugiere que la suplementación podría mitigar las variaciones en la disponibilidad de forraje a lo largo del año. La metodología de normalización de los datos de peso, utilizando el peso inicial como covariable, permitió una evaluación precisa de los efectos de la suplementación, ajustando las variaciones naturales del crecimiento animal.

Estos hallazgos respaldan la importancia de la suplementación con sal proteinada como una estrategia para optimizar el crecimiento de novillas de reemplazo en sistemas de producción ganadera, con implicaciones positivas para la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del sector. Se recomienda la realización de futuras investigaciones con un mayor tamaño de muestra y una mayor duración para confirmar estos resultados y evaluar los beneficios a largo plazo de la suplementación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baldassarre, H., Neveu, N., Gauthier, M., Pelletier, R., Buffit, S., Montambault, A., Kafidi, N., & Karatzas, C. N. (2000). Reproductive performance of dairy goats imported to the northern from the southern hemisphere. *Theriogenology*, 53(1), 195–522. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00253-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00253-8)
- Boletín Agroclimático Los Santos. (2021). MiAmbiente. <https://adaptacion.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2021/01/Boletin-Agroclimatico-Los-Santos.pdf>
- Chanjula, P., Pakdeechanuan, P., & Wattanasit, S. (2015). Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. *Small Ruminant Research*, 123(1), 95–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.011>
- Clima Panamá. (2025). Unique Viajes. <https://www.uniqueviajes.com/reportajes/clima-panama/>
- Clima y Tiempo en Panamá. (2025). BonitoPanamá. <https://www.bonitopanama.com/es/viajes/clima/>
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R. R., Lauz Ferreira, O. G., de Souza Maia, M., Ferreira de Lima, S., Borges de Paiva Neto, V., & Dewes, H. (2021). Environmental impacts of brazilian beef cattle production in the amazon, cerrado, pampa, and pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127750. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127750>
- Ferreira, I. M., Homem, B. G. C., Oliveira, K. A., Cidrini, I. A., Abreu, M. J. I., Batista, L. H. C., Rodrigues, A. N., Queiroz, A. C. M., Bisio, G. H. M., Prados, L. F., Moretti, M. H., Siqueira, G. R., & Resende, F. D. (2024). Replacement nellore heifers receiving supplementation under different herbage allowance: Effects on forage characteristics, performance, physiology, and reproduction. *Animal*, 18(9), 101260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101260>
- Foroutan, A., Devos, J., Wishart, D. S., Li, C., Colazo, M., Kastelic, J., Thundathil, J., & Fitzsimmons, C. (2021). Impact of prenatal maternal nutrition and parental residual feed intake (RFI) on mRNA abundance of metabolic drivers of growth and development in young angus bulls. *Livestock Science*, 243, 104365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104365>
- Hambidge, K. M., Casey, C. E., & Krebs, N. F. (1986). 1 - zinc. In W. Mertz (Ed.), *Trace elements in human and animal nutrition (fifth edition)* (Fifth Edition, pp. 1–137). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092469-4.50005-4>
- Hart, K. A., Goff, J. P., Mcfarlane, D., Breuhaus, B., Frank, N., De Laat, M. A., McGowan, C., Toribio, R. E., Bauman, D. E., Collier, R. J., Mcart, J. A. A., & Nydam, D. (2020). • chapter 41 - endocrine and metabolic diseases. In B. P. Smith, D. C. Van Metre, & N. Pusterla (Eds.), *Large animal internal medicine (sixth edition)* (Sixth Edition, pp. 1352–1420.e12). Mosby. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-55445-9.00041-0>
- INEC (2025). INEC. <https://www.inec.gob.pa/Archivos/P28814.pdf>

- Lee, K.-J., Rinchar, J., Dabrowski, K., Babiak, I., Ottobre, J. S., & Christensen, J. E. (2006). Long-term effects of dietary cottonseed meal on growth and reproductive performance of rainbow trout: Three-year study. *Animal Feed Science and Technology*, 126(1), 93–106.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.06.007>
- Provincia de Los Santos. (2025). Wikipedia.
https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Los_Santos
- Weather.com. (2025). https://www.weather.com/wx/today/?lat=7.59&lon=-80.37&locale=en_US&par=google
- Velayudhan, B. T., Huderson, B. P., McGilliard, M. L., Jiang, H., Ellis, S. E., & Akers, R. M. (2012). Effect of staged ovariectomy on measures of mammary growth and development in prepubertal dairy heifers. *Animal*, 6(6), 941–951.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S1751731111002333>

Residuos de glifosato y ácido aminometilfosfónico: Un riesgo silencioso para el ambiente

Glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues: A silent risk to the environment

Alexandra K. Samudio H.

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación. Panamá.

alexandra.samudio@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0003-3386-557X>

Heriberto Franco

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Instituto Interdisciplinario de Investigación e Innovación. Panamá.

heriberto.franco@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-9045-0547>

*Autor de correspondencia: alexandra.samudio@unachi.ac.pa

Recepción: 31 de enero de 2025

Aprobación: 30 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6848>

Resumen

Actualmente, el aseguramiento de la producción de alimentos es una preocupación que ha llevado a la utilización de productos químicos tales como los herbicidas formulados a base de glifosato, los cuales han permitido una mejora en los rendimientos de los cultivos gracias a la eliminación de las malezas. Sin embargo, el uso descontrolado de este herbicida ha despertado preocupaciones acerca de los efectos a largo plazo que este compuesto y su metabolito principal el ácido aminometilfosfónico (AMPA), pueden acarrear en el medio ambiente, principalmente en los suelos de uso agrícola y cuerpos de agua. El presente documento es una revisión sistemática acerca del uso del glifosato como compuesto activo en herbicidas y cómo su uso desmedido impacta negativamente el medio ambiente. Por ello, se abarcaron temáticas como la persistencia en matrices ambientales, los efectos sobre la microbiota del suelo, su movilidad hacia aguas subterráneas y superficiales, y el riesgo de contaminación de estas; el uso del glifosato en Panamá y la sostenibilidad de su utilización a

nivel agrícola. A través de una revisión de estudios recientes se busca dar a conocer los efectos de este producto en el ambiente y crear conciencia sobre los riesgos que conlleva su uso descontrolado.

Palabras clave: impacto ambiental, plaguicida, suelo.

Abstract

Currently, ensuring food production is a concern that has led to the use of chemical products such as herbicides formulated with glyphosate, which have allowed an improvement in crop yields thanks to weeds elimination. However, the uncontrolled use of this herbicide has raised concerns about the long-term effects that this compound and its main metabolite aminomethylphosphonic acid (AMPA) can have on the environment, mainly in agricultural soils and water sources. This document is a systematic review about the use of glyphosate as an active compound in herbicides and how its excessive use negatively impacts the environment. Therefore, topics such as persistence in environmental matrices, the effects on soil microbiota, its mobility towards groundwater and surface water, and the risk of contamination of these; the use of glyphosate in Panama and the sustainability of its agricultural use were covered. Through a review of recent studies, we seek to publicize the effects of this product on the environment and raise awareness about the risks entailed by its uncontrolled use.

Keywords: environmental impact, pesticide, soil

INTRODUCCIÓN

El glifosato (N-[fosfonometil]glicina) es un herbicida de amplio espectro, no selectivo, utilizado principalmente para el control de las malezas (Aparicio et al., 2013). Creado por el Dr. Henri Martin en 1950, fue introducido en 1974 como herbicida y, desde entonces, se cataloga como el herbicida más utilizado a nivel mundial por su eficacia en el control de las malezas y su bajo costo, con una demanda anual de más de 8.6 millones de toneladas (Bai y Obgbourne, 2016; Leoci y Ruberti, 2020).

Según Vera (2011), el principal mecanismo de acción del glifosato es inhibir la enzima 5-enolpiruvil shikimato- 3-fosfato sintetasa, la cual pertenece a la vía metabólica del shikimato para la biosíntesis de corismato, siendo este precursor de gran variedad de metabolitos aromáticos en las plantas. Es así como se inhibe la síntesis de aminoácidos de carácter aromático, se reduce la síntesis de proteínas y otras moléculas que pueden llevar a los organismos objetivo a la muerte celular. El glifosato actúa como herbicida sistémico que es rápidamente transportado del follaje a las raíces de las plantas tratadas. Dicha ruta metabólica existe únicamente para plantas y ciertos microorganismos, por lo que no debería representar un peligro para humanos o animales (Helander et al., 2019), aunque recientemente esta afirmación está siendo muy debatida.

Los herbicidas formulados con glifosato como ingrediente activo han jugado un papel fundamental en la agricultura desde el inicio de su utilización, debido a que estos se emplean antes de la siembra, después de la siembra para cultivos genéticamente modificados y, en el caso de ciertos cultivos como los frijoles negros, se utiliza como desecante antes de la cosecha (Gofnet et al., 2016). También es ampliamente utilizado en la selvicultura y horticultura (Helander et al., 2019). De esta manera se garantiza y aumenta la producción evitando el crecimiento de malezas indeseadas que compiten con los cultivos por agua, nutrientes esenciales, espacio para crecer y luz solar (ISAA.org, s.f.).

Este herbicida es degradado por los microorganismos presentes en el suelo dando lugar principalmente al ácido aminometilfosfónico (AMPA). A pesar de la premisa de que la degradación ecosistémica sucede con gran rapidez, se conoce que los residuos de glifosato y AMPA pueden acumularse, llegando a ser movilizadas por la escorrentía o sufrir percolación, lo que puede afectar directamente a determinadas plantas, contaminar suelos, fuentes de aguas superficiales y subterráneas, aire e incluso en los alimentos debido al uso desmedido que se le está dando actualmente (Van Bruggen et al., 2017). Según la Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (IARC, 2018), este herbicida está clasificado como 2A o medianamente peligroso y es un posible carcinógeno para humanos, siendo la vía de exposición habitual la ocupacional, el consumo de alimentos y agua contaminados (Reynoso et al., 2020). El objetivo de este documento es realizar una

revisión sistemática que ilustre el impacto ambiental del uso de glifosato, con especial atención en los suelos, su uso en Panamá y la evaluación de la sostenibilidad de su uso.

METODOLOGÍA

Se consultaron diferentes documentos de tipo artículo científico, revistas y sitios web. Para los criterios de selección se tomó en cuenta que la fecha de publicación se encontrara dentro de los últimos 10 años, así como la afinidad de dichos documentos con la temática de residuos de glifosato en suelos, toxicidad, contaminación y persistencia en el ambiente. Se utilizaron bases de datos entre las cuales se encuentran: Science Direct, PubMed, PubChem, Dialnet, Google Scholar y repositorios como SciELO.

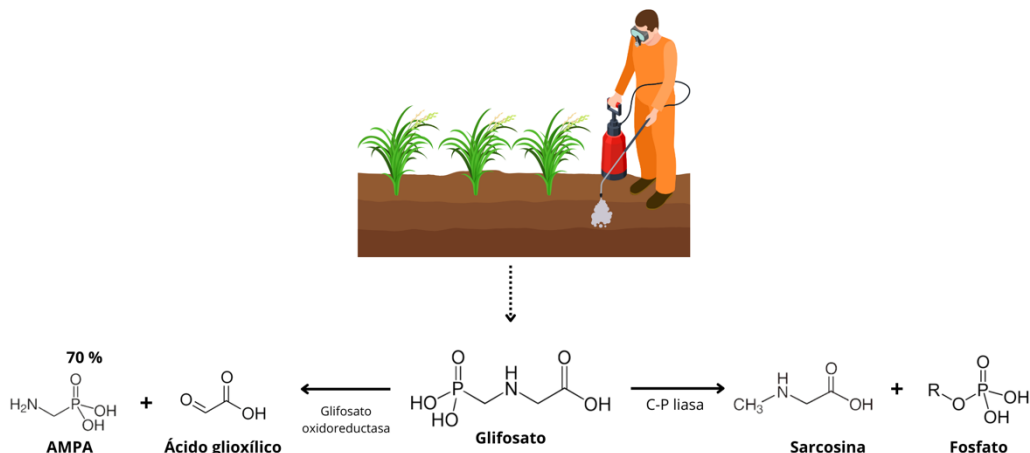
DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Persistencia del glifosato en el suelo

Posterior a ser aplicado, el glifosato pasa por un proceso de degradación que incluye mineralización (Figura 1), inmovilización o lixiviación, siendo la volatilización la menos probable debido a su baja presión de vapor que presenta el compuesto (Rivas-García et al., 2022). Debido a la alta estabilidad que presenta el enlace C-P del glifosato, se impiden procesos como fotólisis, hidrólisis y quimiólisis (Maskus et al., 2019). Al ser metabolizado por los microorganismos presentes en el suelo, se producen una serie de productos de degradación (Figura 1) entre los que se encuentra principalmente el ácido aminometilfosfónico (AMPA), la sarcosina, glioxilato, entre otros (La Cecilia y Maggi, 2017).

Figura 1

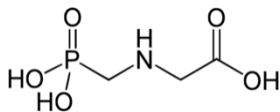
Rutas de degradación del glifosato en el suelo.



Según Ferreira et al., (2023) el comportamiento de los residuos de glifosato y AMPA están sujetos a las características fisicoquímicas de los suelos como la textura (especialmente suelos con alto porcentaje de arcilla), pH, materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, así como de las condiciones climáticas, todo esto facilitado por la alta afinidad que tiene el compuesto con el agua (solubilidad de 12 g/L) (Tabla 1). La detección de residuos va a depender en gran medida a las tasas de aplicación, las cuales en su mayoría son mayores a las de disipación, encontrándose un estimado de 1 mg de glifosato por kg de suelo por cada 5 aplicaciones (Masotti et al., 2023). Se ha encontrado que los residuos de AMPA tienen un rango vida media de 119 a 958 días luego de la aplicación y, en el caso del glifosato, hasta menos de 3 días (De Carvalho et al., 2021; Padilla y Selim, 2019), aunque según Bai y Ogbourne (2016) puede ir de 6-70 días. Aunado a esto, el glifosato posee una capacidad de adsorción alta debido a su coeficiente de sorción $K_d = 61 \text{ g/cm}^3$ (Meftaul et., 2020) (Tabla 1), facilitada por la interacción con grupos carboxílicos, fosfato y amino. Así mismo, compete por los sitios de adsorción con los fosfatos, por lo que este compuesto actúa como un agente quelante fuerte y es capaz de formar enlaces con nutrientes presentes en el suelo, tales como calcio, hierro, manganeso, níquel y zinc; lo que puede derivar poca disponibilidad para las plantas y, en consecuencia, afectar su desarrollo (Ahuja et al., 2024).

Tabla 1

Características físicas y químicas del glifosato

Características		Referencia
Nombre químico	N-(Fosfonometil)glycina	PubChem (s.f.)
Fórmula empírica	$C_3H_8NO_5P$	PubChem (s.f.)
Peso molecular	169.07 g/mol	PubChem (s.f.)
Estructura química		PubChem (s.f.)
Solubilidad en agua	12 g/L a 25°C	
	10,5 g/L pH: 1.9, 20°C	Ferreira et al. (2023);
	Insoluble en la mayoría de los compuestos orgánicos.	PubChem (s.f.)
Presión de vapor	9.8×10^{-8} mmHg a 25°C	PubChem (s.f.)
Vida media de degradación en el suelo T (1/2)	7-60 días	Bai y Ogbourne (2016)
Coeficiente de adsorción	61 g/cm ³	Meftaul et. Al (2020)

La acumulación de glifosato y AMPA en los suelos conlleva una serie de efectos no deseados y entre ellos se encuentra la afectación de aquellas plantas que no son objetivo del herbicida. Este puede causar efectos negativos en la actividad fotosintética, aumentar la acumulación de peróxidos, cambiar las rutas hormonales y la fisiología de las plantas (Helander et al., 2019; Ramula et al., 2022). Algunos estudios (Laitinen et al., 2007; Neumann et al., 2006) evidencian que el glifosato puede translocarse hacia las raíces de la planta al cual ha sido aplicado, acumularse en ellas y eventualmente liberarse a la rizosfera, afectando a otras plantas vecinas o aquellas sembradas posteriormente (Kanissery et al., 2019).

Efectos sobre el microbioma del suelo

El suelo está compuesto por un conjunto de microorganismos como hongos, virus, bacterias, los cuales cumplen funciones vitales y contribuyen a la biodiversidad de esta matriz (PAN-Europe, 2023). De acuerdo con Soil Association (s.f.), a la fecha las evidencias del impacto del glifosato y AMPA sobre las comunidades de microorganismos son contrastantes, ya que algunos estudios indican que estos residuos no representan ninguna amenaza para estos, y otros mencionan que se han encontrado cambios significativos en las poblaciones bacteriales en la rizosfera posterior a la aplicación del herbicida. Según Rodríguez (2020), muchas bacterias y hongos presentes en el suelo pueden tener diferente sensibilidad en cuanto al glifosato y ello puede conllevar cambios en las comunidades de estos organismos. Además, también menciona que las distintas tasas de aplicación y la repetición de estas aplicaciones pueden ser las responsables de los cambios sobre las comunidades microbianas, siendo las aplicaciones inferiores a las recomendadas las que suponen menos riesgo.

Actualmente, muchos de los estudios *in situ* acerca del impacto del uso de glifosato y sus residuos sobre la población microbiana del suelo se centra en su efecto sobre las lombrices (Hagner et al., 2019). En el caso de estos, estudios han demostrado que se ven afectados reduciendo su actividad (movilidad) y puede conllevar a afectaciones a la calidad del suelo (Zaller et al., 2021). PAN Europe (2023) menciona que el glifosato y los productos formulados con el mismo, ponen en riesgo las lombrices de tierra, siendo estas las mayores descomponedoras de materia orgánica del suelo, así como aquellas que cumplen la función importante en la aireación y ciclo de nutrientes.

Movilidad del glifosato y AMPA y contaminación del agua

Anteriormente la contaminación del agua con glifosato y AMPA no era una preocupación debido a que estos componentes deben mantenerse inmóviles en el suelo, debido a que se adhieren fuertemente a sus partículas, sobre todo en aquellos suelos con mayor contenido de arcilla. Con el tiempo se ha descubierto que se da su movilización por la escorrentía debido a las fuertes lluvias y por las características topográficas, arrastrando con

las corrientes partículas adheridas al suelo (Van Bruggen et al., 2017). Estas partículas terminarán en aguas superficiales en donde podrán ser degradadas, almacenadas en sedimentos (Grandcoin et al., 2017).

Estudios experimentales mencionan que existen residuos de glifosato y AMPA tanto en aguas subterráneas, como superficiales, obteniéndose más información en los Estados Unidos que en Europa, y siendo más común encontrar residuos en aguas superficiales (Stempvoort et al., 2013). Según un estudio realizado en la cuenca de Gualagay, Argentina, se encontró que el pesticida encontrado con mayor frecuencia fue el glifosato y su metabolito AMPA, estando presentes en el 82 % y 71 % de las muestras de agua superficial, respectivamente (Mac Loughlin et al., 2022). De la misma manera, Ruiz-Toledo et al. (2014), realizaron un estudio en México, específicamente en cuerpos de agua de regiones agrícolas y zonas protegidas, encontrando residuos de hasta 36.7 µg/L durante la estación seca, incluidas las áreas protegidas.

Uso del glifosato en Panamá

En nuestro país el sector agropecuario hace uso de una alta cantidad de plaguicidas. Según el INEC entre 2015-2017 se importaron en promedio 23.9 millones de kilogramos de pesticidas de uso agrícola, mientras que cifras preliminares de 2019 mencionan una importación total de 8,517.8 toneladas métricas (Garcerán y Castillo, 2019), siendo Chiriquí la provincia de dónde proviene el 80% de la producción nacional en donde se utiliza la mayor cantidad de herbicida, seguida de Veraguas, Coclé y Los Santos (Garcerán y Castillo, 2019). La problemática de los agroquímicos en Panamá se dio con el aumento del uso de pesticidas y fertilizantes como consecuencia de la llegada de la revolución verde en la década de 1960 (Espinosa y Barba, 2014).

En Panamá el glifosato es un herbicida cuyo uso está permitido y es ampliamente utilizado en la agricultura por su eficacia y bajo costo, oscilando entre B/.3.50 y B/. 4.95 por litro de producto en el mercado local (Aizpurua, 2021); sin embargo, en el territorio nacional existen muy pocos estudios acerca de su impacto en matrices ambientales tales como suelo y agua. Un estudio realizado por Herrera *et al.*, (2021) en los suelos hortícolas del

corregimiento de Cerro Punta, indica que el glifosato es el agroquímico más utilizado por los productores de esta área. Además, indicó que en ninguna de las muestras de suelo de este corregimiento se detectaron residuos de glifosato y por ello se evidencia la necesidad de investigar más a fondo el nivel de contaminación de los suelos y los cuerpos de agua, ya que la presencia de estos contaminantes puede afectar el ciclo de nutrientes y llevar a una acidificación de los suelos.

Sostenibilidad del uso de glifosato

Si bien el glifosato es el herbicida más utilizado a nivel mundial, es necesario evaluar el riesgo-beneficio de su uso. Al abarcar el tema de sostenibilidad del glifosato es posible encontrarse con diferentes perspectivas y puede presentarse un dilema. Enfocándose en la perspectiva agrícola, el uso de herbicidas tales como las formulaciones de glifosato, facilitan en gran medida el control de las malezas en los cultivos, aumentando consigo la productividad. Esto sumando a su bajo costo, rápida absorción por las plantas, efectividad, los pocos efectos de resistencia y toxicidad reportados por los fabricantes los ha hecho los compuestos más utilizados actualmente para garantizar la producción de alimentos (Rivas-García, 2022). Sin embargo, se necesita tomar en cuenta también la perspectiva medioambiental, la cual tiene efectos negativos a largo plazo como contaminación de los suelos, la microbiota edáfica, las aguas subterráneas y superficiales (Ferreira et al., 2023; Leoci y Ruberti, 2020; Tzanetou y Karasali, 2020).

La evaluación de la sostenibilidad del uso de este plaguicida también incluye la implementación de alternativas más amigables con el ambiente, como el uso de herbicidas menos tóxicos o uso de bioplaguicidas, empleando prácticas agrícolas como la agricultura orgánica y el manejo integrado de plagas, por ejemplo, la rotación de cultivos (Neve et al., 2024). Todas las prácticas mencionadas permiten un mayor cuidado del medio ambiente sin comprometer la eficiencia en la producción agrícola.

CONCLUSIÓN

Los herbicidas formulados con glifosato han demostrado ser una herramienta eficaz en el control de las malezas en las áreas agrícolas, sin embargo, los efectos adversos de su utilización prologada es motivo de preocupación. Las temáticas abordadas en este artículo presentan una pequeña parte de los efectos adversos sobre el ambiente que acarrea el uso de este producto, afectando la actividad microbiana y nutrientes de los suelos, así como comprometiendo la calidad del agua de consumo humano y animal. Es por lo antes mencionado que es necesario un enfoque integral y sostenible en el manejo de las malezas en las áreas agrícolas de manera que se dé la reducción del uso de agroquímicos y, en consecuencia, de los residuos que afectan la salud ambiental.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por su apoyo financiero a través del Programa de Maestría en Ciencias Químicas con énfasis en Inocuidad Alimentaria, lo que ha permitido la realización de este artículo de revisión. Así como al Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Autónoma de Chiriquí, por su orientación y respaldo académico. Al Dr. Rubén Collantes por su guía para la elaboración de este documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, M., Kumar, L., Kumar, K., Shingatgeri, V. M., & Kumar, S. (2024). Glyphosate: A review on its widespread prevalence and occurrence across various systems. *Environmental Science Advances*, 3(7), 1030-1038. <https://doi.org/10.1039/d4va00085d>
- Aizpurua, J. (2021). Agricultura en Panamá: ¿Quién controla el uso de plaguicidas peligrosos para la salud?. *TVN Noticias*. https://www.tvn-2.com/contenido-exclusivo/agricultura-panama-controla-plaguicidas-peligrosos_1_1011787.html
- Aparicio, V. C., De Gerónimo, E., Marino, D., Primost, J., Carriquiriborde, P., & Costa, J. L. (2013). Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere*, 93(9), 1866-1873. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.041>

- Bai, S. H., Ogbourne, S. M. (2016). Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environmental Science And Pollution Research*, 23(19), 18988-19001. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7425-3>
- Beneath the orange fields: Impact of Glyphosate on soil organisms. (2023). PAN Europe. <https://www.pan-europe.info/resources/briefings/2023/11/beneath-orange-fields-impact-glyphosate-soil-organisms>
- De Carvalho Marques, J. G., Da Silva Veríssimo, K. J., Fernandes, B. S., De Melo Ferreira, S. R., Montenegro, S. M. G. L., & Motteran, F. (2021). Glyphosate: A Review on the Current Environmental Impacts from a Brazilian Perspective. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 107(3), 385-397. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03295-4>
- Espinosa, J., Barba, A. (2014). Reseña histórica de la problemática de contaminación por agroquímicos y mecanismos de regulación en Panamá. Universidad de Panamá. *Visión Antataura*. 2(1). 37-48. Recuperado de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/154>
- Ferreira, N. G., Da Silva, K. A., Guimarães, A. T. B., & De Oliveira, C. M. R. (2023). Hotspots of soil pollution: Possible glyphosate and aminomethylphosphonic acid risks on terrestrial ecosystems and human health. *Environment International*, 179, 108135. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108135>
- Garcerán, P., Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la Agroindustria: Panamá y el mundo. *Prima Tecnológico*. Universidad Tecnológica de Panamá. 10 (1). DOI <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
- Goffnett, A. M., Sprague, C. L., Mendoza, F., & Cichy, K. A. (2016). Preharvest Herbicide Treatments Affect Black Bean Desiccation, Yield, and Canned Bean Color. *Crop Science*, 56(4), 1962-1969. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0469>
- Grandcoin, A., Piel, S., & Baurès, E. (2017). AminoMethylPhosphonic acid (AMPA) in natural waters: Its sources, behavior and environmental fate. *Water Research*, 117, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.03.055>
- Hagner, M., Mikola, J., Saloniemi, I., Saikkonen, K., & Helander, M. (2019). Effects of a glyphosate-based herbicide on soil animal trophic groups and associated ecosystem functioning in a northern agricultural field. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44988-5>
- Helander, M., Pauna, A., Saikkonen, K., & Saloniemi, I. (2019). Glyphosate residues in soil affect crop plant germination and growth. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56195-3>
- Herbicide Tolerance Technology: Glyphosate and Glufosinate | ISAAA.org. (s. f.). <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/10/default.asp>
- Herrera, R., Collantes, R., Caballero, M., Pittí, J. (2021). Caracterización de fincas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23 (4), 200-209. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.329>
- IARC Monograph on Glyphosate. International Agency for Research on Cancer. World Health Organization (WHO). (2018). <https://www.iarc.who.int/featured-news/media-centre-iarc-news-glyphosate/>

- Kanissery, R., Gairhe, B., Kadyampakeni, D., Batuman, O., & Alferez, F. (2019). Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. *Plants*, 8(11), 499. <https://doi.org/10.3390/plants8110499>
- La Cecilia, D., & Maggi, F. (2017). Analysis of glyphosate degradation in a soil microcosm. *Environmental Pollution*, 233, 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.017>
- Laitinen, P., Rämö, S., & Siimes, K. (2007). Glyphosate translocation from plants to soil – does this constitute a significant proportion of residues in soil? *Plant And Soil*, 300(1-2), 51-60. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9387-1>
- Leoci, R., Ruberti, M. (2020). Glyphosate in Agriculture: Environmental Persistence and Effects on Animals. A Review. *DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals)*. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20201.1167>
- Mac Loughlin, T. M., Peluso, M. L., & Marino, D. J. (2022). Evaluation of pesticide pollution in the Gualeguay Basin: An extensive agriculture area in Argentina. *The Science Of The Total Environment*, 851, 158142. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158142>
- Masotti, F., Garavaglia, B. S., Gottig, N., & Ottado, J. (2023). Bioremediation of the herbicide glyphosate in polluted soils by plant-associated microbes. *Current Opinion In Microbiology*, 73, 102290. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2023.102290>
- Meftaul, I. M., Venkateswarlu, K., Dharmarajan, R., Annamalai, P., Asaduzzaman, M., Parven, A., & Megharaj, M. (2020). Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture? *Environmental Pollution*, 263, 114372. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114372>
- Muskus, A. M., Krauss, M., Miltner, A., Hamer, U., & Nowak, K. M. (2019). Degradation of glyphosate in a Colombian soil is influenced by temperature, total organic carbon content and pH. *Environmental Pollution*, 259, 113767. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113767>
- Neumann G., Kohls S., Landsberg K., Stock-Oliveira Souza K., Yamada T., Römeheld V. (2006). Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. *J. Plant Diseases and Protection* 20:963–970. Recuperado de <https://www.stopogm.net/old/sites/stopogm.net/files/RGTNTPVR.PDF>
- Neve, P., Matzrafi, M., Ulber, L., Baraibar, B., Beffa, R., Belvaux, X., Farré, J. T., Mennan, H., Ringselle, B., Salonen, J., Soukup, J., Andert, S., Duecker, R., Gonzalez, E., Hamouzová, K., Karpinski, I., Travlos, I. S., Vidotto, F., & Kudsk, P. (2024). Current and future glyphosate use in European agriculture. *Weed Research*, 64(3), 181-196. <https://doi.org/10.1111/wre.12624>
- Padilla, J. T., & Selim, H. M. (2019). Environmental behavior of glyphosate in soils. En *Advances in agronomy* (pp. 1-34). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.07.005>
- PubChem. (s. f.). *Glyphosate*. National library of Medicine (NCBI). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glyphosate>
- Ramula, S., Kalske, A., Saikkonen, K., & Helander, M. (2022). Glyphosate residues in soil can modify plant resistance to herbivores through changes in leaf quality. *Plant Biology*, 24(6), 979-986. <https://doi.org/10.1111/plb.13453>

- Reynoso, E. C., Peña, R. D., Reyes, D., Chavarin-Pineda, Y., Palchetti, I., & Torres, E. (2020). Determination of Glyphosate in Water from a Rural Locality in México and Its Implications for the Population Based on Water Consumption and Use Habits. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(19), 7102. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197102>
- Rivas-Garcia, T., Espinosa-Calderón, A., Hernández-Vázquez, B., & Schwentesius-Rindermann, R. (2022). Overview of Environmental and Health Effects Related to Glyphosate Usage. *Sustainability*, 14(11), 6868. <https://doi.org/10.3390/su14116868>
- Rodriguez, C. (2020). *Uso del glifosato en cultivos agrícolas e ilícitos: impacto en la microbiota del suelo a medida que aumenta la tasa de aplicación*. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/da7878be-e179-4ba0-9193-15cb0c84d12b/content>
- Ruiz-Toledo, J., Castro, R., Rivero-Pérez, N., Bello-Mendoza, R., Sánchez, D. (2014). Occurrence of Glyphosate in Water Bodies Derived from Intensive Agriculture in a Tropical Region of Southern Mexico. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 93(3), 289-293. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1328-0>
- Stempvoort, V., Roy, J., Brown, S., Bickerton, G. (2013). Residues of the herbicide glyphosate in riparian groundwater in urban catchments. *Chemosphere*, 95, 455-463. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.095>
- Soil Association. (s.f.). *The impact of glyphosate on soil health: The evidence to date*. Recuperado de <https://www.soilassociation.org/media/7229/glyphosate-and-soil-health-a-summary1docx.pdf>
- Tzanetou, E., Karasali, H. (2020). Glyphosate Residues in Soil and Air: An Integrated Review. En *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93066>
- Van Bruggen, A., He, M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K., Finckh, Morris, J. (2017). Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *The Science Of The Total Environment*, 616-617, 255-268. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>
- Vera, M. (2011). Impacto del glifosato y algunos de sus formulados comerciales sobre el perifiton de agua dulce. *Acta Toxicológica Argentina*, 19 (2), 87-88. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/68519/CONICET_Digital_No.be74_d1f7-7894-4f25-af8b-34bcc43be123_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Zaller, J. G., Weber, M., Maderthaner, M., Gruber, E., Takács, E., Mörtl, M., Klátyik, S., Györi, J., Römbke, J., Leisch, F., Spangl, B., Székács, A. (2021). Effects of glyphosate-based herbicides and their active ingredients on earthworms, water infiltration and glyphosate leaching are influenced by soil properties. *Environmental Sciences Europe*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00492-0>

Tendencias del marketing en relación con el cambio climático: Revisión de literatura de 1992 a 2023

Marketing trends in relation to climate change: Literature review from 1992 to 2023

Ronald Ariel Gutiérrez Gutiérrez

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Facultad de
Administración de Empresas y Contabilidad. Panamá.

ronald.gutierrez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-6679-8412>

Recepción: 3 de diciembre de 2024

Aprobación: 3 de enero de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7157>

Resumen

A lo largo del tiempo, el marketing como disciplina mantiene un enfoque centrado en el cuidado y conservación del medio ambiente impulsando acciones que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático. El objetivo de este artículo es conocer las tendencias del marketing con relación al cambio climático mediante la revisión literaria. Para el logro de este propósito se empleó el método de revisión sistemática exploratoria de literatura, iniciando con el acceso a la base de datos bibliográfica Scopus en la cual se escribieron los conceptos de marketing y cambio climático en el idioma inglés (*“marketing and climate change”*). Se estableció como criterio que los dos conceptos aparecieran en el título, resumen o palabras clave de los documentos seleccionados los cuales están conformados por artículos científicos publicados en el periodo de 1992 a 2023. Los resultados presentan un total de 853 artículos, una tasa de crecimiento anual en las publicaciones de 15.9%, 554 fuentes de publicación donde se destaca la Revista Sostenibilidad (Suiza) con 31 artículos publicados y un *Cite Score* de 6.8 al año 2023, 2672 palabras clave especificadas por los autores con las cuales se elaboró un mapa temático con aquellas que tenían 10 coocurrencias o más, formando así una red de 5 clúster con palabras clave agrupadas. En cuanto a países con mayor producción de artículos, se destaca Estados Unidos con 483 artículos publicados. Se concluye que la mercadotecnia a través del marketing verde y marketing social ha ayudado a promover la importancia de cuidar el ambiente para mitigar los efectos del cambio climático.

Palabras clave: cambio climático, marketing, sensibilización ambiental

Abstract

Over time, marketing as a discipline maintains a focus focused on the care and conservation of the environment, promoting actions that help mitigate the effects of climate change. The objective of this article is to understand marketing trends in relation to climate change through a literature review. To achieve this purpose, the method of systematic exploratory literature review was used, beginning with access to the Scopus bibliographic database in which the concepts of marketing and climate change were written in the English language (“marketing and climate change”). The criterion was established that the two concepts appeared in the title, summary or keywords of the selected documents, which are made up of scientific articles published in the period from 1992 to 2023. The results present a total of 853 articles, a growth rate annual in publications of 15.9%, 554 publication sources where Sustainability Magazine (Switzerland) stands out with 31 published articles and a Cite Score of 6.8 per year 2023, 2672 keywords specified by the authors with which a thematic map was created with those that had 10 co-occurrences or more, thus forming a network of 5 clusters with grouped keywords. As for countries with the highest production of articles, the United States stands out with 483 published articles. It is concluded that marketing through green marketing and social marketing has helped promote the importance of caring for the environment to mitigate the effects of climate change.

Keywords: climate change, environmental awareness, marketing

INTRODUCCIÓN

Hoy día vivimos en una sociedad cada vez más concienciada con el medio ambiente, y mitigar los efectos que tiene el cambio climático se ha convertido en una prioridad (Pedreschi Caballero y Nieto Lara, 2023), debido a que este fenómeno “representa una profunda amenaza para la salud y el bienestar de las especies humanas y no humanas” (Maibach et al., 2008, p. 488). El efecto en la salud se refleja provocando muertes y enfermedades. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021) en los seres humanos.

El cambio climático constituye uno de los mayores desafíos que enfrenta nuestro planeta hoy en día (Torrents Arévalo, 2024) y es un tema que “ha sido abordado por algunos estudiosos como una de las megatendencias de la sociedad postmoderna” (Díaz Cordero, 2012, p. 227). Sobre el tema del cambio climático, se viene hablando y advirtiendo desde hace mucho tiempo, la humanidad ha hecho caso omiso a esta situación y si no prestamos atención a este problema, cada vez será menos tolerable, perjudicial para el planeta y la humanidad se verá afectada. (Campines Barría, 2023).

Es oportuno que la humanidad tome conciencia de lo importante que es el cuidado del medio ambiente para erradicar un poco la contaminación ambiental y bloquear así los desequilibrios naturales que pueden dar paso a cambios en el clima.

El marketing como disciplina también tiene su aporte para contribuir al cuidado del entorno natural que nos rodea. En la promoción de objetivos de cambio de comportamiento de la población, las intervenciones de comunicación y marketing parecen tener un potencial considerable para combatir el cambio climático, pero existe una necesidad urgente de investigación traslacional para dar aprovechamiento a este potencial (Maibach et al., 2008). Es importante el aprovechamiento de las estrategias de marketing para lograr combatir los efectos del cambio climático. En respuesta a la interrogante planteada por Cabrera Bauzá (2017): ¿qué puede hacer el marketing por el cambio climático?, la autora señala que el marketing puede imponer hábitos de consumo saludables y sostenibles. Estos hábitos crean conciencia en las personas y ayuda a fomentar la comercialización de productos que no ocasionen daño al ambiente.

En marketing existen cinco categorías relacionadas con prácticas sostenibles, las cuales fueron investigadas en un estudio llevada a cabo por Deo y Prasad (2022). Estas son: marketing sostenible, marketing social, marketing verde, consumo sostenible y marketing ecológico.

El marketing sostenible “se fundamenta en la idea de promover productos y servicios que minimizan su impacto en el ambiente que lo rodea y la sociedad” (Rodríguez Ron, 2024, p. 1061). Al utilizar este tipo de marketing “las empresas crean y producen productos

biodegradables, lo que permite ampliar la cartera de clientes actuales y potenciales” (Pedreschi Caballero y Nieto Lara, 2023, p. 98).

Además de campañas de promoción de bienes que no perjudican el ambiente, el marketing sostenible también se destaca en el proceso de producción de bienes de alta calidad que sean degradables, lo cual es atractivo para los clientes al momento en que las empresas hacen promoción de estos. Lo anterior como práctica sostenible evita la acumulación de desechos. El marketing social “consiste en la aplicación de las técnicas del marketing tradicional en la resolución de problemas de índole social. Independientemente del tipo, puede ser aplicable a problemas sociales relacionados al medio ambiente, salud o educación” (Olivera Carhuaz y Pulido Capurro, 2018, p. 32). Este tipo de marketing además de preocuparse por el medio ambiente también aboga por la salud de los seres humanos, los cuales dependen de un entorno limpio libre de contaminación para tener una alta calidad de vida. La práctica sostenible de este tipo de marketing además de estar presente en el medio ambiente, también se preocupa por la salud de las personas dentro de la sociedad.

La educación ambiental tiene un impacto positivo, ya que “constituye uno de los tantos caminos para abordar transformaciones desde las actitudes y aptitudes que permiten habitar de manera más responsable el planeta” (Calderón Torres y Caicedo Rincón, 2019, p. 23). También se consolida como “pilar fundamental de la generación de cambios de actitud y aptitud y de lograr un equilibrio entre el hombre y su entorno” (Severiche-Sierra et al., 2024, p. 275). Esta educación fortalece el compromiso sostenible en las personas para cuidar el medio ambiente.

El marketing verde “tiene la función de educar a los consumidores y los públicos externos de una empresa en temas medioambientales” (Aguilar, 2017, p. 104), razón por la cual “se ha consolidado como una estrategia de mercadotecnia que tiene como propósito crear conciencia en la población sobre el cuidado del medio ambiente” (Gutiérrez Gutiérrez y Solís Ávila, 2024, p. 121). Este tipo de marketing practica la sostenibilidad brindando educación a las personas en temas ambientales para fortalecer el cuidado de la naturaleza.

El Consumo sostenible, se define como “aquel modo de consumo de bienes y servicios que no dañan el medio ambiente ni la sociedad” (Organización de las Naciones Unidas para la

Educación de la Ciencia y la Cultura, 2005, como se citó en Camacho Delgado, 2013, p. 122).

Marketing ecológico es aquel que tiene como finalidad “preservar los recursos no renovables, creando consciencia positiva en los consumidores de los nuevos problemas medioambientales a través de los productos y servicios que ofrecen” (Lavanda Reyes y Reyes Acevedo, 2021, p. 49).

En la literatura existen algunos trabajos investigativos que se relacionan con el proyecto de investigación a realizar, cuyo objetivo es llevar a cabo una revisión de literatura con indicadores bibliométricos sobre la temática del marketing en relación con el cambio climático.

El primer trabajo aborda las conexiones existentes entre los términos de marketing y cambio climático con un enfoque bibliométrico y el segundo lleva a cabo un análisis similar al trabajo anterior, la diferencia es que se agrega otro concepto que es el turismo y el marketing se enfoca a destinos turísticos. Estos trabajos se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Estudios bibliométricos realizados sobre el marketing y cambio climático

No	Autor(s)	Título	Propósito	Hallazgos
1	Urhan et al., (2023)	Cambio climático y marketing: un análisis bibliométrico de las investigaciones de 1992 a 2020	Este trabajo examinó las conexiones entre el marketing y el cambio climático desde un enfoque bibliométrico.	Los hallazgos mostraron una tendencia ascendente en el número anual de publicaciones, siendo los tres países más productivos en artículos: Estados Unidos, el Reino Unido y Australia. La Revista Sustainability ocupó el primer lugar en términos de productividad.
2	(Chihwai y Dube, 2023)	Análisis bibliométrico de cambio climático, turismo y marketing de destinos	El estudio tiene como propósito hacer un balance de los debates sobre el cambio climático global, el turismo y el marketing para identificar avances y brechas.	El calentamiento global preocupa a todos los actores del turismo porque afecta negativamente al marketing de destinos y a las actividades turísticas.

METODOLOGÍA

Tipo de revisión de literatura

La revisión a utilizar es la sistemática exploratoria, la cual consiste en “un tipo de revisión sistemática que se caracteriza por una serie de peculiaridades que permiten explorar no sólo que se ha hecho sobre un tema, si no también quién, dónde, y de qué manera. (Manchado Garabito et al., 2009, p. 15). Este tipo de revisión además de indagar que es lo que se ha investigado sobre un tema en particular, se ocupa en saber ¿quién lo hizo? ¿en qué lugar se llevó a cabo?, y de qué forma se desarrolló incluyendo diferentes técnicas de investigación.

Procedimiento

La revisión sistemática exploratoria (Tabla 2) es un método que se divide en 3 fases: introducción, metodología, resultados, conclusiones y recomendaciones.

En la fase de introducción se plantea la pregunta y el objetivo que busca la investigación, en este caso, ambos están orientados a las tendencias del marketing en relación con el cambio climático.

En la metodología se expone el periodo de tiempo que abarca el estudio, el cual es de 1992 a 2023, el idioma de las publicaciones científicas, área geográfica que abarca el estudio y tipo de documentos incluidos que en este caso son artículos científicos en etapa de publicación final. También se incluyen las fuentes de información, estrategias de búsqueda, la cual involucra los conceptos de *marketing and climate change*, selección y clasificación de documentos, definición de variables y la extracción de los datos.

En la fase de resultados se especifica la cantidad de artículos que fueron incluidos y excluidos según el criterio establecido para su respectiva selección y se expone la base de datos utilizada para el análisis bibliométrico y los programas utilizados para analizar los resultados. Por último se exponen las conclusiones del estudio desarrollado.

Tabla 2

Revisión sistemática exploratoria

1. Introducción	
1.1. Pregunta del estudio:	¿Cuáles son las tendencias del marketing en relación con el cambio climático según la literatura?
1.2. Objetivo:	Conocer las tendencias del marketing en relación con el cambio climático en base a la literatura publicada el tema.
2. Metodología	
2.1. Criterios de inclusión	2.1.1. Periodo de estudio: 1992-2023
	2.1.2. Idioma: La mayor cantidad de artículos están publicados en el idioma inglés.
	2.1.3. Área Geográfica que abarca el estudio: Países que contengan artículos publicados sobre el marketing y cambio climático en la base de datos Scopus
	2.1.4. Tipo de documentos incluidos: Artículos científicos en etapa de publicación final.
2.2. Identificar las fuentes de información y la fecha de la última búsqueda	Fuentes indexadas a la base de datos Scopus de Elsevier.
2.3. Establecer la estrategia de búsqueda (incluir los límites aplicados)	Términos escritos en inglés: “marketing” and “climate change”.
2.4. Selección y clasificación de los estudios	Se seleccionan los artículos que contengan los términos de búsqueda en el título, resumen o palabras clave.

2.5. Definición de las variables de estudio

Producción científica sobre marketing y cambio climático

2.6. Extracción de datos

Datos exportados de la base de datos Scopus en formato CSV- (valores separados por comas)Microsoft Excel.

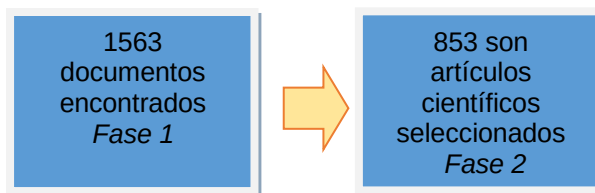
3. Resultados

3.1. Resumen del número de artículos obtenidos en cada fase

3.1.1. Artículos incluidos en la revisión: 853

3.1.2. Artículos excluidos: 710 que son otros tipos de trabajos de investigación

3.1.3. Diagrama de flujo:



3.2. Análisis de extracción de datos . Análisis bibliométrico

Se utilizó la base de datos de Scopus de Elsevier. Para el análisis de resultados se empleó el programa Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017) y el programa VOSviewer (van Eck y Waltman, 2023).

4. Conclusiones y recomendaciones

Nota. Elaborado a base del proceso de Revisión de literatura, tomando como referencia a (Manchado Garabito et al., 2009, p. 15).

Indicadores bibliométricos por medir

En este proyecto, la revisión bibliográfica sistemática exploratoria está basada en indicadores bibliométricos de literatura (Figura 1). Entre ellos se destacan como primer indicador la producción científica, la cual “es considerada como la parte materializada del conocimiento generado, es más que un conjunto de documentos almacenados en una institución de

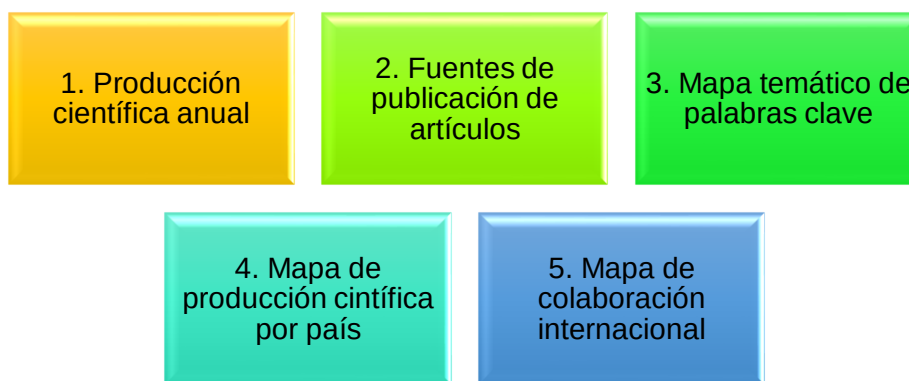
información” (Piedra Salomón y Martínez Rodríguez, 2007, p. 33). La producción científica anual representa la cantidad de artículos publicados en un periodo determinado de tiempo. El segundo indicador está conformado por las fuentes de publicación que son aquellos medios en que se da a conocer los trabajos de investigación realizados, entre ellos se destacan las revistas científicas.

Como tercer indicador está el mapa de coocurrencias de palabras clave donde se muestran las palabras clave indexadas y aquellas que fueron especificadas por los autores.

Por último (en cuarto y quinto lugar) están los mapas de producción científica por país y colaboración internacional. El primero es un indicador que muestra la cantidad de artículos que se ha escrito por país al que pertenecen los autores y el mapa de colaboración presenta los índices de coautoría internacional (autores de diferentes países que trabajan juntos en colaboración).

Figura 1

Indicadores bibliométricos que se analizarán



DESARROLLO Y DISCUSIÓN

El intervalo de tiempo analizado comprende 31 años que va de 1992 a 2023 en el cual se encuentran 554 fuentes de publicación indexadas a la base de datos Scopus. La cantidad de documentos encontrados fue 853 artículos científicos en etapa de publicación final que cumplen con los criterios establecidos según ecuación de búsqueda. Se refleja un promedio de 28.39 citas por documento y un total de 41532 referencias citadas en todos los artículos captados. Referente a palabras clave existen 6447 conceptos, distribuidos en 3775 palabras

clave Plus (indexadas) y 2672 especificadas por el autor, considerando la cantidad de palabras clave en sus manuscritos investigativos. A nivel internacional existe un 26.61% de coautorías internacionales lo que indica que autores de diferentes países trabajan en colaboración sobre la temática estudiada. La información principal de los datos se refleja en la Tabla 3.

Tabla 3

Información principal sobre los datos

No	Criterio	Resultados
1	Intervalo de tiempo	1992-2023
2	Fuentes (revistas, libros, etc.)	554
3	Documentos	853
4	Tasa de crecimiento anual	15.9%
5	Edad media del documento	8.39
6	Citas promedio por documento	28.39
7	Referencias	41532
8	Palabras clave Plus (ID)	3775
9	Palabras clave del autor (DE)	2672
10	Autores	2597
11	Autores de documentos de un solo autor	180
12	Documentos de un solo autor	185
13	Coautores por documento	3.25
14	Coautorías internacionales	26.61%
15	Tipo de documentos. Artículos	853

La producción científica anual (Figura 2) representa la cantidad de artículos publicados sobre el tema tratado en el espacio de tiempo establecido. Se observa que del año 1992 a 2007, la máxima cantidad publicada son 18 artículos. A partir del año 2008 se visualiza un aumento creciente en las publicaciones científicas sobre marketing y cambio climático hasta el año

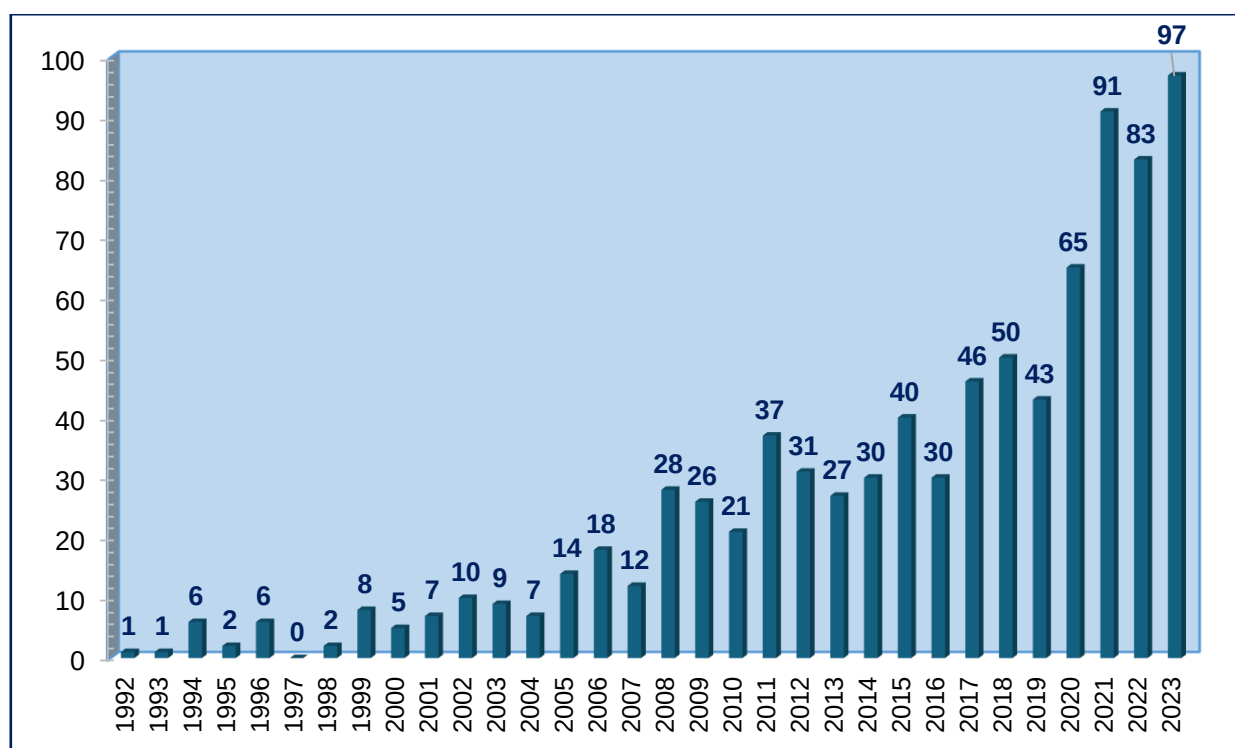
2023. Esto refleja el interés que muestran diferentes investigadores a nivel mundial en llevar a cabo estudios relacionados a las variables de marketing y cambio climático.

En el artículo titulado: Empobrecimiento biótico de los bosques amazónicos por caucheros, madereros y ganaderos, por Nepstad et al., (1992), los autores señalan que las personas que habitan en bosques tropicales causan alteración a las poblaciones de especies vegetales y animales y esto puede cambiar la estructura y función del bosque.

Estas alteraciones tienen efecto en el cambio climático ya que las personas realizan actividades como la corta de árboles lo cual puede ocasionar un desequilibrio natural.

Figura 2

Producción de artículos científicos por año (1992-2023)



En este análisis de literatura se captaron 554 fuentes indexadas a la base de datos Scopus, las cuales están compuestas por revistas, libros, etc., donde se publicó la producción científica encontrada.

La Tabla 4 presenta las 10 fuentes que publicaron mayor cantidad de documentos. Además se muestra las métricas de Cite Score, las cuales ayudan a enriquecer la evaluación de títulos

de las publicaciones y ofrecen datos transparentes para ayudarlo a medir el impacto de las citas de revistas, serie de libros, actas de congresos y revistas especializadas (Elsevier, 2024). Para calcular el Cite Score, se divide la cantidad de citas entre la cantidad de documentos en cada fuente durante un periodo de tiempo que abarca 4 años (2020 a 2023). El Cite Score que se muestra fue calculado automáticamente por la base de datos Scopus el 5 de mayo de 2024 y corresponde al año 2023.

Tabla 4

Fuentes con mayor cantidad de publicaciones y factor de impacto

No	Nombre de la fuente	Artículos	Cite Score 2023	Citas totales 2020-2023	Documentos 2020-2023
1	Sostenibilidad (Suiza)	31	6.8	381375	55991
2	Política energética	24	17.3	38586	2228
3	Revista de Producción más Limpia	14	20.4	394597	19382
4	Cambio climático	13	10.2	10351	1010
5	Más uno	8	6.2	384633	62463
6	Revista de Macromarketing	7	5.0	806	161
7	Revista de turismo y recreación al aire libre	7	6.7	2104	316
8	Revista de Turismo Sostenible	7	23.1	11827	511

9	Acta Horticulturae Revista	6	0.6	3365	6020
10	internacional de evaluación del ciclo de vida	6	10.6	5118	483

De un total de 2672 palabras clave especificadas por los autores de diferentes documentos, se elaboró un mapa temático con aquellas que contienen como mínimo 10 coocurrencias (Figura 3).

El clúster 1 (color rojo) está compuesto por 7 términos que son: la adaptación al cambio climático, Responsabilidad Social Corporativa, ambiente, marketing verde, innovación, consumo sostenible y desarrollo sostenible.

En el clúster 2 (color verde), se destacan 5 conceptos: cambio climático, seguridad alimentaria, sostenibilidad y turismo.

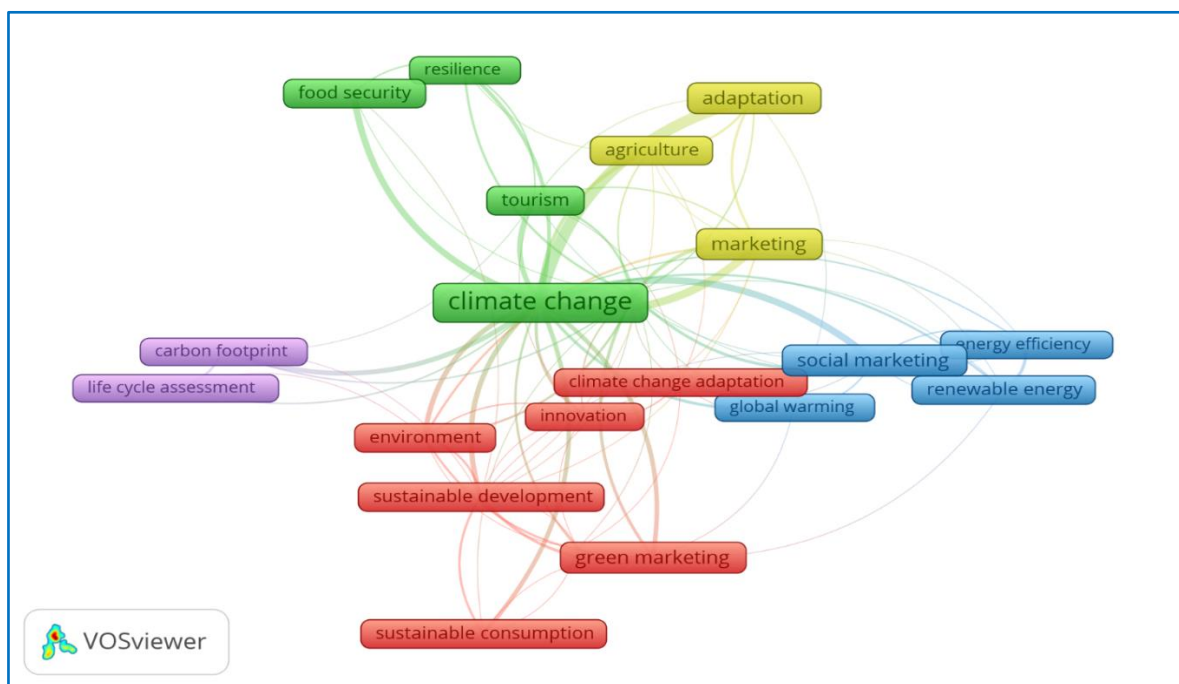
El clúster 3 (azul), incluye 4 palabras: la eficiencia energética, calentamiento global, energía renovable y marketing social.

En el clúster 4 (color amarillo) se agrupan 3 conceptos: adaptación, agricultura y marketing.

El clúster 5 (color morado) incluye los términos huella de carbono y evaluación del ciclo de la vida.

Figura 3

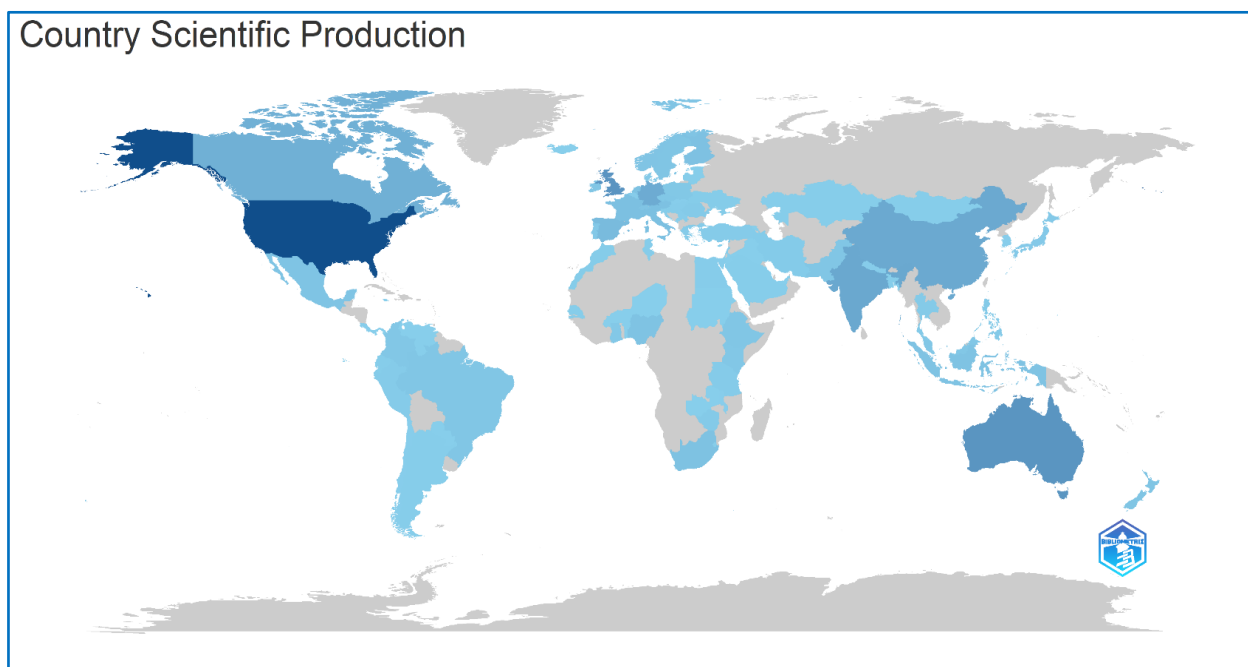
Mapa temático de palabras clave



En la Figura 4 se muestra la producción científica de diferentes países. Los diferentes tonos de color azul indican distintas tasas de productividad: Azul oscuro= alta productividad; gris= sin artículos (Fusco et al.,2020). En Estados Unidos se concentra el 20% de las publicaciones que corresponden a 483 artículos científicos, Reino Unido cuenta con 209 publicaciones que corresponde al 9% y Australia tiene 207 publicaciones que representan porcentualmente el 8% de toda la producción de artículos. El porcentaje restante (63%) se distribuye entre otros países del mundo.

Figura 4

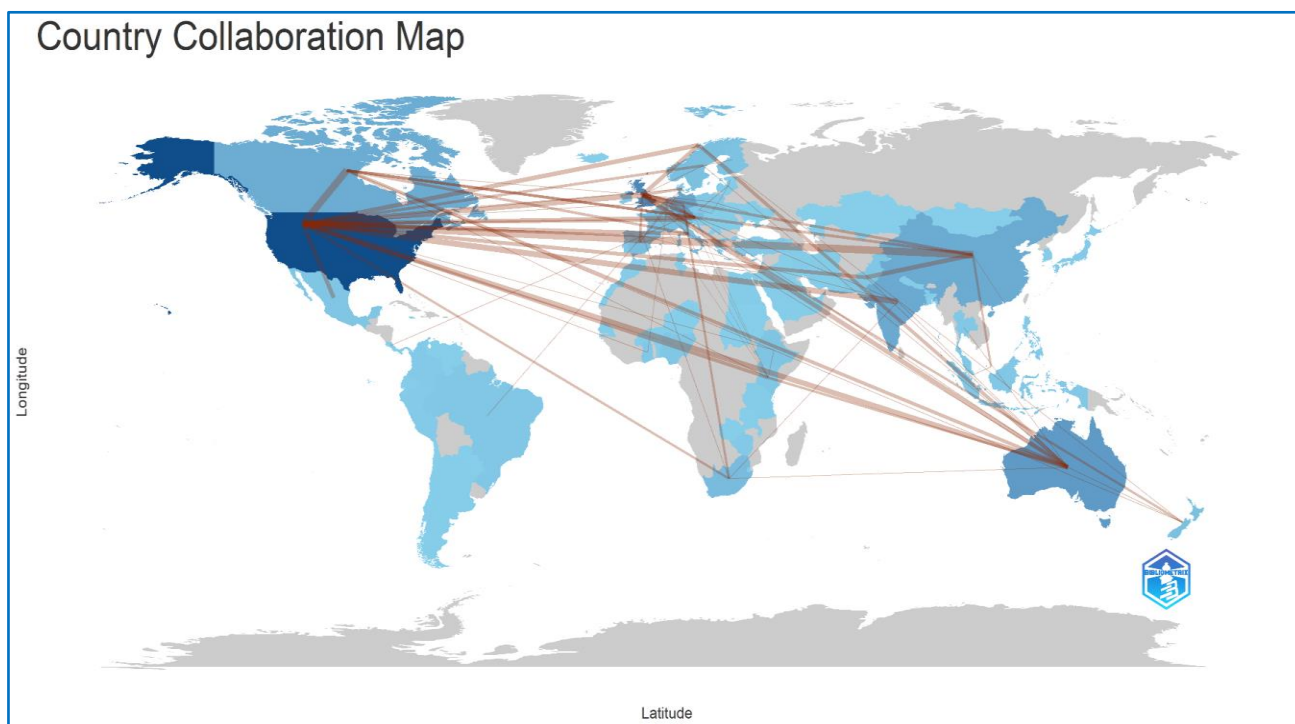
Producción científica a nivel mundial sobre marketing y cambio climático



En la Figura 5 se muestra un mapa de estructura social, en el cual se visualizan “las redes de colaboración que existen entre los países con producción científica en la materia” (Lizana-Verdugo y Muñoz-Cruz, 2022, pág. 480). Se observa la colaboración entre países de diferentes continentes. Estados Unidos perteneciente al continente de América del Norte, mantiene colaboración con 39 países de diferentes partes del mundo, en el continente europeo está Reino Unido el cual presenta trabajos investigativos con 33 países a nivel mundial. Australia del continente de Oceanía trabaja publicaciones científicas en colaboración con 25 países a nivel mundial.

Figura 5

Mapa de colaboración Mundial



CONCLUSIONES

El marketing como disciplina ha tenido un gran impacto ante la crisis del cambio climático ya que mantiene una lucha constante por crear conciencia en la sociedad sobre acciones que ayuden a evitar el desequilibrio medio ambiental.

La literatura sobre marketing y cambio climático es abundante según este proyecto, lo cual refleja que a nivel mundial diferentes investigadores han decidido enfocar sus estudios en esta problemática que a la larga puede perjudicar a todas las personas que habitamos este planeta.

La mercadotecnia a través del marketing verde y marketing social ha ayudado a promover la importancia de cuidar el ambiente, aplicando la mezcla de producto, precio, plaza y promoción con un enfoque ecológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. E. (2017). Marketing verde, una oportunidad para el cambio organizacional. *Realidad Y Reflexión*(44), 92-106.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/ryr.v44i0.3567>
- Aria, M., y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: una herramienta R para un análisis exhaustivo de mapeo científico. *Revista de Informetría*, 11(4), 959-975.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Cabrera Bauzà, M. (2017). *Marketing y cambio climático* [Memoria del Trabajo de Fin de Grado de Administración de Empresas, Universitat de les Illes Balears]. Repositorio Institucional Universidad de las Islas Baleares.
<http://hdl.handle.net/11201/2171>
- Calderón Torres, S. S., y Caicedo Rincón, C. del P. (2019). Educación Ambiental: Aspectos relevantes de sus antecedentes y conceptos. *Ingeniería Y Región*, 22, 14-27. <https://doi.org/10.25054/22161325.2565>
- Camacho Delgado , C. (2013). Del consumismo al consumo sostenible. *Punto de Vista*, 4(6), 111-124.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Clemencia+Camacho+Delgado+&btnG=
- Campines Barría, F. (2023). Mercadeo ecológico, una alternativa empresarial ante el cambio climático. *REA: Revista Científica Especializada En Educación Y Ambiente*, 2(2), 54-64. <https://doi.org/10.48204/rea.v2n2.4415>
- Chihwai, P., y Dube , K. (2023). Análisis bibliométrico de cambio climático, turismo y marketing de destinos. *Revista Africana de Hospitalidad, Turismo y Ocio*, 12(5SE), 1693-1712. <https://doi.org/10.46222/ajhtl.19770720.459>
- Deo, K., y Prasad, A. A. (2022). Explorando las conexiones de marketing, mitigación y adaptación al cambio climático. *Sostenibilidad* , 14(7), 4255.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14074255>
- Díaz Cordero, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(2), 227-240.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024179004>
- Elsevier. (2024). Métricas de CiteScore™ que puede verificar y en las que puede confiar.
<https://www.elsevier.com/products/scopus/metrics/citescore>
- Fusco, F., Marsilio, M., y Guglielmetti , C. (2020). Coproducción en política y gestión de la salud: una revisión bibliométrica integral. *Investigación de servicios de salud de BMC*, 20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12913-020-05241-2>

- Gutiérrez Gutiérrez, R. A., y Solís Ávila, M. Y. (2024). El marketing verde, su enfoque y evolución histórica. Un análisis de literatura. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 13(1), 108-124.
<https://doi.org/10.48204/j.centros.v13n1.a4636>
- Lizana-Verdugo, A. A., y Muñoz-Cruz, M. R. (2022). Análisis Bibliométrico sobre el Aprendizaje Reflexivo en Educación Superior. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 2(5), 472-488. <https://doi.org/https://doi.org/10.53595/rlo.v2.i5.048>
- Lavanda Reyes, F. A., y Reyes Acevedo, J. E. (2021). Aplicación De Marketing Ecologico Como Estrategia De Responsabilidad Social Empresarial. *Revista de Investigación en Dirección y Gestión Empresarial*, 9(6), 48-54.
<https://www.questjournals.org/jrbm/papers/vol9-issue6/Ser-1/G09064856.pdf>
- Maibach, E. W., Roser-Renouf, C., y Leiserowitz, A. (2008). La comunicación y el marketing como activos de intervención en el cambio climático. Una perspectiva de salud pública. *Revista Americana de Medicina Preventiva*, 35(5), 488-500.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.016>
- Manchado Garabito, R., Tamames Gómez, S., López González, M., Mohedano Macías, L., D'Agostino, M., y Veiga de Cabo, J. (2009). Revisiones Sistemáticas Exploratorias. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 55(216), 12-19.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2009000300002#back
- Nepstad, D. C., Brown, I. F., Luz, L., Alechandre, A., y Viana, V. (1992). Empobrecimiento biótico de los bosques amazónicos por caucheros, madereros y ganaderos. *Productos no madereros de los bosques tropicales: evaluación de una estrategia de conservación y desarrollo*, 9, 1-14.
<https://www.jstor.org/stable/43931384>
- Olivera Carhuaz, E. S., y Pulido Capurro, V. M. (2018). Marketing social: Su importancia en la resolución de problemas sociales. *Revista Científica de la UCSA*, 5(2), 26-35.
[https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2018.005\(02\)026-035](https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2018.005(02)026-035)
- Organización Mundial de la Salud. (30 de Octubre de 2021). *Cambio Climático*.
<https://doi.org/https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- Pedreschi Caballero, R. J., y Nieto Lara, O. M. (2023). Marketing verde, estrategia sostenible en la Responsabilidad Social de las empresas en el corregimiento de Aguadulce. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 12(1), 97-115.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/3483>
- Piedra Salomón, Y., y Martínez Rodríguez, A. (2007). Producción científica. *Ciencias de la Información*, 38(3), 33-38.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181414861004>

- Rodríguez Ron, A. S. (2024). Responsabilidad social empresarial y el marketing sostenible: una ruta hacia el desarrollo sustentable. *Revista Venezolana De Gerencia*, 29(107), 1059-1071. <https://doi.org/https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.4>
- Severiche-Sierra, C., Gómez-Bustamante, E., Y Jaimes-Morales, J. (2024). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 18(2), 266-281. <https://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/2489>
- Torrents Arévalo, J. A. (2024). Cambio climático versus crecimiento económico: caso de efecto invernadero Aplicar un estudio de los países de la Unión Europea e Inglaterra de 2010 a 2019 utilizando regresión lineal y redes neuronales. *Sostenibilidad (Suiza)*, 16(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16051884>
- Urhan , B., Hoştut, S., Güdekli , İ. A., y Aydoğan , H. (2023). Cambio climático y marketing: un análisis bibliométrico de las investigaciones de 1992 a 2022. *Investigación en ciencias ambientales y contaminación*, 30(34), 81550-81572. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-023-26071-9>
- van Eck , N. J., v Waltman, L. (2023). Manual for VOSviewer version 1 .6.19. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.19.pdf

**Frutales promisorios en el sur de Chile: estudio de caso de Agrícola Río Negro –
Región de Los Lagos**

Promising fruit trees in southern Chile: case study of Agrícola Río Negro – Los Lagos
Region

Rubén D. Collantes G.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Estación Experimental de Cerro Punta.
Panamá.

rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Javier E. Pittí C.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Estación Experimental de Cerro Punta.
Panamá.

pittjavier28@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

Yexika N. Geissbühler-Vargas

Agrícola Río Negro, Región de Los Lagos. Chile.

yexika.geiss.vargas@gmail.com <https://orcid.org/0009-0006-9067-8430>

*Autor de correspondencia: rdcg31@hotmail.com

Recepción: 10 de febrero de 2025

Aprobación: 15 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7158>

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar el cultivo de frutales en Río Negro – Región de Los Lagos, Chile. El sitio de estudio correspondió a Agrícola Río Negro (40°45'04,2" S 73°03'09,1" O, 96 msnm), que cuenta con 24,1 ha cultivadas con frutales: arándano azul (*Vaccinium*

corymbosum L.), zarzaparrilla (*Ribes rubrum* L.) y cereza (*Prunus avium* L.). La investigación fue descriptiva, exploratoria, analítica y reflexiva. Se recorrió el campo para determinar la extensión cultivada por frutal, rendimiento potencial, mercados de destino, problemas fitosanitarios y alternativas de manejo implementadas. Según los resultados, el principal cultivo es arándano azul con 18,5 ha, un rendimiento potencial de hasta 20 t/ha a partir del quinto año y su principal mercado es Inglaterra. La cereza registró una extensión cultivada de 3,6 ha, un rendimiento potencial de hasta 15 t/ha y los destinos de exportación son Estados Unidos de América, Europa y Asia. La zarzaparrilla cuenta con 2 ha cultivadas, un rendimiento cercano a las 10 t/ha y el principal mercado Holanda. Como problemas fitosanitarios, se tienen *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) y *Botrytis cinerea* Persoon, 1794 en arándano azul; cáncer bacterial asociado a *Pseudomonas syringae* Van Hall, 1904 y rajado de frutos por exceso de agua en cereza; ácaros y larvas xilófagas (Coleoptera: Cerambycidae) en zarzaparrilla. Se implementa el Manejo Integrado de Plagas (MIP), basado en el monitoreo periódico, trampas con atrayente, aplicación de microorganismos benéficos, entre otras. En conclusión, la fruticultura con alto valor para la exportación representa una alternativa de desarrollo sostenible frente al cambio climático.

Palabras clave: cambio climático, cultivo, plaga

Abstract

The aim of the study was to analyze the cultivation of fruit plants in Río Negro – Los Lagos Region, Chile. The study site corresponded to Agrícola Río Negro (40°45'04.2" S 73°03'09.1" W, 96 MASL), which has 24.1 hectares cultivated with fruit plants: blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), red currant (*Ribes rubrum* L.) and cherry (*Prunus avium* L.).

The research was descriptive, exploratory, analytical and reflective. The field was checked to determine the cultivated area per fruit plant, potential yield, destination markets, phytosanitary problems and management alternatives implemented. According to the results, the main crop is blueberry with 18.5 ha, a potential yield of up to 20 t/ha from the fifth year and its main market is England. Cherry has got a cultivated area of 3.6 ha, a potential yield of up to 15 t/ha and the export destinations included the United States of America, Europe and Asia. Red currant has got 2 ha cultivated, a yield close to 10 t/ha and the main market is Holland. As phytosanitary problems, there are *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) and *Botrytis cinerea* Persoon, 1794 in blueberry; bacterial cancer associated with *Pseudomonas syringae* Van Hall, 1904 and fruit cracking due to excess water in cherry; mites and xylophagous larvae (Coleoptera: Cerambycidae) in red currant. Integrated Pest Management (IPM) is implemented, based on periodic monitoring, traps with attractant, use of beneficial microorganisms, among others. In conclusion, fruit growing with high export value represents an alternative for sustainable development against climate change.

Keywords: climate change, cultivation, pests

INTRODUCCIÓN

Las frutas son un componente fundamental en la dieta de las personas. La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el 2021 como el Año Internacional de las Frutas y Verduras, con la finalidad de sensibilizar sobre la importancia del consumo de estos alimentos para la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), así como para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (FAO, 2024). En concordancia con estos mandatos globales,

han surgido iniciativas, como la preparación de manuales técnicos para el aprovechamiento de especies frutales (Mc Leod et al., 2014; Defilippi y Ulloa, 2023; PROCOMER, s. f.).

Así mismo, en el año 2014 se incrementaron las exportaciones de frutas producidas en Chile, siendo la frambuesa la de mayor valor con USD 118,2 millones, seguida por el arándano azul con USD 98,9 millones y las moras con USD 46,3 millones (ODEPA, 2014). La explicación de esto se debe al interés creciente por consumir alimentos funcionales, que además de sabor, aporten beneficios para la salud como vitaminas, minerales y antioxidantes; lo que ayuda a prevenir enfermedades degenerativas y ganó mayor auge debido a la pandemia por COVID-19 (Pérez, 2014; Collantes et al., 2021a).

En la Región de Los Lagos, situada al sur de Chile, destaca la ganadería con más de 1 millón de cabezas de ganado bovino (aproximadamente el 28% de la producción nacional), más de 4500 ciervos (cerca del 47% del total en el país) y más de 1000 jabalíes (17% de la producción chilena); en el caso de los cultivos, se tienen especies forestales con casi 90 mil ha, la producción de forrajes con más de 68 mil ha (13,3% de la producción nacional) y la papa con más de 11 mil ha dedicadas al rubro (que representan más del 20% de la superficie cultivada en Chile), por mencionar algunos rubros (ODEPA, 2018).

Como consecuencia del cambio climático, la agricultura enfrenta retos que ponen a prueba la capacidad de adaptación del sector productivo a mediano y largo plazo; requiriéndose más información y tecnología, además de una reingeniería territorial para aprovechar en medio de la adversidad, oportunidades de diversificación productiva y sostenible (Santibáñez, 2022). En Río Negro – Región de Los Lagos, cultivos promisorios como arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.), zarzaparrilla (*Ribes rubrum* L.) y cereza (*Prunus avium* L.),

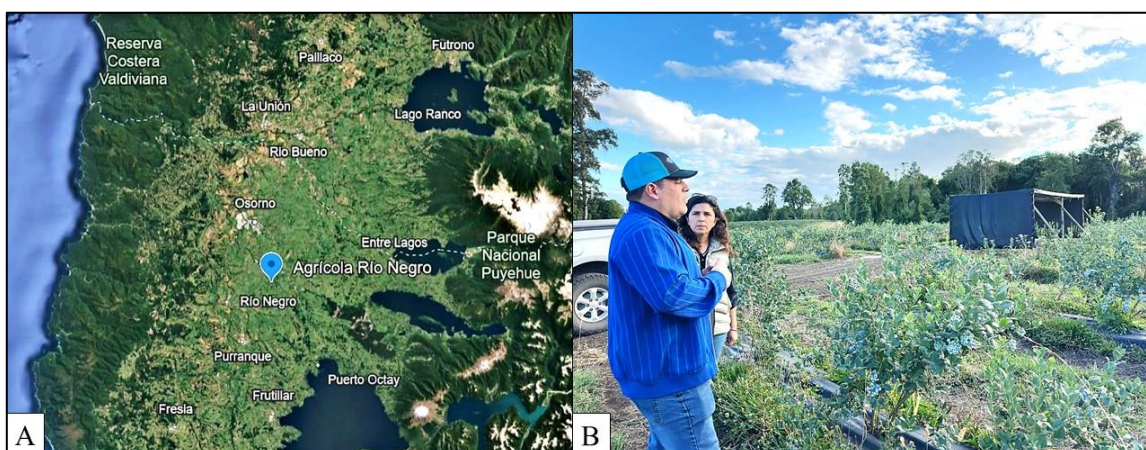
están ganando auge, por lo que el objetivo del presente estudio fue analizar el cultivo de dichos frutales.

METODOLOGÍA

La investigación fue de corte descriptivo, exploratorio, analítico y reflexivo. El sitio de estudio correspondió a Agrícola Río Negro ($40^{\circ}45'04,2''$ S $73^{\circ}03'09,1''$ O, 96 msnm), que cuenta con 24,1 ha cultivadas con frutales: arándano azul, zarzaparrilla y cereza (Figura 1A). En enero de 2025, se recorrió el campo para determinar la extensión cultivada por frutal, rendimiento potencial, mercados de destino, problemas fitosanitarios y alternativas de manejo implementadas. La información fue recabada, discutida, analizada y se llevó un registro fotográfico con los principales hallazgos observados en campo (Figura 1B).

Figura 1.

Sitio de estudio en Río Negro – Región de Los Lagos, Chile: A) Mapa de ubicación; B) Recorrido de campo.



Fuente: Google Earth (2025) (A) y J. Pittí (B).

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, se presentan de la siguiente manera:

- **Arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L., 1753).** Con 18,5 ha de cultivo y rendimiento potencial de 20 t/ha, constituido por los cultivares Cargo (3 ha), Last Call (3,08 ha), Legacy (5,67 ha, Figura 2A) y Blue Ribbon (2,1 ha). Se tienen diferentes cultivares para cosechar fruta desde inicios de enero hasta abril; siendo 12-14° Brix lo apropiado. Estos frutos se exportan hacia Inglaterra para consumo fresco. Como principales problemas fitosanitarios, se tienen *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) y *Botrytis cinerea* Persoon, 1794, siendo alternativas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), trampas artesanales con vinagre de manzana y azúcar en el perímetro del campo para capturar *D. suzukii* (Figura 2B), monitoreo de otros organismos.
- **Cereza (*Prunus avium* L., 1755).** Se tienen 3,6 ha instaladas con el cultivar Regina como principal y Kordia como polinizante, con un rendimiento de hasta 15 t/ha y los principales mercados son Estados Unidos de América, Europa y Asia. Se cosecha con 17° Brix, con ayuda de una paleta de colores. Entre los problemas que confronta el cultivo, están el cáncer bacterial asociado a *Pseudomonas syringae* (Figura 2C) y el rajado de frutas por exceso de agua (Figura 2D); por lo que, es fundamental el manejo adecuado del recurso hídrico, utilizar cobertores plásticos para proteger la fruta del rajado por lluvia (Otárola et al., 2020), la poda sanitaria y cicatrizado de árboles.
- **Zarzaparrilla (*Ribes rubrum* L., 1753).** Cultivar Rovada con 2 ha (Figura 2E) y un rendimiento potencial de 10 t/ha, se cosecha entre diciembre y enero (McLeod et al., 2014), al alcanzar un color rojo intenso; siendo su principal mercado de destino

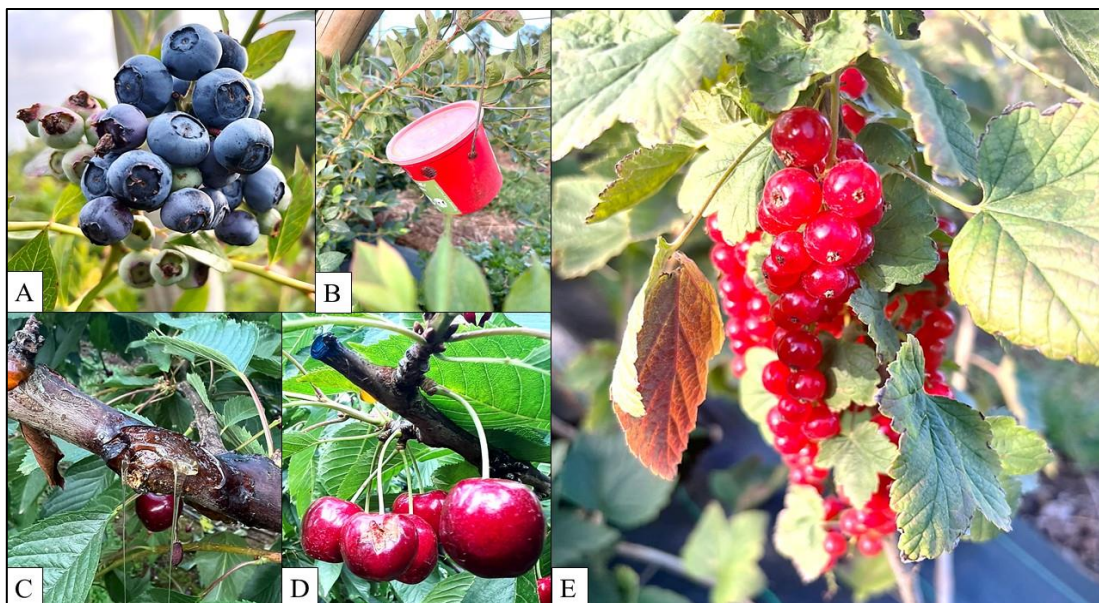
Holanda, ocupándose mayormente para la decoración de platos gourmet. Entre los principales problemas fitosanitarios que confronta este cultivo, se tienen los ácaros (Acari) y larvas xilófagas (Coleoptera: Cerambycidae). Como alternativas MIP, se implementa el monitoreo en campo, así como la utilización de productos permitidos para su uso en estos cultivos, respetándose los periodos de carencia y reingreso.

Si bien la Región de Los Lagos destaca por la producción de ganado bovino y papa, entre otros rubros (ODEPA, 2018); el cambio climático presiona a los productores a incursionar gradualmente en cultivos alternativos (Santibáñez, 2022). Además, dado el creciente interés por consumir alimentos funcionales (Pérez, 2014; Collantes et al., 2021a), se prevé que las extensiones de terreno dedicadas a estos rubros no tradicionales continúen en aumento.

Desarrollar la fruticultura está condicionado a la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, además de la escasez de mano de obra calificada para las labores; privilegiándose la ocupación de mujeres al cosechar. Sin embargo, rubros como el arándano azul y otros frutales, tienen el potencial de contribuir con la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos (Collantes y Rodríguez, 2015; Collantes et al., 2021b); por lo que es necesario aunar esfuerzos para el desarrollo apropiado de la cadena de valor de estos alimentos funcionales.

Figura 2.

Frutales en Río Negro: A) Arándano Legacy; B) Trampa para D. suzukii; C) Gomosis por P. syringae en cereza; D) Rajado de cerezas por exceso de agua; E) Zarzaparrilla Rovada.



CONCLUSIONES

Del presente trabajo se concluye que, la fruticultura con alto valor para la exportación representa una alternativa de desarrollo sostenible frente al cambio climático; siendo Agrícola Río Negro un ejemplo de cómo frente a los desafíos emergentes en el sector productivo, se está apostando por el desarrollo de rubros no tradicionales, pero con potencial de contribuir con la mejora de los medios de vida, en armonía con el ambiente.

AGRADECIMIENTOS

El primer y segundo autor agradecen a Agrícola Río Negro, en especial a la Ingeniera Yexika Geissbühler, por la atención y acompañamiento durante la labor realizada en el presente estudio. A la Ingeniera Tania González (Agrorismo) y a la Ingeniera Karina Castro (IDIAP), por el apoyo en la coordinación de las acciones ejecutadas. Al IDIAP, por el apoyo brindado mediante el financiamiento del Proyecto 501.B.3.14.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Collantes, R., Pittí, J., Jerkovic, M. y Atencio, R. (2021a). Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 1-11. Recuperado de: https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2460
- Collantes, R. y Rodríguez, A. (2015). Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima – Perú. *Tecnología Y Desarrollo (Trujillo)*, 13(1), 27-34. <https://doi.org/10.18050/td.v13i1.750>
- Collantes, R., Rodríguez, A. y Beyer, A. (2021b). Sustentabilidad de agroecosistemas de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) en Cañete, Lima, Perú. *Tecnociencia*, 23(2), 244-256. Recuperado de: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/2280>
- Defilippi, B. y Ulloa, P. (eds.) (2023). *Calidad en arándanos: bases fisiológicas y tecnológicas para el manejo de cosecha y postcosecha*. Boletín INIA N° 477. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina. Santiago, Chile. 126 p. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/27fa787c-943c-4e6f-a26a-2699fbc64ca5/content>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2024). *Año Internacional de las Frutas y Verduras 2021*. <https://www.fao.org/fruits-vegetables-2021/es/#:~:text=La%20Asamblea%20General%20de%20las,sistema%20de%20las%20Naciones%20Unidas.>
- Google Earth. (2025). *Mapa de ubicación de Río Negro – Región de Los Lagos, Chile*. Recuperado de: <https://earth.google.com/web/@-40.49364743,-72.8801965,138.6148291a,293610.70175327d,35y,-0h,0t,0r/data=CgRCAggBMikKJwoICiExZVpTRW1zaGtNSmlscFI3NXU0RWlpbUIJbGtxS3I3cGogAToDCgEwQgIIAEoHCIDSxBEQAQ>

- Mc Leod, C., Pino, M., Ojeda, A., Hirzel, J., Estay, P., Ferreyra, R. y Sellés, G., Defillipi, B., Robledo, P. y Cárdenas, P (2014). *Aspectos relevantes de la producción de zarzaparrilla roja (Ribes rubrum) bajo túnel*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Kampenaike. Boletín INIA N° 286. 162p. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/a6caa425-54ac-4212-a5cc-ddafe40fc4bf/content>
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile). (2014, diciembre). *Boletín de frutas y hortalizas procesadas*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado de: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2014/12/boletinFyH_Proc_diciembre2014.pdf
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile). (2018, marzo). *Región de Los Lagos: Información regional 2018*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado de: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Los-Lagos.pdf>
- Otárola, J., Salazar, C. y Vergara, A. (2020). *Cubiertas plásticas en la producción de cerezos: experiencias en la zona central de Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Informativo N° 72. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/93ce2809-17fa-429f-9255-12b23aabb3ff/content>
- Pérez, C. (2014). Prólogo. En C. Mc Leod, M. T. Pino M. T., A. Ojeda, J. Hirzel, P. Estay, R. Ferreyra, G. Selles, B. Defillipi, P. Robledo y P. Cárdenas, *Aspectos relevantes de la producción de zarzaparrilla roja (Ribes rubrum) bajo túnel* [pp. 11]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Kampenaike. Boletín INIA N° 286. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/a6caa425-54ac-4212-a5cc-ddafe40fc4bf/content>
- PROCOMER (Promotora de Comercio Exterior, Costa Rica). (s. f.). *Siembra de uchuva: Manual Técnico*. Recuperado de: <https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Manual-de-siembra-uchuva.pdf>
- Santibáñez, P. (2022, septiembre). Los retos de la fruticultura frente a los nuevos escenarios climáticos. *Boletín Técnico Pomáceas*, 22(125). Recuperado de: <https://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2023/01/125.-Retos-de-la-fruticultura-frente-al-cambio-climático.-Paula-Santibáñez.-Septiembre-2022.pdf>

Efecto Bioplaguicida de las Microalgas: Una Estrategia Sostenible contra *Botrytis cinerea*

Biopesticidal Effect of Microalgae: A Sustainable Strategy Against *Botrytis cinerea*

Cristel Santamaría

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas,
Departamento de Química. Panamá.

cristel.santamaria@unachi.ac.pa <https://orcid.org/0009-0000-6120-4224>

Recepción: 10 de febrero de 2025

Aprobación: 15 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6692>

Resumen

Esta investigación exploró el potencial biofungicida de *Chlorella vulgaris* contra *Botrytis cinerea*. A través de una revisión sistemática, se determinó qué extractos de *C. vulgaris* contienen una variedad de compuestos bioactivos, principalmente flavonoides y ácidos grasos, que exhiben propiedades antifúngicas. Estos metabolitos secundarios interactúan con la membrana celular de *B. cinerea*, alterando su permeabilidad y desencadenando estrés oxidativo. Además, inhiben la producción de enzimas degradativas de la pared celular, como las pectinasas y celulasas, esenciales para la infección fúngica. Los flavonoides, en particular, actúan como quelantes de metales, reduciendo la disponibilidad de nutrientes esenciales para el patógeno. Los resultados sugieren que, los mecanismos de acción de estos compuestos bioactivos son multifacéticos y sinérgicos, lo que explica su eficacia en el control de *B. cinerea*. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para optimizar la producción y formulación de bioplaguicidas a base de *C. vulgaris*, así como evaluar su impacto en ecosistemas agrícolas y su compatibilidad con otros productos de protección de cultivos.

Palabras clave: algas, biocontrol, bioplaguicida, hongo

Abstract

This research explored the biofungicidal potential of *Chlorella vulgaris* against *Botrytis cinerea*. Through a systematic review, it was determined that extracts of *C. vulgaris* contain a variety of bioactive compounds, primarily flavonoids and fatty acids, which exhibit antifungal properties. These secondary metabolites interact with the cell membrane of *B. cinerea*, altering its permeability and triggering oxidative stress. Additionally, they inhibit the production of cell wall-degrading enzymes, such as pectinases and cellulases, which are essential for fungal infection. Flavonoids, in particular, act as metal chelators, reducing the availability of essential nutrients for the pathogen. The results suggest that, the mechanisms of action of these bioactive compounds are multifaceted and synergistic, explaining their efficacy in controlling *B. cinerea*. However, further studies are needed to optimize the production and formulation of *C. vulgaris* - based biopesticides, as well as to evaluate their impact on agricultural ecosystems and their compatibility with other crop protection products.

Keywords: aquatic plants, biocontrol, bioplaguicide, fungus

INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas químicos representan una grave amenaza para la salud humana y el medio ambiente. Estudios recientes, como el de Boedeker et al. (2020), revelan cifras alarmantes: se producen 385 millones de casos de intoxicación aguda no intencional por plaguicidas cada año, resultando en 11,000 muertes. Además, el estudio de Ordoñez-Beltrán (2019) señala que el 83% de los trabajadores agrícolas están expuestos frecuentemente a agroquímicos potencialmente cancerígenos.

Por otro lado, estos productos generan contaminación ambiental al acumularse en el suelo, el agua y los alimentos, afectando negativamente la fauna benéfica y los ecosistemas circundantes. El uso excesivo de plaguicidas también ha llevado al desarrollo de resistencia

en hongos y otros organismos, lo que reduce su eficacia y agrava el problema de control de plagas (Gabriel-Ortega et al., 2022).

En este estudio, se presenta a los bioplaguicidas derivados de *C. vulgaris* como una alternativa innovadora y sostenible a los plaguicidas químicos. Al reducir la dependencia de productos sintéticos, estos bioplaguicidas contribuyen a la protección del medio ambiente y la salud humana. Además, su eficacia en el control de plagas los posiciona como una herramienta valiosa para la agricultura sostenible, en línea con los hallazgos de Costa et al. (2019).

Por lo que ésta investigación aborda el potencial bioplaguicida de las microalgas ya que ha cobrado relevancia a nivel mundial. Estudios como los de Gonçalves (2021) y Bhattacharjee (2022) han destacado la capacidad de estos microorganismos para producir una amplia gama de metabolitos bioactivos. En Centroamérica, investigaciones recientes (Casanova et al., 2023) han revelado el papel de especies como *Chlorella vulgaris* en la producción de compuestos alelopáticos, ofreciendo una solución innovadora y sostenible para el manejo de plagas. Estos hallazgos subrayan la importancia de la investigación regional para identificar y aprovechar el potencial de las microalgas en diferentes ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La búsqueda de alternativas sostenibles al uso de fungicidas químicos ha impulsado la investigación sobre el potencial de las microalgas como fuente de bioplaguicidas. Con el objetivo de evaluar la eficacia de estos productos en el control de *Botrytis cinerea*, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica publicada entre 2018 y 2024. Se prestó especial atención a los estudios que evaluaron la eficacia de bioplaguicidas a base de microalgas del género *Chlorella*. Los resultados de esta revisión permitirán identificar las especies de microalgas más prometedoras, los mecanismos de acción involucrados, así como las mejores prácticas para su formulación y aplicación en campo. Además, se discutirán las limitaciones de los estudios actuales y las futuras líneas de investigación necesarias para optimizar el uso de bioplaguicidas a base de microalgas en la agricultura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa microalgal y su aplicación en bioplaguicidas

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos de gran diversidad, con más de 30.000 especies descritas (Otálora et al., 2021). Cada célula de microalga es fotoautotrófica, absorbe directamente los nutrientes y fija CO₂, generando una alta producción de biomasa (Chai et al., 2021). Sin embargo, a pesar de esta diversidad, menos de 20 especies se explotan comercialmente. Su clasificación es compleja debido a la amplia variedad de pigmentos, productos de almacenamiento y características ultraestructurales como el tamaño (Correa et al., 2017). Esta diversidad metabólica y su capacidad de adaptarse a diversos ambientes las convierten en organismos de gran interés para diversas aplicaciones biotecnológicas

No obstante, una vez obtenida la cepa de microalga de interés, el siguiente paso es su cultivo a gran escala para producir biomasa. Las microalgas, con su gran diversidad metabólica y capacidad de adaptación, pueden cultivarse en diversos sistemas. Los métodos de cultivo de las microalgas para la producción de biomasa son diversos y pueden clasificarse en dos categorías principales: sistemas abiertos y sistemas cerrados. Los sistemas abiertos, como los estanques raceway y los estanques circulares, son los más tradicionales y económicos. Por otro lado, los sistemas cerrados, como los fotobiorreactores de columna, tubulares y de placa plana, ofrecen un mayor control sobre las condiciones de cultivo y permiten una mayor densidad celular. Estos últimos incluyen también tecnologías más innovadoras como los fotobiorreactores de membrana y de estado sólido (Zuccaro, 2020).

Una vez que la biomasa microalgal es obtenida a través de cultivos controlados, esta se convierte en una materia prima valiosa para la producción de bioplaguicidas. Estos productos biológicos, desarrollados a partir de diversas fuentes como algas, cianobacterias y hongos micorriza, ofrecen una alternativa más sostenible y eficaz en el manejo integrado de plagas.

Su uso en agricultura no solo protege los cultivos, sino que también reduce el impacto ambiental asociado al uso de pesticidas químicos (Hezakiel et al., 2023; Kumar et al., 2021).

La actividad antifúngica de las microalgas ha sido demostrada en diversos estudios. Bratchkova y Kroumov (2020) identificaron ácido butanoico y lactato de metilo como compuestos responsables de inhibir el crecimiento de hongos como *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida albicans*. Por otro lado, Asimakis et al. (2022) mostraron que extractos de microalgas protegieron a plantas de tomate de patógenos como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium dahliae* y *Botrytis cinerea*.

La diversidad de hongos inhibidos y la amplia gama de compuestos bioactivos involucrados, incluyendo oligosacáridos, polisacáridos, ácidos fenólicos y otros (Asimakis et al., 2022; Yu et al., 2022; Meena y Samal, 2019), subrayan el potencial de las microalgas como fuente de nuevos antifúngicos naturales.

***Botrytis cinerea*: un patógeno de interés agrícola**

La *Botrytis cinerea*, constituye una amenaza significativa para la producción agrícola a nivel mundial. Este hongo patógeno, comúnmente conocido como moho gris, posee una amplia gama de hospedantes, infectando desde frutos y flores hasta tallos y hojas de numerosas especies cultivadas. Su capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales adversas y su eficiente maquinaria de infección lo convierten en un desafío constante para los agricultores. Las pérdidas económicas causadas por la podredumbre gris son considerables, afectando tanto la calidad como la cantidad de los cultivos, y generando importantes pérdidas postcosecha (Shmid et al., 2022).

Asimismo, la virulencia de la *Botrytis cinerea* se sustenta en una combinación de factores que le permiten colonizar los tejidos vegetales y causar enfermedad. Este hongo produce una amplia gama de enzimas degradativas que descomponen las paredes celulares de las plantas, facilitando su penetración y colonización. Además, sintetiza toxinas como el botridial y la botcinina, que dañan los tejidos vegetales y suprimen las defensas de la planta. La capacidad

de *B. cinerea* para manipular los procesos celulares de la planta, como la muerte celular programada, le permite establecer una infección exitosa y propagarse rápidamente a través de los tejidos del hospedante (Bi et al., 2023).

Como resultado la *Botrytis cinerea* ha desarrollado una amplia gama de estrategias para infectar y colonizar sus hospedantes. Entre estas, destaca la secreción de proteínas efectoras como BcCrh4, una transglicosilasa que induce la muerte celular vegetal de manera independiente de su actividad enzimática y sin requerir la participación de quinasas (Liang et al., 2024). Otros efectores, como las xilanasas BcXyl1 y BcXYG1, son reconocidos por receptores vegetales y desencadenan una respuesta de muerte celular mediada por quinasas (Ron y Avni, 2004; Zhu et al., 2017; Yang et al., 2018). Esta diversidad de mecanismos de patogenicidad subraya la complejidad de la interacción entre este hongo y sus hospedantes.

La interacción entre *B. cinerea* y la planta es un proceso dinámico y complejo, caracterizado por una constante coevolución. El hongo secreta un arsenal de proteínas efectoras, como las transglicosilasas y las xilanasas, que manipulan diversos procesos celulares de la planta, incluyendo la muerte celular programada, la respuesta inmune y el transporte de nutrientes. Por su parte, las plantas han desarrollado una amplia gama de mecanismos de defensa, como la producción de fitoalexinas, la activación de receptores de reconocimiento de patrones y la formación de estructuras de refuerzo en la pared celular. La efectividad de estos mecanismos de defensa depende en gran medida de la rapidez y eficiencia con la que la planta pueda detectar y responder a los ataques del patógeno (Bi et al., 2023; Ahmed & Kovinich, 2021).

En consecuencia, la interacción entre *Botrytis cinerea* y las microalgas revela un complejo mecanismo de defensa en el cual los flavonoides desempeñan un papel protagónico. Estos compuestos bioactivos, presentes en diversas especies de microalgas, ejercen una amplia gama de efectos antifúngicos sobre *B. cinerea*. Al interactuar con la membrana celular, las mitocondrias y la pared celular del hongo, los flavonoides pueden inhibir procesos esenciales como la división celular, la síntesis de proteínas y el sistema de bombeo mediado por flujo, lo que debilita las defensas naturales del hongo (Al & Mickymaray, 2020; Goiris, 2014).

Estrategias antioxidantes como vía de control fúngico

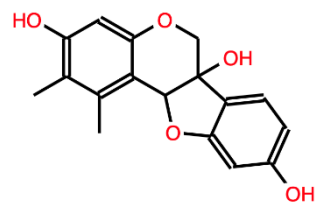
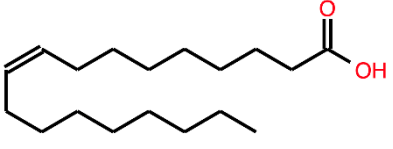
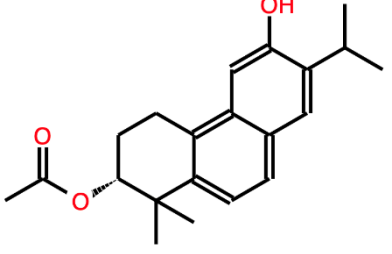
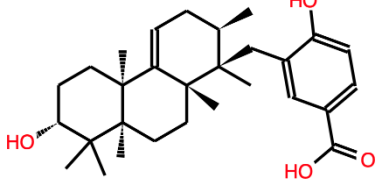
Existen compuestos capaces de inactivar enzimas clave implicadas en la patogenicidad del hongo, como la pectinasas, celulasas y lacasas, al unirse a sus sitios activos, impidiendo así la degradación de la pared celular vegetal y la colonización del tejido vegetal. Entre los flavonoides con actividad antifúngica destacada se encuentran el ácido p-cumárico, la naringenina, la quercetina, la daidzeína y la apigenina, entre otros. Estos compuestos bioactivos representan una alternativa prometedora a los fungicidas sintéticos, ofreciendo un enfoque más sostenible y seguro para el control de enfermedades fúngicas en cultivos (Al & Mickymaray, 2020; Goiris, 2014).

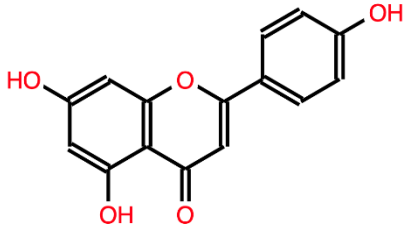
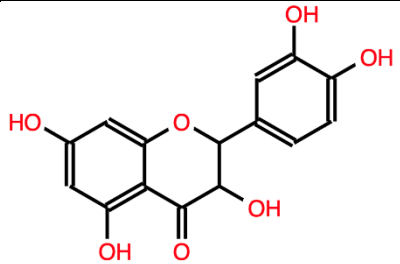
De la misma manera los ácidos grasos, especialmente aquellos generados por reacciones enzimáticas como la catalizada por la oxigenasa, han demostrado un notable potencial antifúngico. Estos compuestos lipídicos pueden dañar la integridad de la membrana fúngica, liberando componentes celulares vitales (Fernández-San et al., 2022). Estudios recientes han revelado que ácidos grasos como el decanoico, octanoato de sodio, hexanoico, oleico, linolénico y sus derivados son efectivos contra hongos fitopatógenos como *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum nymphaeae* y otras especies de *Colletotrichum* (Robles-Yerena et al., 2022; Azadeh, 2021). La diversidad estructural de los ácidos grasos, incluyendo los saturados, insaturados y sus derivados hidroxilados, les confiere una amplia gama de mecanismos de acción, lo que los convierte en prometedores agentes de control biológico.

Así como los ácidos grasos pueden generar un efecto bioplaguicida, hay otros compuestos (Tabla 1) que presentan propiedades inhibitorias contra los patógenos, como es el Ambigol C que es un compuesto aromático extraído de la microalga *Fischerella ambigua* (Chauhan et al., 2022 & Llopiz, 2016), además ellos mencionan que el Ambigol A y B, también responden a propiedades alelopáticas.

Tabla 1.

Compuestos bioactivos extraído de las microalgas con efectos potenciales de inhibición patogénica.

Compuesto	Capacidad	Estructura	Referencias
Ambigol C	Antifúngico Antibacterial Antibiótico		(Chauhan <i>et al.</i> , 2022), (Llopiz, 2016)
Fitoalexinas (Glisinol)	Antiviral Antifúngico		Dos <i>et al.</i> , 2022
Ácido oleico	Antifúngico Anticancerígeno Analgésico Antiinflamatorio		(Tipaz-Tipaz, 2019)
Norbietano	Antibiótico		(Llopiz, 2016)
Noscomina	Antibiótico Antimicrobiana		(Llopiz, 2016) (Mendoza, 2024)

Apigenina	Antioxidante		(Salehi et al, 2019)
Quercetina	Antioxidante Anticancerígeno Antiviral Antifúngico		(Vicente-Vicente & Prieto, 2013) (Patlán, 2017).

Es relevante mencionar que las microalgas producen compuestos conocidos como fitoalexinas, los cuales han demostrado su capacidad para controlar patógenos en cultivos como el trigo, el tomate y el tabaco. Además, estas fitoalexinas también son producidas por diversas plantas, como la soya, con el objetivo de evitar y repeler patógenos (Dos et al., 2022). En este sentido, se ha evaluado la capacidad antifúngica del ácido oleico en cepas de *Fusarium solani* y *Candida albicans* (Tipaz-Tipaz, 2019), así como de otros compuestos como el norbietano y la noscomina, dos antibióticos presentes en las microalgas. Estos últimos provienen del sistema del fenantreno, lo que resalta su potencial como agentes antimicrobianos (Llopiz, 2016; Mendoza, 2024).

Por otro lado, la apigenina y la quercetina, dos antioxidantes polifenólicos con estructuras similares, han sido ampliamente estudiadas en verduras, frutas, hierbas y bebidas de origen vegetal. Cabe destacar que la quercetina, en particular, ha mostrado un gran potencial frente a *Botrytis cinerea* en uvas, lo que refuerza su relevancia en el contexto de los tratamientos antifúngicos (Vicente-Vicente; Prieto, 2013; Patlán, 2017).

Es importante señalar que todos estos compuestos contienen grupos OH (Tabla 1), lo que los posiciona como excelentes opciones para actuar como antioxidantes, gracias a su estructura química y propiedades intrínsecas. Para comprender mejor su notable capacidad antioxidante, es necesario entender tres aspectos clave: la transferencia de un átomo de hidrógeno, la formación de enlaces de hidrógeno y la resonancia electrónica.

Los mecanismos antioxidantes de las moléculas, como la transferencia de átomos de hidrógeno, la formación de enlaces de hidrógeno y la resonancia electrónica, desempeñan un papel crucial en su acción antifúngica al interferir en procesos esenciales para la supervivencia de hongos como *Botrytis cinerea*. La transferencia de hidrógenos estabiliza los radicales libres generados durante el metabolismo del hongo, interrumpiendo la cadena de reacciones oxidativas necesarias para mantener su viabilidad (Carvajal Carvajal, 2019).

Por otro lado, la formación de enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de las moléculas antioxidantes y las proteínas o lípidos del hongo puede alterar la estructura de su membrana celular, comprometiendo su integridad y funcionalidad (Jiang, 2019). Además, la resonancia electrónica, característica de compuestos fenólicos, deslocaliza los electrones en el anillo aromático, lo que aumenta la estabilidad del sistema y permite generar especies químicamente reactivas que atacan directamente las estructuras del hongo, inhibiendo enzimas clave para su desarrollo, como celulasas y quitinasas (Jiang, 2019). Estos mecanismos actúan en conjunto para limitar la proliferación fúngica y proteger a las plantas hospedadoras.

No obstante, Venereo (2002) menciona que los radicales libres, particularmente las especies reactivas de oxígeno (ROS) como el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno y el radical hidroxilo, causan daño celular al atacar macromoléculas esenciales como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. En los lípidos, este ataque inicia la peroxidación lipídica, que compromete la permeabilidad de las membranas celulares y conduce a la muerte celular, especialmente en estructuras ricas en ácidos grasos poliinsaturados (Venereo, 2002).

De manera análoga, este mismo principio es aprovechado en la acción antifúngica, donde los antioxidantes generan un estrés oxidativo selectivo que desestabiliza las membranas celulares del hongo *Botrytis cinerea*, comprometiendo su viabilidad. Además, mecanismos como la formación de enlaces de hidrógeno y la resonancia electrónica de los antioxidantes interfieren con las enzimas reparadoras del hongo, intensificando el daño oxidativo y reduciendo su capacidad de supervivencia. Así, los mismos procesos que hacen a los radicales libres dañinos para las células son estratégicamente utilizados para inhibir el desarrollo de organismos fúngicos patógenos.

CONCLUSIÓN

Esta investigación ha dejado de manifiesto la necesidad de investigar, desarrollar e innovar en la generación de bioplaguicidas más eficientes y seguros. Los compuestos bioactivos de *Chlorella vulgaris* ofrecen un amplio espectro de posibilidades para el control de enfermedades fúngicas en cultivos. Futuras investigaciones podrían dirigirse hacia la identificación de nuevas especies de microalgas con potencial biofungicida, la optimización de las condiciones de cultivo para aumentar la producción de compuestos bioactivos y el desarrollo de formulaciones más estables y eficaces. Estos avances contribuirían a la transición hacia una agricultura más sostenible, reduciendo la dependencia de los pesticidas químicos y promoviendo la salud de los ecosistemas

No obstante, la identificación de nuevas especies de microalgas con potencial biofungicida, junto con la optimización de sistemas de cultivo para maximizar la producción de biomasa y compuestos bioactivos, es clave para avanzar en el desarrollo de bioplaguicidas más efectivos. Es esencial profundizar en los mecanismos de acción de estos compuestos, evaluar su impacto ambiental y su compatibilidad con otros productos agrícolas, y promover su uso en programas de manejo integrado de plagas. Asimismo, la transferencia tecnológica y la colaboración entre investigadores, agricultores e industrias son fundamentales para llevar

estas innovaciones al mercado, ofreciendo alternativas sostenibles y seguras a los pesticidas químicos tradicionales.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) por su apoyo al Programa de Maestría en Química con Énfasis en Inocuidad Alimentaria (MCQUIA), una iniciativa clave en la generación de recopilaciones literarias que contribuyen a la calidad educativa. Al Ph. D. Rubén Collante, por su invaluable guía, y a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por su respaldo y compromiso con el desarrollo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, I., Yuzir, A., Mohamad, S E., Iwamoto, K. & Abdullah, N. (2021). Role of Microalgae in Sustainable Energy and Environment. Purpose-Led. DOI 10.1088/1757-899X/1051/1/012059
- Ahmed, S., Kovinich, N. (2021) Regulation of phytoalexin biosynthesis for agriculture and human health. *Phytochem Rev* **20**, 483–505. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09691-8>
- Al Aboody, M. S., y Mickymaray, S. (2020). Eficacia antifúngica y mecanismos de los flavonoides. *Antibióticos*, 9(2), 45. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9020045>
- Asimakis, E., Shehata, A. A., Eisenreich, W., Acheuk, F., Lasram, S., Basiouni, S., Emekci, M., Ntougias, S., Taner, G., May-Simera, H., Yilmaz, M., & Tsiamis, G. (2022). Algae and Their Metabolites as Potential Bio-Pesticides. *Microorganisms*, 10(2), 307. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020307>
- Azadeh, Y., Liang, N., Foroutan, A., Gänzle, M., Strelkov, E y Nat N.V.Kav. (2021). Investigando el potencial de los ácidos grasos insaturados como agentes de protección de cultivos antifúngicos. *Revista Canadiense de Ciencias Vegetales*. **101**(1): 73-85. <https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0113>
- Berthon, J.-Y., Michel, T., Wauquier, A., Joly, P., Gerbore, J., & Filaire, E. (2021). Seaweed and microalgae as major actors of blue biotechnology to achieve plant stimulation and pest and pathogen biocontrol – a review of the latest advances and future prospects. *The Journal of Agricultural Science*, 159(7–8), 523–534. doi:10.1017/S0021859621000885

- Bratchkova, A., & Kroumov, A. D. (2020). Microalgae as producers of biologically active compounds with antibacterial, antiviral, antifungal, antialgal, antiprotozoal, antiparasitic and anticancer activity. *Acta Microbiol Bulg*, 36(3), 79-89.
- Carvajal Carvajal, C. (2019). Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. *Medicina Legal de Costa Rica*, 36(1), 91-100.
- Casanova, L. M., Macrae, A., de Souza, J. E., Neves Junior, A., y Vermelho, A. B. (2023). El potencial de los aleloquímicos de las microalgas para los biopesticidas. *Plantas*, 12(9), 1896. <https://doi.org/10.3390/plants12091896>
- Chai, W. S., Chew, C. H., Munawaroh, H. S. H., Ashokkumar, V., Cheng, C. K., Park, Y.-K., & Show, P. L. (2021). *Microalgae and ammonia: A review on inter-relationship*. *Fuel*, 303, 121303. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121303>
- Chauhan, A., Ranjan, A., Basniwal, R.K., Jindal, T. (2022). Cytotoxic and Antibiotic Properties of Cyanobacterial Extracts. In: Jindal, T. (eds) *New Frontiers in Environmental Toxicology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72173-2_4
- Correa, I., Drews, P., Botelho, S., de Souza, M. S., & Tavano, V. M. (2017). *Deep Learning for Microalgae Classification*. 2017 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA).doi:10.1109/icmla.2017.0-183
- Costa, J. A. V., Freitas, B. C. B., Cruz, C. G., Silveira, J., & Morais, M. G. (2019). Potential of microalgae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 54(5), 366–375. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1571366>
- Dos, M., Ferreira, C., Dos, E., Zawadzki, F., Reschke, C., Bertolini, E., Pedrinho, R; Matias, R., Sauer, V. (2022) Uso de Microalgas en el Sector Agrícola y Agroindustrial. **Ensayos y Ciencia: Ciencias Biológicas, Agrarias y de la Salud**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 164–170. DOI: 10.17921/1415-6938.2022v26n2p164-170.
- Fernandez-San Millan, A., Gamir, J., Larraya, L., Farran, I., & Veramendi, J. (2022). Towards understanding of fungal biocontrol mechanisms of different yeasts antagonistic to *Botrytis cinerea* through exometabolomic analysis. *Biological Control*, 174, 105033. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105033>
- Gabriel-Ortega, J., Chonillo Pionce, P., Narváez Campana, W., Fuentes Figueroa, T., & Ayón Villao, F. (2022). Evaluación de cuatro bioestimulantes en la inducción de la resistencia sistémica en pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en monocultivo y cultivo asociado en invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 13(2), 69-79. <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2022.130200069>

- Goiris, K., Muylaert, K., Voorspoels, S., Noten, B., De Paepe, D., E Baart, G. J., & De Cooman, L. (2014). *Detection of flavonoids in microalgae from different evolutionary lineages*. *Journal of Phycology*, 50(3), 483–492. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202401445>
- Gonçalves, A. L. (2021). El uso de microalgas y cianobacterias en la mejora de las prácticas agrícolas: una revisión de sus funciones de biofertilización, bioestimulación y biopesticida. *Ciencias Aplicadas*, 11(2), 871. <https://doi.org/10.3390/app11020871>
- Hezakiel, H.E., Thampi, M., Rebello, S. *et al.* Biopesticidas: un enfoque ecológico hacia las plagas agrícolas. *Appl Biochem Biotechnol* **196**, 5533–5562 (2024). <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04765-7>
- Bi, K., Liang, Y., Mengiste, T., & Sharon, A. (2023). Killing softly: a roadmap of Botrytis cinerea pathogenicity. *Trends in plant science*, 28(2), 211-222.
- Jiang, L., Yang, J., Wang, Q., Ren, L., & Zhou, J. (2019). Physicochemical properties of catechin/ β -cyclodextrin inclusion complex obtained via co-precipitation. *CyTA - Journal of Food*, 17(1), 544–551. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1612948>
- Jiménez, C. I. E., Martínez, E. Y. C., & Fonseca, J. G. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2), 73-5.
- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., Y Mishra, V. (2021). Una visión general de algunos biopesticidas y su importancia en la protección de las plantas para la aceptación comercial. *Plantas*, 10(6), 1185. <https://doi.org/10.3390/plants10061185>
- Kumar S & Singh A (2015) Biopesticides: Present Status and the Future Prospects, *J Fertil Pestic* 6: e129. <http://dx.doi.org/10.4172/jbfbp.1000e129>
- Liang, Y., Bi, K., & Sharon, A. (2024). The Botrytis cinerea transglycosylase BcCrh4 is a cell death-inducing protein with cell death-promoting and-suppressing domains. *Plant, Cell & Environment*, 47(1), 354-371. <https://doi.org/10.1111/pce.14740>
- Llopiz, A. (2016). Compuestos bioactivos aislados de cianobacterias y microalgas: propiedades y aplicaciones potenciales en la biomedicina. *Bionatura*, 1(2), 79-87. DOI. 10.21931/RB/2016.01.02.8
- Mantzorou, A., & Ververidis, F. (2018). Microalgal biofilms: A further step over current microalgal cultivation techniques. *Science of The Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.355 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.355>
- Malvestiti, M. C., Steentjes, M. B., Beenen, H. G., Boeren, S., van Kan, J. A., & Shi-Kunne, X. (2022). Analysis of plant cell death-inducing proteins of the necrotrophic fungal pathogens Botrytis squamosa and Botrytis elliptica. *Frontiers in Plant Science*, 13, 993325. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.993325>

- Meena, M., Samal, S., 2019. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: an overview of chemical characterisation, target sites, regulation and their toxic effects. *Toxicol. Rep.* 6, 745–758. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.06.021>
- Mendoza, M. S., Santiago, L. V., Islas, A. A., Villanueva, R. A., Hernández, S. A., & Guillén, J. C. (2024). Evaluación del efecto de *Gloeocapsopsis crepidinum* (Thuret) sobre el crecimiento de *Salmonella* sp., *Escherichia coli* y *Fusarium oxysporum*. *Ciencia e Ingeniería: Revista de investigación interdisciplinar en biodiversidad y desarrollo sostenible, ciencia, tecnología e innovación y procesos productivos industriales*, 11(2), 3. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12809591>
- Mol, I., & Purushothaman, T. (2020). Micro-algae as bio-pesticides for the development of sustainable agriculture. *Wide Spectrum*, 8(6).
- Salehi, B., Venditti, A., Sharifi-Rad, M., Kręgiel, D., Sharifi-Rad, J., Durazzo, A., Lucarini, M., Santini, A., Souto, E. B., Novellino, E., Antolak, H., Azzini, E., Setzer, W. N., & Martins, N. (2019). The Therapeutic Potential of Apigenin. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6), 1305. <https://doi.org/10.3390/ijms20061305>
- Sánchez, P.D. (Enero –Diciembre 2019). La resistencia de las plagas y enfermedades ante el control convencional y la búsqueda de alternativas de biocontrol. *Tierra Infinita* (5), 234-243. <https://doi.org/10.32645/26028131.975>
- Schmid, B., Coelho, L., Schulze, P. S., Pereira, H., Santos, T., Maia, I. B., ... & Varela, J. (2022). Antifungal properties of aqueous microalgal extracts. *Bioresource Technology Reports*, 18, 101096. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101096>
- Robles-Yerena, L., Rodríguez-Mendoza, J., Santoyo, G., Ochoa-Alvarado, X. I., Medina-Estrada, R. I., Jiménez-Mejía, R., & Loeza-Lara, P. D. (2022). Identificación filogenética de hongos aislados de frutas de fresa y papaya y su susceptibilidad a los ácidos grasos. *Revista Canadiense de Patología Vegetal*, 44(6), 828–835. <https://doi.org/10.1080/07060661.2022.2084457>
- Ron, M., Avni, A. (2004). El receptor del exilanasina inductor de etileno del exilano fúngico es miembro de una familia de genes similares a la resistencia en el tomate. *Plant Cell* 16 (6), 1604–1615. doi: 10.1105/tpc.022475
- Ordoñez-Beltrán, V., Frías-Moreno, M. N., Parra-Acosta, H., & Martínez-Tapia, M. E. (2019). Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. *Revista de toxicología*, 36(2), 148-153. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91967023011>
- Otálora, P., Guzmán, J. L., Ación, F. G., Berenguel, M., & Reul, A. (2021). *Microalgae classification based on machine learning techniques*. *Algal Research*, 55, 102256. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102256>

- Patlán, M. J. (2017). Tratamientos postcosecha con microondas en uvas para el control del moho *Botrytis cinerea*.
- Tipaz-Tipaz, E., Restrepo-Burgos, C., Solarte-Niquinas, P., Mena-Guerrero, N., (2019). Caracterización fitoquímica de las hojas de *Phytolacca americana* y determinación de su potencial antifúngico. *Informador Técnico*, 84(1), 18-34. <https://doi.org/10.23850/22565035.180>
- Venereo Gutiérrez, Justo R.. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126-133. Recuperado en 27 de diciembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es&tlng=es
- Vicente-Vicente, L., Prieto, M., & Morales, A. I. (2013). Eficacia y seguridad de la quercetina como complemento alimenticio. *Revista de Toxicología*, 30(2), 171-181.
- Wurms, K. V., Ah Chee, A., Wood, P. N., Taylor, J. T., Parry, F., Agnew, R. H., Hedderley, D., & Elmer, P. A. G. (2021). Lipid-Based Natural Food Extracts for Effective Control of Botrytis Bunch Rot and Powdery Mildew on Field-Grown Winegrapes in New Zealand. *Plants*, 10(3), 423. <https://doi.org/10.3390/plants10030423>
- Xu, X., Gu, X., Wang, Z., Shatner, W., & Wang, Z. (2019). Progress, challenges and solutions of research on photosynthetic carbon sequestration efficiency of microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110, 65-82. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.050>
- Yang, Y., Yang, X., Dong, Y., Qiu, D. (2018) La *botrytis cinerea* xilanas BcXyl1 modula la inmunidad de las plantas. *Frente. Microbiol.* 9, 2535. doi: 10.3389/fmicb.2018.02535
- Yu, Z., Hong, Y., Xie, K. y Fan, Q. (2022). Avances de la investigación sobre los beneficios fisiológicos y farmacológicos de las biomoléculas derivadas de las microalgas. *Alimentos*, 11(18), 2806. <https://doi.org/10.3390/foods11182806>
- Zhu, W., Ronen, M., Gur, Y., Minz-Dub, A., Masrati, G., Ben-Tal, N., et al. (2017). BcXYG1, una xiolglucanasa secretada de *Botrytis cinerea*, desencadena tanto la muerte celular como las respuestas inmunitarias de las plantas. *Planta Physiol.* 175 (1), 438-456. doi: 10.1104/pp.17.00375
- Zuccaro, G., Yousuf, A., Pollio, A., & Steyer, J. P. (2020). Microalgae cultivation systems. *Microalgae cultivation for biofuels production*, 11-29. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817536-1.00002-3>