



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

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

Itzel Tamara Brooks Norse¹

<https://orcid.org/0009-0000-9127-9163>

María Janitza Magallón Santamaría¹

<https://orcid.org/0009-0006-5447-0050>

Javier Amir Hurtado Yow²

<https://orcid.org/0000-0003-2662-8608>

¹Ministerio de Educación. Colón, Panamá.

²Universidad de Panamá. Centro Regional de Colón. Escuela de Biología

Autor correspondiente: javier.hurtado@up.ac.pa

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

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

Resumen

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

Palabras clave

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

Abstract

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

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

Keywords

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

Introducción

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

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

Materiales y Métodos

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

Área de estudio

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

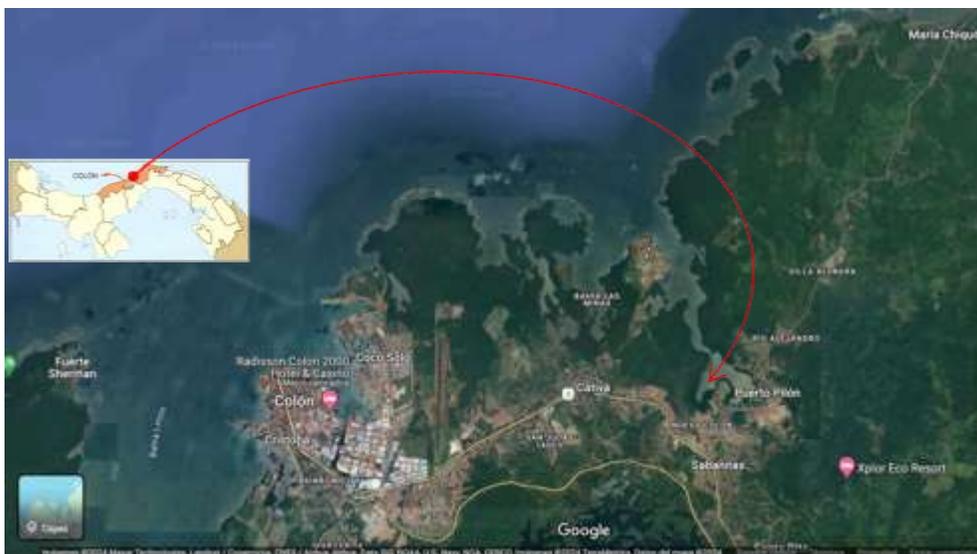


Figura 1. Imagen satelital de la zona de manglar de Bahía Las Minas, apuntando la Barriada Nuevo Colón, en la provincia de Colón, Panamá.

Trazado de escenarios por transecto imaginario

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

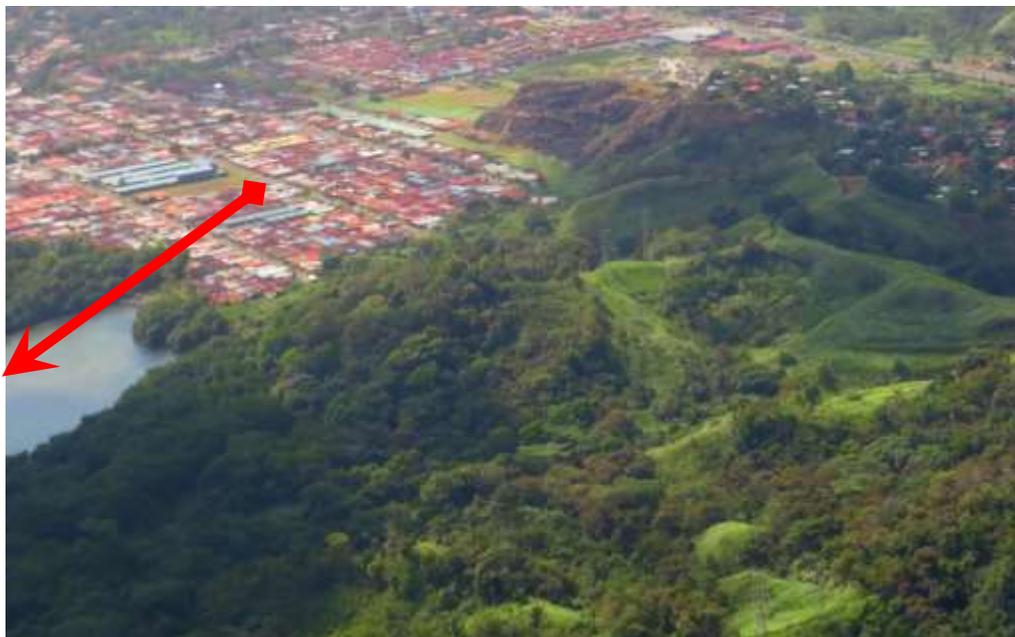


Figura 2.

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

Colecta de muestras de agua

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

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

Tabla 1.

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

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

Pruebas en laboratorio

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

Procedimiento para análisis bacteriológico del agua

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

Procedimiento para análisis fisicoquímico del agua

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

Resultados

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

Resultado de trazado de escenarios por transecto imaginario



Figura 3.

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



Figura 4.

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



Figura 5.

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



Figura 6.

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

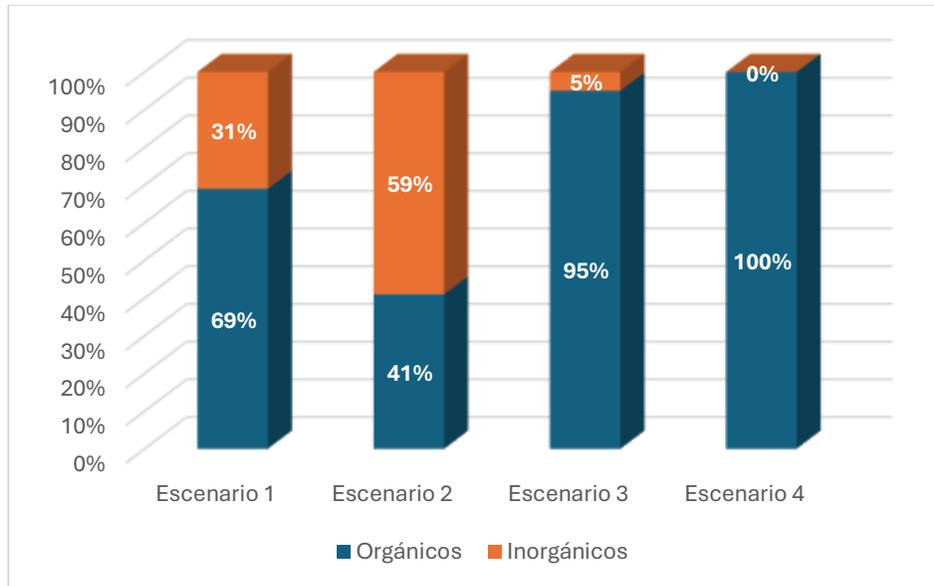


Figura 7.

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

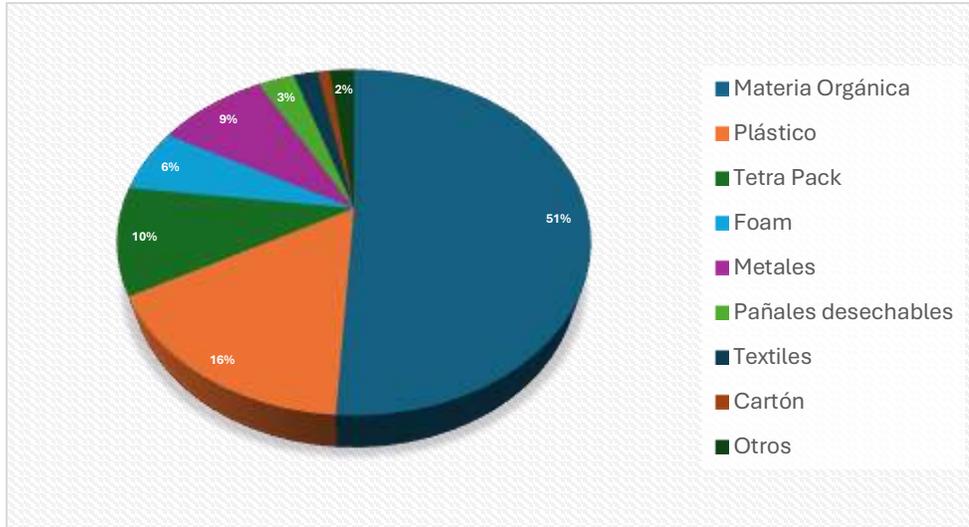
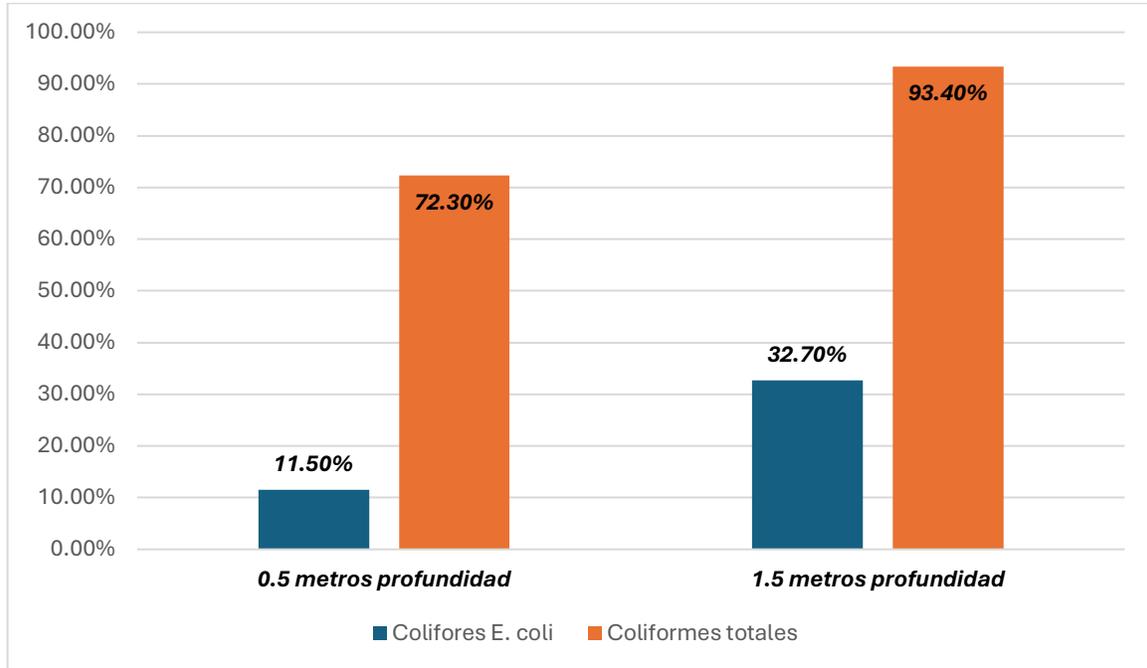


Figura 8.

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

Resultados de prueba bacteriológica

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



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

Figura 9.
Prueba bacteriológica (coliformes).

Resultados de prueba fisicoquímica

Tabla 2.

Resultados de los análisis fisicoquímicos

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

Discusión

Análisis de Gráfico de Escenario

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

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

Análisis de la prueba bacteriológica:

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

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

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

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

Análisis de la prueba fisicoquímica

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

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

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

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

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

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

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

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

Conclusiones

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

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

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

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

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

Referencias

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

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