



Universidad de Panamá
Facultad de Ciencias Naturales, Exacta y Tecnología
Escuela de Biología
Departamento de Microbiología y Parasitología

*Evaluación de la calidad microbiológica del agua en el río Mocambo, Panamá, en estación
lluviosa*

Presentando por:

Regina Caeli Deville

Thayna Mena

Trabajo de graduación presentado a la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura en Biología con orientación en Microbiología y Parasitología.

Panamá, República de Panamá

2025

Universidad de Panamá

Facultad de Ciencias Naturales, Exacta y Tecnología

Escuela de Biología

TÍTULO: Evaluación de la calidad microbiológica del agua en el río Mocambo, Panamá, en estación lluviosa.

AUTORES: Regina Caeli Deville 8 – 950 – 1212
 Thayna Michelle Mena 8 – 951 – 1454

ASESORES:

Mgtr. Rita Bethancourt

Asesor principal

Firma del Profesor

Mgtr. Ariadna Bethancourt

Asesor

Firma del Profesor

Mgtr. Carlos Guerra

Asesor

Firma del Profesor

DURACIÓN DEL MUESTREO: 5 meses

LOCALIDADES: Comunidad Patria Nueva, Kuna Nega y Parque Nacional Camino de Cruces
(camino de las antenas)

FECHA: junio-octubre del 2024

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, quien ha sido mi faro en este largo camino. Aunque esta no fue mi primera opción, su guía me ayudó a encontrar mi verdadera pasión. Le agradezco profundamente por el don de la vida y la oportunidad de aprender y crecer a lo largo de estos años de estudio. Su mano invisible ha estado presente en cada decisión, llevándome a este momento que hoy celebro.

A mis padres, que han sido los cimientos de mi vida. Su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso cuando las circunstancias parecían difíciles. Ellos me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia, y me ayudaron a encontrar el propósito en este camino que inicialmente no parecía ser el mío. Gracias por creer en mí cuando yo dudaba y por estar siempre a mi lado, celebrando cada pequeño logro y brindándome consuelo en los momentos de incertidumbre.

A mi hermana mayor, le agradezco su apoyo, por estar siempre dispuesta ayudarme en mis proyectos y ofrecerme sus valiosos consejos.

Finalmente, dedico este trabajo a la Virgen María, a quien he confiado cada paso de este proceso. Su intercesión en mis oraciones me ha dado fuerza y esperanza en los momentos más difíciles.

Con todo mi amor y gratitud, les dedico esta tesis, fruto de años de esfuerzo, fe y amor compartido. Este logro es tanto de ustedes como mío, y siempre llevaré en mi corazón todo lo que hemos vivido juntos en este camino.

-Regina Caeli Deville

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico este trabajo a mi madre, cuyo amor y sabiduría ha sido mi guía constante, siempre creyendo en mí y brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por estar siempre presente, animándome y brindando todo su amor. A ella, mi primera maestra y mi más ferviente admiradora, debo gran parte de mis logros. Una mujer fuerte, inteligente, que da siempre hasta el último aliento por el bienestar de sus hijos, siempre motivándome a ser una mejor persona, cuidando de mí y guiándome en los momentos más difíciles y mi mayor aliada en los buenos, sin ti nada de esto hubiera sido posible.

A mis hermanos por ser mis cómplices de aventuras, por siempre creer en mí y estar a mi lado en cada paso del camino, por apoyarme en las interminables noches de estudio, por su inteligencia, sentido del humor y creatividad, dejándome ser un ejemplo para ellos, quienes, con su optimismo y energía, siempre me han motivado a alcanzar mis metas.

-Thayna Mena

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Proyecto Alianza Panameña de la Torre de Observación de Carbono (PANACOTA), cuyo apoyo financiero hizo posible la realización de esta tesis. Su respaldo no solo permitió que este trabajo viera la luz, sino que también nos dio la confianza necesaria para explorar y desarrollar nuestra pasión por la investigación científica. Cada avance logrado, cada descubrimiento y cada obstáculo superado, fueron posibles gracias a su generosa contribución y al apoyo constante que nos brindaron.

Al director de este proyecto Profesor Carlos P. Guerra, nuestra más profunda gratitud por su inquebrantable dedicación y compromiso. Su atención minuciosa a cada detalle, su disposición para escuchar nuestras inquietudes, y su orientación en los momentos de duda fueron invaluable. Su liderazgo no solo nos guió en la dirección correcta, sino que también nos inspiró a mantenernos firmes y perseverantes en este camino.

A nuestros asesores, Magister Rita Bethancourt, Magister Ariadna Betancourt y Magister Carlos Guerra quienes fueron un pilar fundamental a lo largo de todo este proceso, les extendemos nuestros más sinceros agradecimientos por su paciencia, sabiduría y apoyo incondicional. Sus observaciones críticas y su compromiso con nuestra formación no solo nos ayudaron a crecer como investigadoras, sino que también elevaron este trabajo a un nivel que jamás habríamos imaginado alcanzar.

Nuestra gratitud se extiende a todos los profesores que nos acompañaron durante nuestra carrera. Cada uno de ellos dejó una marca imborrable en nuestra formación, brindándonos las herramientas y el conocimiento necesarios para enfrentar este desafío con seguridad y determinación.

En especial, queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Alex O. Martínez, quien nos permitió utilizar las instalaciones del Laboratorio de Microbiología de Aguas (LAMA) para el desarrollo de algunas secciones de nuestra investigación. Su generosidad y disposición para ayudarnos en cada momento fueron cruciales para el éxito de este proyecto.

También, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento al profesor Juan Jaén, del Grupo de Investigación de Materiales del Laboratorio Mössbauer y de Rayos X, por su invaluable apoyo en la realización de este proyecto. Su disposición y compromiso al llevar a cabo los estudios de metales con las muestras proporcionadas por nosotras fueron complementario para el desarrollo de esta investigación. Su conocimiento y esfuerzo fueron claves para alcanzar los objetivos de esta tesis.

A la Dirección Nacional de la Policía Ambiental, Rural y Turística (DINAPART) nuestro más sincero agradecimiento por brindarnos unidades para que nos acompañaran y velaran por nuestra seguridad en las jornadas de muestreo. Su presencia no solo nos proporcionó tranquilidad, sino que también nos permitió concentrarnos plenamente en nuestro trabajo, con la certeza de que estábamos en buenas manos. Su compromiso con la protección del ambiente es verdaderamente admirable, y su apoyo hizo que cada día en el campo fuera seguro y productivo.

Finalmente, al Señor Roberto Lucero conductor, asignado por la Universidad de Panamá, nuestro más sincero agradecimiento por estar siempre dispuesto a llevarnos a los sitios de muestreo, asegurándose de que contáramos con un transporte seguro. Su preocupación por nuestro bienestar y su disposición para ayudarnos en todo momento fueron un verdadero ejemplo de generosidad y amabilidad. Sin su colaboración, muchos de los logros de esta tesis no habrían sido posibles.

A todas las personas y amigos que de una u otra manera colaboraron para la realización de esta meta.

A todos ustedes, gracias de corazón. Este trabajo es el fruto de un esfuerzo colectivo, y cada uno de ustedes ha sido esencial para su realización.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos	V
Índice general.....	VII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	XI
Resumen.....	12
Abstract	13
Introducción	14
Objetivos	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos	17
Hipótesis	17
CAPÍTULO I.	18
Revisión bibliográfica.....	18
1.1. Generalidades del agua superficial	19
1.2. Problemática de la contaminación de las aguas	19
1.3. Normativas de la calidad de agua y protección del recurso hídrico	21
1.4. Evaluación de la calidad del agua	23
1.5. Taxonomía de los coliformes.....	23
1.5.1. Características generales de los coliformes	24
1.5.2. Coliformes totales	24
1.5.3. Coliformes fecales o termotolerantes.....	25
1.5.4. Escherichia coli: especie clave del grupo coliforme	25
1.5.5. Los coliformes como indicadores microbiológicos	26
1.6. Factores físicoquímicos que influyen en la viabilidad de los indicadores	26
1.6.1. pH.....	27

1.6.2. Temperatura	27
1.6.3. Turbidez	27
1.6.4. Oxígeno disuelto	27
1.6.5. Elementos esenciales	27
CAPÍTULO II	29
Metodología	29
2.1. Área de estudio.....	30
2.1.1. Ubicación geográfica de las comunidades cercanas al río Mocambo.....	30
2.1.2. Características ecológicas del área de estudio	32
2.1.4. Comunidad de Kuna Nega	34
3.1. Recolección y preparación de muestras	35
3.1.1. Prueba microbiológica	37
3.1.2. Procesamiento de muestras	38
Mes de junio.....	38
Mes de julio.....	39
3.2.1. Metales	41
CAPÍTULO III.....	43
Resultados	43
Discusión.....	63
CAPÍTULO IV	68
Conclusiones	69
Recomendaciones	71
Referencias bibliográficas.....	72
Anexos	87
Norma COPANIT 35-2019.....	87
Tabla de NMP (IDEXX Laboratories, 2015).	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.	31
Figura 2. Cuencas hidrográficas de la República de Panamá, por vertiente (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2020).	33
Figura 3. Tipo de vivienda en la zona de estudio (Pérez, 2017).	35
Figura 4. Bomba de extracción de agua en el tramo alto.	35
Figura 5. Medición de pH	36
Figura 6. Análisis en campo de parámetros fisicoquímicos.	36
Figura 7. Muestreo de aguas en río Mocambo.	37
Figura 8. Patrones de comparación de resultados para el metodo Colilert.	38
Figura 9. Área e insumos para la preparación de las muestras.	38
Figura 10. Selladora Quanti-Tray/2000®.	40
Figura 11. Molde de silicona para el sellado de las bandejas.	40
Figura 12. Bandeja de pocillos del sistema Quanti-Tray/2000®.	41
Figura 13. Lámpara UV BLAK-RAY®.	41
Figura 14. Muestreo para el análisis de metales.	42
Figura 15. Equipo Epsilon 4 de PANalytical usado para el análisis de metales.	42
Figura 16. Comparación de los parámetros físico-químicos en el tramo alto del río Mocambo.	44
Figura 17. Comparación de los parámetros físico-químicos en el tramo medio del río Mocambo.	45
Figura 18. Comparación de los parámetros físico-químicos en el tramo bajo del río Mocambo.	46
Figura 19. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos (Temperatura y pH) por tramo en el río Mocambo.	47
Figura 20. Comparación de concentraciones de elementos detectados con los límites permitidos según la norma COPANIT	48
Figura 21. Contaminación por coliformes totales (NMP) en el tramo alto del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.	50
Figura 22. Contaminación por coliformes totales (NMP) en el tramo medio del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.	51

Figura 23. Contaminación por coliformes totales (NMP) en el tramo bajo del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.....	52
Figura 24. Contaminación por NMP (coliformes totales) y normas COPANIT, por tramo en el río Mocambo	53
Figura 25. Contaminación por <i>E. coli</i> (NMP) en el tramo alto del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.....	55
Figura 26. Contaminación por <i>E. coli</i> (NMP) en el tramo medio del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.....	56
Figura 27. Contaminación por <i>E. coli</i> (NMP) en el tramo bajo del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.....	57
Figura 28. Contaminación por NMP <i>Escherichia coli</i> , por tramo en el río Mocambo.	58
Figura 29. Contaminación de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> (NMP) en el tramo alto del río Mocambo.	59
Figura 30. Contaminación de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> (NMP) en el tramo medio del río Mocambo.	59
Figura 31. Contaminación de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> (NMP) en el tramo bajo del río Mocambo.	60
Figura 32. Valores promedio por contaminación de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> (NMP) por tramo en el río Mocambo.....	60
Figura 33. Utilización del río para aseo personal.	61
Figura 34. Lavado de ropa en el río.	61
Figura 35. Contaminación por excretas de origen no identificado.	61
Figura 36. Presencia de pañales desechables en el tramo alto.	61
Figura 37. Vertido de aguas residenciales directamente al río.	61
Figura 38. Utilización local de las aguas del río para necesidades.....	62
Figura 39. Contaminación de las aguas por excretas animales.....	62
Figura 40. Lixiviado proveniente del vertedero de Cerro Patacón que drena directamente al río Mocambo (Díaz, 2021).	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores COPANIT 35-2019 permisibles de descargas de efluentes a cuerpos receptores.	22
Tabla 2. Casos reportados de enfermedades hidroalimentarias	23
Tabla 3. Localización y características geográficas de los sitios de muestreo.	31
Tabla 4. Distribución de la población en los sitios de muestreo.....	32
Tablas 5. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tramo alto.....	44
Tablas 6. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tramo medio.....	45
Tablas 7. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tramo bajo.....	46
Tabla 8. Concentración de metales encontrados.....	47
Tabla 9. Valores de coliformes totales en las muestras del río Mocambo, tramo alto.	49
Tabla 10. Valores de coliformes totales en las muestras del río Mocambo, tramo medio.....	50
Tabla 11. Valores de coliformes totales en las muestras del río Mocambo, tramo bajo.....	51
Tabla 12. Valores determinados para <i>Escherichia coli</i> en el río Mocambo, tramo alto.....	54
Tabla 13. Valores determinados para <i>Escherichia coli</i> en el río Mocambo, tramo medio.....	55
Tabla 14. Valores determinados para <i>Escherichia coli</i> en el río Mocambo, tramo bajo.	56

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad microbiológica del agua del río Mocambo. La elección de este río se fundamenta en su relevancia ecológica, por encontrarse parcialmente dentro del Parque Nacional Camino de Cruces, y social, al atravesar zonas pobladas donde las comunidades aledañas lo utilizan para actividades domésticas, recreativas y, en algunos casos, de subsistencia. A pesar de su importancia, el río Mocambo ha sido escasamente monitoreado, lo que subraya la necesidad de generar información actualizada que sustente estrategias de gestión y conservación.

Para el análisis se empleó el método Colilert® con tecnología Quanti-Tray/2 000® (IDEXX, 2008), basada en la actividad enzimática de coliformes totales y *Escherichia coli*, lo cual permitió una detección y cuantificación precisa de estos indicadores microbiológicos en un período de 24 horas. Los resultados fueron comparados con los límites establecidos por las normas COPANIT, con el propósito de determinar el nivel de contaminación.

Los análisis mostraron concentraciones elevadas de coliformes en los tres puntos muestreados, superando los valores permitidos por la normativa nacional. Estos hallazgos confirman que la calidad microbiológica del río Mocambo representa un riesgo para las comunidades que hacen uso de sus aguas. Se recomienda la implementación urgente de acciones correctivas, tales como proyectos de saneamiento, programas de educación ambiental y monitoreos periódicos, con el fin de reducir la contaminación, preservar la biodiversidad del ecosistema fluvial y proteger la salud de las poblaciones humanas dependientes de este recurso.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the microbiological water quality of the Mocambo River. The choice of this river was based on its ecological relevance, as it is partially within the Camino de Cruces National Park, and its social relevance, as it flows through populated areas where the surrounding communities use it for domestic, recreational and, in some cases, subsistence activities. Despite its importance, the Mocambo River has been scarcely monitored, which underscores the need to generate updated information to support management and conservation strategies.

For the analysis, the Colilert® methodology was used with Quanti-Tray/2000® technology (IDEXX, 2008), based on the enzymatic activity of total coliforms and *Escherichia coli*, which allowed precise detection and quantification of these microbiological indicators in a 24-hour period. The results were compared with the limits established by COPANIT standards to determine the level of contamination.

The analyses showed high concentrations of coliforms at the three points sampled, exceeding the values allowed by national regulations. These findings confirm that the microbiological quality of the Mocambo River represents a risk for the communities that use its waters. We recommend the urgent implementation of corrective actions, such as sanitation projects, environmental education programs, and periodic monitoring, in order to reduce contamination, preserve the biodiversity of the river ecosystem, and protect the health of the human populations that depend on this resource

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial e insustituible para la vida en la Tierra. Representa un componente clave en los procesos ecológicos, fisiológicos y socioeconómicos que sostienen el equilibrio del planeta (Lopez, 2025). Desde una perspectiva ambiental, el agua participa activamente en el ciclo hidrológico, regula el clima, permite la fotosíntesis, el transporte de nutrientes y la reproducción de múltiples especies (Usma & Betancur, 2025). En el ámbito social y económico, constituye la base del desarrollo humano: es vital para el consumo, la agricultura, la generación de energía, la higiene y la industria (Rojas & Pérez, 2024). No obstante, a pesar de su relevancia, la calidad y disponibilidad de este recurso se ven cada vez más amenazadas por el crecimiento poblacional, la expansión urbana, el cambio climático y la contaminación de fuentes hídricas (Guailla, 2025). En este contexto, los ríos desempeñan un papel central como sistemas fluviales que interconectan ecosistemas, transportan sedimentos y abastecen de agua dulce a millones de personas en todo el mundo (Guevara *et. al.*, 2025). También son refugio de biodiversidad y sostienen actividades esenciales para las comunidades humanas, como el abastecimiento doméstico, la pesca, la recreación y la agricultura (Salvioli, 2024). Sin embargo, los ríos enfrentan una presión creciente debido a múltiples factores como la deforestación, la urbanización no planificada, la disposición inadecuada de residuos y el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento, lo que conlleva una degradación progresiva de su calidad (Carrillo, 2023). Esta situación es especialmente crítica en regiones tropicales, donde las condiciones climáticas favorecen una rápida dispersión de contaminantes y donde muchas cuencas carecen de monitoreo y gestión adecuados (Ascencio, 2008).

Una de las principales amenazas que enfrentan los ríos en todo el mundo es la contaminación microbiológica, causada por el ingreso de materia orgánica, aguas residuales y desechos sólidos que introducen patógenos en los cuerpos de agua. La detección de bacterias como *Escherichia coli* y los coliformes totales constituye un indicador microbiológico fundamental de contaminación fecal. Su presencia en cuerpos de agua sugiere un potencial riesgo para la salud humana, especialmente si dichas aguas son utilizadas para consumo sin un tratamiento adecuado. (González, 2024). Según la OMS (2003), se estima que más de 2 mil millones de personas consumen agua contaminada con materia fecal, lo cual incrementa la incidencia de enfermedades

gastrointestinales, diarreas, fiebre tifoidea, cólera y otras infecciones. A nivel de las fuentes de contaminación, se reconocen principalmente dos tipos contaminación puntual y difusa. La contaminación de origen puntual es aquella que proviene de fuentes específicas y fácilmente identificables, como los vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales o municipales, así como lixiviados de vertederos y efluentes con alta carga orgánica de actividades ganaderas o mineras (Vergara & Gutiérrez, 2025). Por ejemplo, los lixiviados provenientes de botaderos o vertederos no controlados pueden contener una mezcla compleja de compuestos orgánicos, metales pesados y microorganismos patógenos que, al ingresar a los cuerpos de agua, alteran significativamente su calidad. Esta contaminación puede ser abordada mediante soluciones estructurales, aunque su implementación puede verse limitada por factores económicos (Soto, 2023; Saavedra, 2021). En contraste, la contaminación difusa proviene de múltiples fuentes dispersas y es más difícil de controlar. Está relacionada principalmente con la escorrentía agrícola que arrastra biocidas, fertilizantes, bacterias en suspensión y sedimentos, contaminando ríos y quebradas sin que sea posible identificar un único punto de origen (Morales, 2022). Para este tipo de contaminación, se requieren estrategias de concientización, regulación del uso de agroquímicos y restauración ecológica de las zonas de recarga hídrica (Ramírez *et al.*, 2025).

Estudios realizados en cuerpos de agua cercanos a vertederos han evidenciado cómo esta combinación de factores impacta negativamente la calidad de los ríos. En el caso del río Puyo, Ecuador, por ejemplo, se identificaron múltiples elementos contaminantes como acumulaciones de desechos sólidos a lo largo de sus riberas debido al mal estado de los contenedores, además de conexiones directas de tuberías al cauce del río, que contribuyen al deterioro del ecosistema fluvial. Estos hallazgos resaltan la importancia de realizar evaluaciones sistemáticas para comprender la dinámica de la contaminación y proponer medidas de mitigación efectivas (Macías & Toro, 2025).

En el contexto panameño, aunque existen cuencas bien monitoreadas con niveles aceptables de calidad, como las evaluadas por la Autoridad del Canal de Panamá, también hay otras cuencas con menor supervisión, especialmente en áreas urbanas y periurbanas. Según el informe del Índice de Calidad de Agua de la ACP (2022), el 93 % de los valores obtenidos reflejaron una calidad de agua entre buena y excelente; el 7 % correspondió a calidad media y no se reportaron valores en categorías mala o muy mala. El estudio destacó niveles muy bajos o indetectables de materia

orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes como ortofosfatos. El conteo de *E. coli* fue menor a 10 NMP/100 mL en el 31 % de las muestras, lo que indica un manejo eficaz en las zonas bajo jurisdicción del Canal (embalses Alhajuela, Gatun, tramo medio del río Chagres y subcuencas prioritarias). Sin embargo, esta situación contrasta con cuencas ubicadas fuera de esta jurisdicción, donde la presión humana y la falta de políticas efectivas deterioran significativamente la calidad del recurso.

Frente a estos desafíos, Panamá adoptó la Ley N° 44 del 5 de agosto de 2002, que establece un régimen especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas, y legaliza la creación de los Comités de Cuencas como mecanismos de participación multisectorial y gestión local. Esta normativa promueve un enfoque integral y sostenible para proteger los recursos hídricos, aunque su implementación enfrenta obstáculos relacionados con la coordinación institucional, financiamiento y participación comunitaria (Ministerio de Ambiente, 2002).

El río Mocambo, localizado entre los corregimientos de Ancón y Las Cumbres, constituye un caso relevante para el análisis ambiental. Este curso de agua atraviesa sectores urbanos, comunidades con acceso limitado a servicios básicos y áreas de alto valor ecológico, como el Parque Nacional Camino de Cruces (IGNTG, 2016). A pesar de su ubicación e importancia que tiene tanto ecológica como social, ha sido históricamente relegado en los programas de monitoreo y evaluación de calidad hídrica. Su utilización por parte de las poblaciones circundantes para actividades domésticas, recreativas e incluso de subsistencia lo convierte en un recurso especialmente vulnerable y prioritario para la investigación científica. La evaluación de su calidad microbiológica, desarrollada en el presente estudio, permitirá generar información clave que sirva como base para el diseño de estrategias de mitigación, programas de saneamiento, políticas públicas fundamentadas en evidencia y campañas de educación ambiental orientadas a la conservación y uso sostenible del recurso. Este trabajo busca no solo fortalecer el conocimiento técnico sobre este ecosistema fluvial, sino también contribuir a la protección del recurso hídrico, asegurando su disponibilidad y seguridad para las generaciones actuales y futuras.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar de la calidad microbiológica del agua en el río Mocambo, en tres tramos diferentes durante la estación lluviosa de 2024.

Objetivos específicos

- Realizar la toma de muestra y determinar *in situ* los parámetros físico-químicos (temperatura y pH).
- Determinar cuantitativamente la proporción de coliformes totales y *Escherichia coli* empleando la técnica de Quanti-Tray en el río Mocambo en el tramo alto, medio y bajo.
- Establecer, a través de la comparación gráfica de los datos obtenidos, el área del río con mayor concentración de coliformes.
- Determinar la presencia de metales mediante la técnica de fluorescencia de rayos X.

HIPÓTESIS

- Hipótesis nula: la calidad microbiológica del agua del río Mocambo no cumple con los parámetros establecidos por la norma COPANIT para aguas superficiales.
- Hipótesis alternativa: la calidad microbiológica del agua del río Mocambo cumple con los parámetros establecidos por la norma COPANIT para aguas superficiales.

CAPÍTULO I.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades del agua superficial

El agua superficial es aquella que se encuentra sobre la superficie terrestre en forma de ríos, lagos, lagunas, embalses, arroyos y humedales (Justo, 2025). Estos cuerpos de agua constituyen una parte fundamental del ciclo hidrológico y cumplen múltiples funciones ecológicas, económicas y sociales (Guevara *et al.*, 2025). Además de ser fuente directa para el consumo humano, el riego agrícola, la recreación y la generación de energía, las aguas superficiales son el hábitat de una gran variedad de especies acuáticas y terrestres, desempeñando un rol esencial en el equilibrio de los ecosistemas (Tapia & Velasquez, 2024).

Su calidad es mucho más vulnerable a la contaminación de origen antrópico, ya que está directamente expuesta a las descargas de aguas residuales, escorrentías agrícolas cargadas de fertilizantes y pesticidas, vertidos industriales, residuos sólidos y otros contaminantes urbanos (Díaz *et al.*, 2024). Uno de los principales desafíos de la gestión del agua superficial es su variabilidad tanto en cantidad como en calidad (Martínez *et al.*, 2019). Factores climáticos como las lluvias estacionales, así como eventos extremos como sequías o inundaciones, afectan la disponibilidad de este recurso. A ello se suma el deterioro de la calidad del agua debido al crecimiento urbano no planificado, la deficiente infraestructura de saneamiento y la falta de políticas de control efectivas (Méndez *et al.*, 2024; Guerrero & Ccallo, 2024).

1.2. Problemática de la contaminación de las aguas

A nivel global, la contaminación del agua se ha convertido en un problema grave, causado en gran parte por los vertidos urbanos e industriales (Sánchez & Acosta, 2024). Se estima que aproximadamente el 72 % de los lagos, humedales y cuerpos de agua presentan niveles preocupantes de contaminación, lo que contribuye significativamente a la propagación de enfermedades infecciosas (Becerra & Cárdenas, 2023). A esto se suma el incremento de las actividades agrícolas intensivas, la deforestación y el cambio climático, que han alterado drásticamente los patrones de escorrentía y han intensificado el arrastre de contaminantes hacia las fuentes hídricas (Guevara *et al.*, 2025). En zonas ribereñas, la precariedad habitacional, el hacinamiento y la carencia de servicios básicos agravan esta problemática, con impactos directos sobre la salud pública (Brain *et al.*, 2010). Asimismo, la limitada cobertura de sistemas de saneamiento y el uso indiscriminado de productos químicos en distintas industrias siguen

deteriorando la calidad del agua en muchos países, especialmente aquellos con menor capacidad de fiscalización ambiental (Hernández, 2025).

En América Latina y el Caribe, esta situación se ve intensificada por el crecimiento poblacional descontrolado y la falta de políticas eficaces para la conservación del recurso hídrico. Muchas fuentes de agua han sido convertidas en vertederos de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento previo, lo que representa una de las principales fuentes de contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Condor & Moreano, 2024; Alzate, 2025). Se estima que alrededor del 70 % de las aguas residuales en la región se vierten directamente en cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Esta realidad ha deteriorado significativamente la salud de ríos emblemáticos como el río Bogotá en Colombia, el río Rímac en Perú y el río Reconquista en Argentina, todos altamente contaminados (Taípe & Paucar, 2024; Ediciones & Carrasquero, 2024; Huayta & Condori, 2024; Virdó, 2024). Además, el uso extensivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, sumado a la minería informal y los vertidos clandestinos, ha contribuido a la eutrofización de lagos y embalses, generando zonas muertas y pérdida de biodiversidad acuática (Murillo & Murcia, 2024).

En América Central, la contaminación del agua adquiere características particulares debido a la vulnerabilidad social y ambiental de la región (Winchester, 2006). Países como Honduras, El Salvador, Guatemala y Nicaragua enfrentan serias dificultades para implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales, tanto en áreas urbanas como rurales (García, 2024). En muchas comunidades, los residuos líquidos se vierten directamente a quebradas, ríos y lagunas, lo que ha producido una degradación progresiva de estos ecosistemas (Guerrero & Ccallo, 2024). La contaminación por residuos sólidos también es alarmante, especialmente en zonas costeras y urbanas donde los sistemas de recolección son insuficientes (Huatangari, 2024). Además, la escasa fiscalización ambiental, la deficiente educación ambiental y el limitado acceso a tecnologías limpias agravan el panorama. La situación se ve aún más comprometida por el cambio climático, que ha alterado los patrones de precipitación y ha intensificado los periodos de sequía, reduciendo la capacidad de dilución natural de los contaminantes en las fuentes de agua (Deker & Vera, 2024; Encalada & Mogrovejo, 2024).

1.3. Normativas de la calidad de agua y protección del recurso hídrico

El monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos suele realizarse mediante el análisis de bacterias indicadoras de contaminación fecal, siendo los coliformes uno de los grupos más utilizados por su facilidad de detección, rapidez y bajo costo (Pullés, 2014). Su presencia permite inferir la existencia de contaminación por excretas humanas o animales, lo cual representa un riesgo potencial para la salud pública. En el ámbito internacional, diversas organizaciones han establecido directrices para asegurar la calidad y sostenibilidad del recurso hídrico. La Organización Mundial de la Salud (OMS) proporciona parámetros globales sobre los niveles aceptables de contaminantes. La Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (2000/60/CE) plantea objetivos para alcanzar un buen estado ecológico y químico de las aguas. Por su parte, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) establece regulaciones estrictas para salvaguardar tanto la salud pública como los ecosistemas acuáticos (Gómez & García, 2021–2022; Bielik *et al.*, 2014; Pinos *et al.*, 2012).

En Panamá, la legislación en materia ambiental y sanitaria establece parámetros específicos para evaluar la calidad del agua y regular las descargas de aguas residuales. La Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas (COPANIT) es la entidad responsable de establecer los estándares técnicos relacionados con la calidad del agua. Estas normas, alineadas con las recomendaciones internacionales y adaptadas al entorno local, son ejecutadas por el Ministerio de Salud (MINSA) y el Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE), instituciones que también desarrollan iniciativas de concienciación ambiental y participación ciudadana (Rovira *et al.*, 2018). Normas como la COPANIT 35-2019 y la COPANIT 35-395-99, definen límites permisibles para diversos contaminantes y exigen el tratamiento previo de los efluentes antes de su vertido en cuerpos de agua. No obstante, la implementación y el cumplimiento efectivo de estas disposiciones presentan desafíos significativos, especialmente en áreas periurbanas y comunidades sin acceso a sistemas adecuados de saneamiento, donde los vertidos domésticos no tratados son aún frecuentes (Bustos & Palomeque, 2025).

Las principales normativas nacionales que regulan la calidad del agua en Panamá destacan:

- COPANIT 21-393-99: Define la metodología para obtener muestras representativas de agua y evaluar sus propiedades químicas y radiológicas.

- COPANIT 35-395-99: Especifica los requisitos de calidad para el agua potable, incluyendo límites para microorganismos patógenos, residuos de desinfectantes, sustancias químicas y características físicas como color, olor y sabor. Esta norma se basa en las recomendaciones de la OMS, adaptadas al contexto panameño (Ministerio de Comercio e Industrias Panamá, 2021).
- COPANIT 35-2019: Regula los requisitos de calidad para las descargas de efluentes líquidos en cuerpos y masas de agua continentales y marinas, incluyendo superficiales y subterráneas, particularmente aquellas de origen antropogénico (ver tabla 1).

Tabla 1. Valores COPANIT 35-2019 permisibles de descargas de efluentes a cuerpos receptores.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permitido
Coliformes totales	NMP/100 mL	1 000 NPM/100 mL
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	250 NPM/100 mL
pH	Unidad	5.5-9.0
Temperatura	°C	± 3° C de la T.N.

NMP= número más probable de coliformes totales
T.N. = Temperatura Normal del sitio.

Un caso crítico en el cumplimiento de estas normas es el del río Mocambo, donde se han registrado niveles de coliformes fecales que superan ampliamente el límite establecido por la norma COPANIT 35, alcanzando valores de hasta 34 480 NPM/100 mL (Díaz, 2021). Esta situación evidencia la necesidad urgente de fortalecer la fiscalización y aplicación efectiva de las normativas ambientales, así como de implementar estrategias integrales para mitigar los impactos de la contaminación hídrica.

La protección de los recursos hídricos requiere no solo de marcos normativos robustos, sino también de mecanismos de fiscalización eficaces, fortalecimiento institucional y estrategias de educación ambiental (Vasquez del Castillo, 2024). La participación comunitaria, la promoción de prácticas sostenibles y la inversión en infraestructura de saneamiento son elementos clave para garantizar la calidad y disponibilidad del agua a largo plazo (Cruz & Montañez, 2024). En el caso de Panamá, la necesidad de una gestión integral y preventiva de los recursos hídricos se ve

acentuada por la ocurrencia de enfermedades de origen hídrico asociadas a la deficiente calidad del agua (Peña, 2016). En distintas regiones del país, especialmente en zonas periurbanas y rurales con acceso limitado a servicios de saneamiento, se han reportado brotes de enfermedades gastrointestinales como diarrea aguda, fiebre tifoidea, hepatitis A y parasitosis intestinales, las cuales están estrechamente vinculadas al consumo de agua contaminada o al contacto con aguas servidas. Según informes del Ministerio de Salud, la diarrea aguda sigue siendo una de las principales causas de consulta en centros de atención primaria, especialmente entre niños menores de cinco años, quienes constituyen la población más vulnerable ante este tipo de infecciones (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2020).

Tabla 2. Casos reportados de enfermedades hidroalimentarias

Provincia y tipo	2016		2017		2018		2019		2020 (P)	
	Casos	Tasas (1)	Casos	Tasas (1)	Casos	Tasas (1)	Casos	Tasas (1)	Casos	Tasas (1)
Panamá	102,916	6,665	104,184	6,628	98,798	6,178	103,184	6,344	34,945	2,110
Amibiasis	1,105	72	1,002	64	1,404	88	1,678	103	511	31
Diarrea	101,261	6,558	102,648	6,531	96,923	6,061	100,992	6,210	34,144	2,061
Intoxicación alimentaria	490	32	486	31	414	26	465	29	275	17
Salmonelosis	43	3	38	2	28	2	23	1	15	1
Shigelosis	17	1	10	1	29	2	26	2	-	-

1.4. Evaluación de la calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua es esencial para garantizar su uso seguro. Este proceso implica el análisis de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos como el pH, el oxígeno disuelto y la presencia de bacterias coliformes, estas últimas consideradas indicadores clave de contaminación fecal (Asano & Levine, 1996; Pandey *et al.*, 2014). El agua contaminada representa un grave riesgo para la salud humana, siendo responsable de enfermedades infecciosas e incluso de muertes, especialmente en poblaciones vulnerables (Mexicano, 2008; PAHO, 2003). Según la OMS, el agua deja de ser apta para consumo cuando sus propiedades físicas, químicas o biológicas se alteran más allá de los límites seguros (Organización Mundial de la Salud, 1995; Romero *et al.*, 2009).

1.5. Taxonomía de los coliformes

Los coliformes no constituyen un grupo taxonómico formal, sino que representan una clasificación funcional basada en características bioquímicas y fisiológicas comunes. Estos microorganismos comparten la capacidad de fermentar lactosa con producción de ácido y gas bajo condiciones

específicas de cultivo, por lo que se agrupan operacionalmente como indicadores microbiológicos (Chávez & Reinos, 2011). En cuanto a su clasificación filogenética, pertenecen al dominio Bacteria, filo Proteobacteria, clase Gammaproteobacteria, orden Enterobacterales y familia Enterobacteriaceae. Dentro de esta familia se incluyen géneros relevantes como *Escherichia spp.*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.* y *Citrobacter spp.* (Mora-Alvarado, 2024), que cumplen los criterios necesarios para ser considerados coliformes en estudios de calidad microbiológica del agua.

El término coliforme deriva del hallazgo de *Escherichia coli*, descubierta por Theodor Escherich en 1860, quien la nombró inicialmente *Bacterium coli* en referencia a su localización en el colon. Más tarde, se rebautizó como *Escherichia* en honor a su descubridor (Pequenoa *et al.*, 2024).

1.5.1. Características generales de los coliformes

Los coliformes son bacilos Gram negativos, no esporulados, anaerobios facultativos, y están capacitados para fermentar lactosa con producción de ácido y gas en un periodo de 24 a 48 horas (Vegas, 2025). Esta fermentación puede observarse en medios de cultivo diferenciales como el caldo lactosado o el medio EMB (Caycedo *et. al.*, 2021). Estas bacterias tienen una amplia distribución en el ambiente, y aunque muchas especies son comensales del intestino de animales de sangre caliente, también pueden hallarse en suelos, aguas, vegetación y superficies contaminadas (Chuilla, 2022). Debido a esta dualidad de origen ambiental e intestinal se distinguen dos grandes categorías los coliformes totales y los coliformes fecales o termotolerantes (Camargo, 2022).

1.5.2. Coliformes totales

Los coliformes totales comprenden un grupo amplio que incluye todas las especies que cumplen con las características bioquímicas mencionadas y que pueden desarrollarse a temperaturas entre 35 y 37 °C (Galvis *et. al.*, 2013). No necesariamente tienen un origen fecal, ya que muchas especies de este grupo habitan en el ambiente sin estar asociadas a excretas humanas o animales (Ríos-Tobón *et. al.*, 2017). No obstante, representan aproximadamente el 10 % de la microbiota intestinal de animales de sangre caliente, incluyendo a los seres humanos (Camacho *et al.*, 2009). La detección de coliformes totales en cuerpos de agua, especialmente en aguas ya tratadas, puede

sugerir una contaminación secundaria o deficiencias en los procesos de potabilización. Aunque en sí mismos no suelen representar un riesgo sanitario inmediato, su presencia constituye una señal de alerta sobre el estado general del agua (Fernández *et al.*, 2001; Yoder *et al.*, 2008).

1.5.3. *Coliformes fecales o termotolerantes*

Los coliformes fecales, también conocidos como coliformes termotolerantes, forman un subgrupo de los coliformes totales cuya principal característica es su capacidad para fermentar lactosa a 44.5 °C, lo que evidencia su origen exclusivamente intestinal. Este rasgo térmico permite diferenciarlos de los coliformes ambientales y les otorga una mayor especificidad como indicadores de contaminación fecal reciente (Madigan *et al.*, 2015; Campuzano *et al.*, 2015). Dado que están estrechamente relacionados con la presencia de excretas humanas o animales, su cuantificación en el agua es un parámetro crucial en la evaluación sanitaria, especialmente en contextos donde se desea inferir el riesgo de presencia de patógenos entéricos (Brborich, 2025).

1.5.4. *Escherichia coli: especie clave del grupo coliforme*

Dentro del grupo de los coliformes fecales, *Escherichia coli* destaca por ser el organismo más representativo y específico de contaminación fecal. Se trata de un bacilo Gram negativo, no esporulado, anaerobio facultativo, con hábitat predominante en el tracto gastrointestinal de humanos y otros animales de sangre caliente (Canet, 2016). En condiciones normales, actúa como comensal e incluso contribuye al equilibrio microbiano intestinal. Sin embargo, ciertas cepas de *E. coli* poseen factores de virulencia que las convierten en patógenas, capaces de ocasionar diarreas infecciosas, enteritis, sepsis, meningitis neonatal y otros cuadros clínicos severos (Madigan *et al.*, 2015; Navarro, 2024).

Uno de los aspectos preocupantes de *E. coli* es su capacidad para adquirir resistencia antimicrobiana mediante la transferencia horizontal de genes, especialmente a través de plásmidos, lo que puede convertirla en una amenaza importante en ambientes contaminados (OMS, 2021). Algunas cepas poseen incluso mecanismos de protección que inhiben el crecimiento de otros patógenos intestinales, mientras que otras actúan como reservorios de genes de resistencia o virulencia (Cabello, 2015).

1.5.5. *Los coliformes como indicadores microbiológicos*

La utilidad de los coliformes como indicadores de contaminación se basa en una serie de propiedades deseables son relativamente abundantes en heces, fáciles de detectar mediante técnicas de cultivo, responden de forma similar a los tratamientos de desinfección que los patógenos verdaderos, y suelen ser más resistentes que estos a condiciones ambientales adversas (Guerrero & Ccallo, 2024). Su detección permite inferir la posible presencia de microorganismos patógenos de origen fecal, especialmente en cuerpos de agua que podrían ser usados para consumo humano o actividades recreativas. Por esta razón, su análisis es una práctica estándar en los programas de monitoreo de calidad del agua (Camacho *et al.*, 2009; OMS, 2011).

Listado de características que deben cumplir los coliformes como indicadores microbiológicos (Cid, 2019):

1. Ser exclusivo del tracto intestinal.
2. Estar presente en grandes cantidades en excretas.
3. Tener una persistencia ambiental similar o superior a la de los patógenos.
4. No multiplicarse en el medio externo.
5. Ser fácilmente detectable en concentraciones bajas.
6. Ser inocuo.
7. Tener una respuesta similar a los tratamientos de desinfección.

Bajo estos principios, el uso de coliformes y en particular de *Escherichia coli* constituye una herramienta confiable, accesible y científicamente validada para evaluar la calidad microbiológica del recurso hídrico.

1.6. Factores físicoquímicos que influyen en la viabilidad de los indicadores

Los microorganismos indicadores presentan comportamientos similares a los patógenos, pero su identificación es más accesible y económica (Guerrero & Ccallo, 2024). Sin embargo, dado que no existe un único indicador universal, es crucial seleccionar el más adecuado, dependiendo de las condiciones específicas de cada estudio (Rossen *et al.*, 2008). Al detectar la presencia de estos microorganismos, se puede inferir que los patógenos asociados están presentes en concentraciones similares, ya que comparten comportamientos ante factores como el pH, la temperatura, la

disponibilidad de nutrientes y los sistemas de desinfección. La persistencia y viabilidad de los microorganismos indicadores están influenciadas por diversos factores fisicoquímicos del entorno acuático, los cuales determinan tanto su supervivencia como su capacidad de replicación (Lanao & Ormad, 2012).

1.6.1. pH

Para el pH, la mayoría de los microorganismos patógenos sobreviven mejor en un rango de pH neutro a ligeramente alcalino (6.5–8.5). Fuera de este rango, la eficiencia de los procesos metabólicos se reduce, lo que afecta negativamente la viabilidad microbiana (Marcano, 2025). El pH también influye en la eficacia de los procesos de desinfección, especialmente la cloración, cuyo rendimiento óptimo ocurre en pH cercano a 7 (Cedeño, 2019).

1.6.2. Temperatura

La temperatura afecta directamente la tasa de reproducción y el tiempo de supervivencia de los microorganismos. En general, temperaturas entre 20 - 37 °C favorecen el crecimiento bacteriano, mientras que temperaturas inferiores a 10 °C prolongan la supervivencia sin replicación activa. Altas temperaturas (>50 °C) pueden provocar la inactivación térmica de muchos patógenos (Díaz, 2003).

1.6.3. Turbidez

La turbidez elevada, originada por partículas en suspensión, puede proteger a los microorganismos del efecto de la luz UV y de los agentes desinfectantes, como el cloro. Además, las partículas pueden servir como vectores de transporte para bacterias y virus, favoreciendo su movilidad en cuerpos de agua (Vázquez, 2018).

1.6.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) está asociado al equilibrio ecológico del cuerpo de agua. Bajos niveles de OD pueden indicar alta carga orgánica biodegradable, lo cual favorece condiciones anaerobias y la proliferación de microorganismos patógenos resistentes (Curacachi & Rivera, 2024).

1.6.5. Elementos esenciales

Los nutrientes como los nitratos, fosfatos y el carbono orgánico disuelto son esenciales para la actividad microbiana. En exceso, estos nutrientes pueden estimular la proliferación de bacterias heterótrofas y de fitoplancton, lo que a su vez altera las condiciones físico-químicas del agua y favorece la permanencia de patógenos (Muñoz & Baena, 2013). La eutrofización inducida por nutrientes también puede reducir el oxígeno disuelto y modificar el equilibrio biológico. La

materia orgánica, medida como DBO y DQO, sirve como fuente energética para bacterias y puede influir directamente en su concentración y supervivencia. Altos niveles de materia orgánica también pueden interferir con los procesos de desinfección (Arroyo & Dayana, 2017). La interacción de estos factores fisicoquímicos determina el comportamiento ecológico de los microorganismos indicadores y patógenos.

CAPÍTULO II.

METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica de las comunidades cercanas al río Mocambo

La presente investigación se llevó a cabo en tres sitios de muestreo ubicados dentro del distrito de Panamá, provincia de Panamá (fig. 1). El primer sitio, identificado como Patria Nueva-Sector 4, se localiza en el poblado de Villa Cárdenas, una zona colindante con las comunidades del Valle de San Francisco y El Vallecito, dentro del corregimiento de Las Cumbres (antes conocido como Las Cumbres-Alcalde Díaz). Este corregimiento posee una extensión de 2 790 hectáreas y limita con los corregimientos de Omar Torrijos (San Miguelito), Ancón, Chilibre, Alcalde Díaz y Ernesto Córdoba Campos. El segundo sitio de muestreo corresponde a la comunidad de Kuna Nega, ubicada en el corregimiento de Ancón, en las inmediaciones de las barriadas La Paz y Calle Cincuenta. Esta comunidad se encuentra específicamente detrás del relleno sanitario de Cerro Patacón, el principal sitio de disposición final de residuos sólidos del país. Cuya operación desde 1986 ha estado a cargo de diversas entidades, entre ellas la Dirección Metropolitana de Aseo (DIMA), sin que se hayan mitigado de manera efectiva los impactos ambientales derivados. La ausencia de infraestructuras esenciales, como sistemas de impermeabilización y recolección de lixiviados, ha contribuido significativamente al deterioro del entorno (Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá, 2024). El tercer sitio de muestreo se localiza dentro del Parque Nacional Camino de Cruces (PNCC), también en el corregimiento de Ancón. Este parque abarca una superficie de 4 781.4 hectáreas y establece límites al noroeste con el Parque Nacional Soberanía y al sur con el Parque Natural Metropolitano, conformando un corredor ecológico de bosque tropical húmedo que facilita el intercambio biológico entre estas áreas protegidas. Al este limita con el distrito de San Miguelito y al oeste con el Canal de Panamá (Ministerio de Ambiente, 2023).

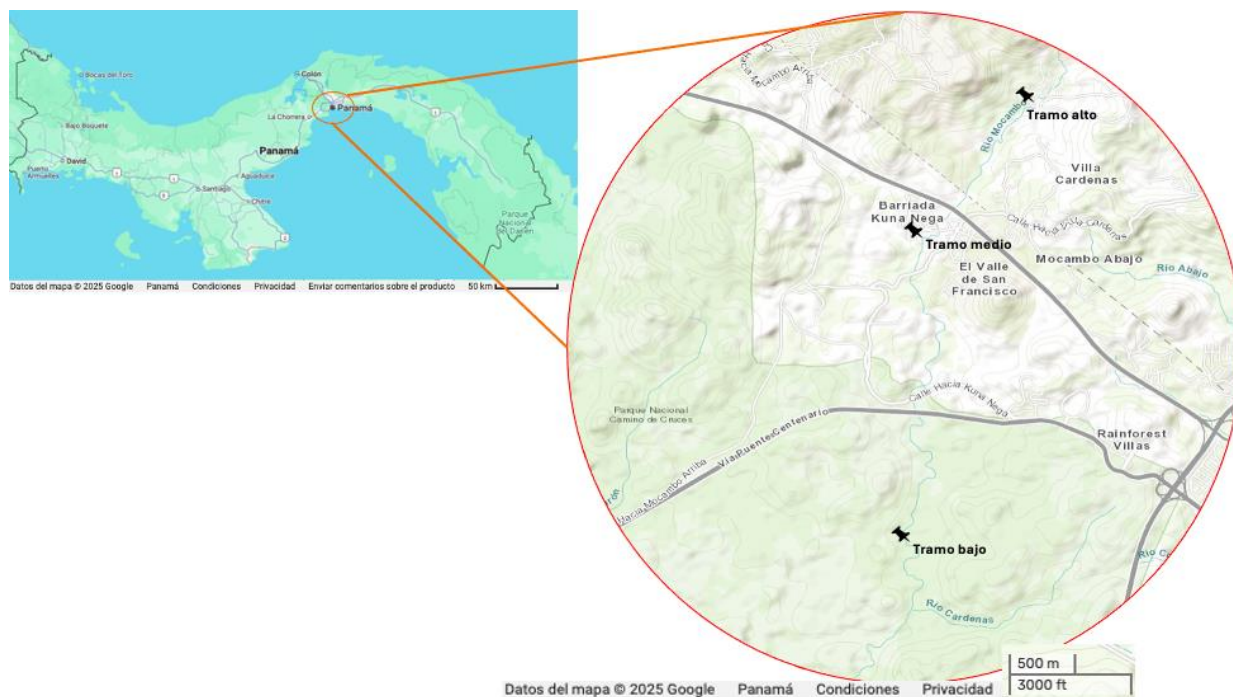


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 3. Localización y características geográficas de los sitios de muestreo.

Tramo	Comunidades	Coordenadas		Altura (ms.n.m.)
		Latitud norte	Longitud oeste	
Alto	Patria Nueva, Villa Cárdenas	09° 03.994'	079° 33.144'	70
Medio	Kuna Nega	09° 03.303'	079° 33.556'	56
Bajo	Parque Nacional Camino de Cruces	09° 01.121'	079° 33.677'	24

La determinación precisa de las coordenadas geográficas y la altitud de cada punto de muestreo se determinaron mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) modelo Garmin eTrex® 10. Este equipo, reconocido por su exactitud, proporciona lecturas exactas y es esencial para la georreferenciación de las muestras.

Las comunidades cercanas al río Mocambo enfrentan serias deficiencias en el acceso a servicios básicos de saneamiento, lo que ha llevado al vertido directo de aguas residuales domésticas al cauce. Esta situación ha generado una fuerte dependencia del río para la realización de actividades cotidianas como el lavado de ropa, el baño y, en algunos casos, la recolección de agua para consumo, incrementando la exposición de la población a riesgos sanitarios. Investigaciones

recientes han evidenciado la alta carga contaminante presente en el río en esta zona (Móran, 2022) y se ha documentado además un impacto negativo sobre la biodiversidad del Parque Nacional Camino de Cruces, producto de la presión antropogénica ejercida tanto por las comunidades como por las actividades propias del vertedero (Pitty & Migdaris, 2021).

Tabla 4. Distribución de la población en los sitios de muestreo.

Corregimientos	Comunidades	Población
Ancón	Kuna Nega	1 444
Las Cumbres	Patria Nueva-Sector 4	551

Nota: Datos tomados del Instituto Nacional de Estadística y Censo (2023).

2.1.2. Características ecológicas del área de estudio

Según el Atlas Nacional de la República de Panamá (IGNTG, 2016), basado en el sistema de clasificación climática de Köppen, el sitio en estudio presenta clima tropical de sabana (Aw) y presenta niveles de lluvia mayores a 1 000 mm al año, con algunos meses con niveles de lluvia menores a 60 mm; la temperatura media del mes más fresco es mayor a 18 °C. Toda el área de estudio oscila entre los 0 y 218 metros sobre el nivel del mar. Sus cursos de agua desembocan en el océano Pacífico y presentan intensidades de lluvias con rangos de precipitación de entre 1 000 mm – 2 000 mm por año (ANAM-BID, 2010). Los principales ríos que se encuentran dentro del PNCC son Pedro Miguel, Guabinoso, Cárdenas, Mocambo, Caimitillo, Camarón y Miraflores, que vierten sus aguas en el lago Miraflores, el cual representa el 2 % del agua de la cuenca hidrográfica del Canal (McCarthy, 1999). Los ríos que cursan el Parque presentan un índice de calidad de agua que va desde contaminado hasta altamente contaminado, principalmente debido a la presencia del vertedero de Cerro Patacón y sus lixiviaciones (ANAM-BID, 2010).

2.1.3. Hidrografía del río Mocambo

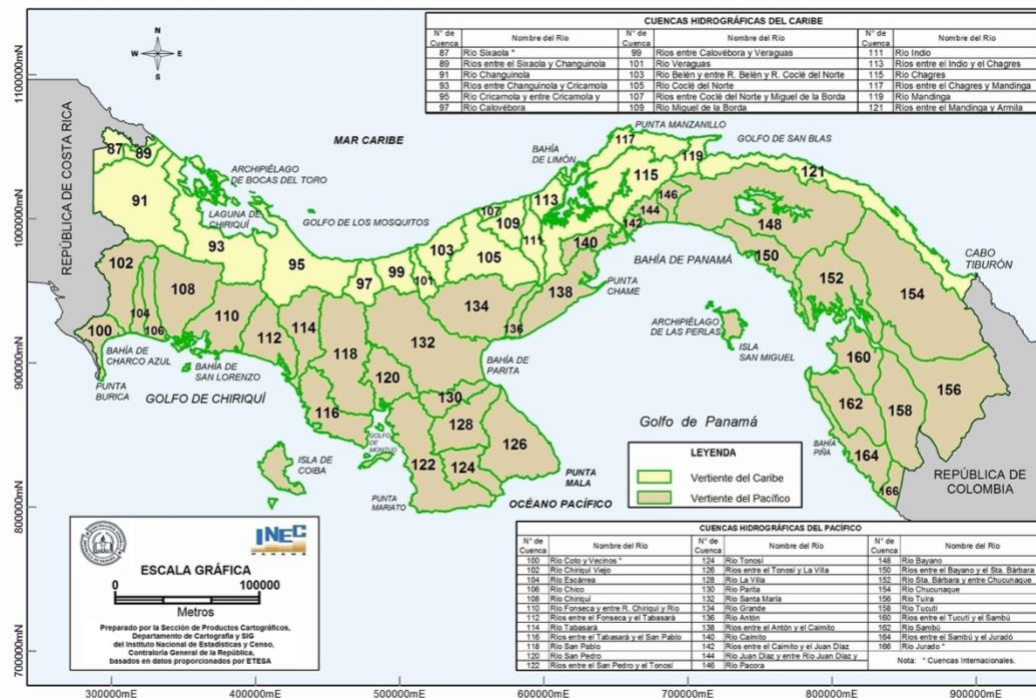


Figura 2. Cuencas hidrográficas de la República de Panamá, por vertiente (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2020).

El río Mocambo, ubicado en la ciudad de Panamá, forma parte de la cuenca hidrográfica 142 y tiene su origen en el sector conocido como Alto de Las Nubes, en el corregimiento de Las Cumbres, a una altitud aproximada de 320 a 340 metros sobre el nivel del mar. Su nacimiento se sitúa en la vertiente inferior del Cerro El Peñón, una reserva natural hídrica que representa la segunda colina más alta de la capital, con una elevación de 480 metros, reconocida popularmente como un volcán de agua debido a su importancia en la recarga hídrica de la zona. A lo largo de su trayecto, el río fluye en proximidad de las comunidades de Mocambo Arriba y Patria Nueva, y continúa hasta la comunidad del Valle de San Francisco, en el corregimiento de Ancón. En este punto, sus aguas confluyen con las de Quebrada Larga, formando un cauce fluvial conjunto que atraviesa la carretera de la vía Centenario e ingresa a las áreas protegidas del Parque Nacional Camino de Cruces (PNCC), donde finalmente se une al río Cárdenas, incrementando su caudal (IGNTG, 2016).

2.1.4. Comunidad de Kuna Nega

Kuna Nega, cuyo nombre se traduce como Casa de la Gente Kuna. Esta comunidad se estableció aproximadamente en 1979 y está compuesta predominantemente por población indígena de la etnia Guna. Dispone de viviendas permanentes y acceso a servicios públicos esenciales, incluyendo un centro de salud, estación de policía, suministro eléctrico y agua potable conectada a la potabilizadora de Chilibre. Algunos de estos servicios son compartidos con la comunidad del Valle de San Francisco. No obstante, un sector de la comunidad, que alberga entre 450 y 600 habitantes, que residen en una zona ubicada en las faldas del relleno sanitario de Cerro Patacón, está área perteneciente a la Junta Comunal de Ancón, enfrenta desafíos relacionados con la escasez de agua potable, experimentando un suministro limitado a una vez por semana. La junta comunal en conjunto con el IDAAN, están implementando medidas para la solución de esta problemática relacionada con la escasez de agua.

2.1.5. Tipos de viviendas

Las viviendas de la zona están construidas con diversos materiales, incluyendo concreto, zinc y madera (fig. 3), y sus habitantes se dedican principalmente a las labores de reciclaje, recolección de residuos y la agricultura. La comunidad ha establecido comisiones de acueductos, vivienda y transporte para gestionar a profundidad los problemas que enfrentan. Debido a la falta de acceso continuo a agua potable, ha llevado a muchas familias a depender del río Mocambo como fuente primaria de agua (fig. 4) lo que les obliga a realizar allí actividades domésticas esenciales (Móran, 2022).



Figura 3. Tipo de vivienda en la zona de estudio (Pérez, 2017).



Figura 4. Bomba de extracción de agua en el tramo alto.

3.1. Recolección y preparación de muestras

Las muestras de agua fueron recolectadas entre los meses de junio y octubre de 2024, en intervalos de 15 días en cada sitio seleccionado, sumando un total de 30 muestras para su análisis. Las estaciones de muestreo se ubicaron en puntos estratégicos cercanos a las comunidades locales, que utilizan el recurso hídrico para diversas actividades rutinarias. Se realizaron mediciones *in situ* de la temperatura del agua y el pH, parámetros que influyen en la presencia y proliferación de microorganismos. Para ello, se utilizó el medidor portátil HI98191 de la marca HANNA Instruments, un equipo de alta precisión diseñado para aplicaciones en campo y laboratorio. Este

dispositivo emplea un electrodo especializado para la medición de pH, compensando automáticamente la temperatura gracias a su sensor integrado, lo que garantiza lecturas exactas y confiables en diversas condiciones ambientales reconocida por su fiabilidad en el monitoreo de parámetros fisicoquímicos en campo (APHA, 2017; HANNA Instruments, 2025) (fig. 5).



Figura 5. Medición de pH



Figura 6. Análisis en campo de parámetros fisicoquímicos.

El proceso de muestreo consistió en introducir el frasco de vidrio estéril de 500 mL con tapón de rosca (previamente etiquetado), según los protocolos establecidos para la recolección de muestras químicas y microbiológicas (fig. 7) (López *et al.*, 1993). La recolección se efectuó en la zona central del cauce del río, donde el flujo es más estable y menos afectado por la vegetación ribereña o fuentes puntuales de contaminación. Con el fin de garantizar la integridad de las muestras, se evitó cualquier perturbación del agua, como la agitación, que pudiera ocasionar la resuspensión de sedimentos. El frasco se sumergió cerrado hasta una profundidad de 15 a 30 cm, donde se retiró la tapa cuidadosamente bajo el agua y se volvió a cerrar manteniéndolo sumergido.



Figura 7. Muestreo de aguas en río Mocambo.

Una vez recolectadas, las muestras, estas fueron inmediatamente refrigeradas en una hielera con suficiente cantidad de hielo, manteniéndolas a una temperatura constante de aproximadamente 4 °C durante el transporte al laboratorio. Este procedimiento es crucial para preservar las características microbiológicas de las muestras hasta su análisis final (Méndez *et al.*, 2010). Esta metodología garantiza la integridad de las muestras, evitando la contaminación cruzada y preservando sus propiedades originales para un análisis confiable.

3.1.1. Prueba microbiológica

El método Colilert o Enzima-Sustrato Definido Colilert (IDEXX, 2008) se basa en la actividad enzimática de los coliformes y *Escherichia coli*, permitiendo obtener resultados en 24 horas. Utiliza tecnología de sustrato definido (DST) patentada por los laboratorios IDEXX para detectar mediante dos indicadores de nutrientes ONPG y MUG. Estos nutrientes son metabolizados por las enzimas β -galactosidasa y β -glucuronidasa para identificar respectivamente a los coliformes totales y a *E. coli*. Cuando los coliformes metabolizan ONPG, el medio de cultivo cambia de incoloro a amarillo, lo que facilita la detección rápida y precisa de los indicadores sanitarios de calidad del agua. Si la tonalidad obtenida es más intensa que el comparador, existen presencia de coliformes totales (amarillo) y *E. coli* (amarillo + fluorescencia) en caso contrario no hay presencia (fig. 8).

Este método es ampliamente utilizado para la evaluación de la calidad microbiológica del agua, garantizando precisión y eficiencia en la detección de microorganismos indicadores.



Figura 8. Patrones de comparación de resultados para el metodo Colilert.



Figura 9. Área e insumos para la preparación de las muestras.

3.1.2. Procesamiento de muestras

Mes de junio

Para este mes utilizamos el método Colilert (IDEXX, 2008).

1. Con el objetivo de obtener una muestra homogénea, agitamos la muestra recolectada.
2. A continuación, transferimos 100 mL de la muestra homogenizada con una pipeta estéril a envases estériles de plástico (previamente etiquetados) de 100 mL.
3. Posteriormente agregamos el reactivo Colilert. Esta muestra se homogeniza mediante agitación manual suave sobre una superficie plana hasta la completa disolución del reactivo, proceso que se extendió por un minuto aproximadamente.

4. Seguidamente vertemos el contenido del recipiente en una bandeja en el que la muestra (100 mL) se distribuye en 97 pocillos. Eliminamos las burbujas de la bandeja mediante golpeteos suaves.
5. Sellamos herméticamente la bandeja utilizando el equipo IDEXX Quanti-Tray Sealer.
6. Incubamos la bandeja a 37 °C durante 24 horas, transcurrido este tiempo observamos resultados.
7. Por último, realizamos el conteo de pocillos positivos. Para el conteo de los pocillos positivos de *E. coli*, lo realizamos en un ambiente de oscuridad controlada con lámpara UV. Para observar y comparar los resultados obtenidos, empleamos la tabla de Número Más Probable (NMP) que se encuentra en los anexos, correspondiente al sistema de IDEXX Quanti-Tray*/2 000, la cual está disponible en línea.

Mes de julio

En vista de que los resultados obtenidos durante el mes de junio utilizando el método Colilert (IDEXX, 2008) limitaban la capacidad de realizar un análisis comparativo, realizamos una adaptación de la metodología original para el primer y segundo muestreo.

A. Primer muestreo

1. Seguimos los pasos anteriores, cambiando el volumen de muestra utilizado. Procedimos a tomar 10 mL de la muestra utilizando una pipeta estéril de 10 mL, transfiriéndolos a envases estériles (previamente etiquetados), preparando una dilución 1/10 adicionando 90 mL de agua estéril.
2. A partir de este punto se realizó el mismo procedimiento utilizado en el mes de junio.

B. Segundo muestreo

1. Nuevamente realizamos un ajuste a la metodología debido a que los resultados obtenidos marcaban cifras saturadas, superiores a >2 419.6 NMP, impidiendo una lectura precisa. No se presentaban variaciones significativas entre los sitios de estudio. Debido a estas limitaciones, realizamos nuevamente una modificación para poder adaptar el método Colilert a las necesidades del proyecto. Para ello, tomamos 1 mL de la muestra empleando una pipeta estéril de 10 mL, el cual transferimos a los envases estériles (previamente etiquetados). A continuación, preparamos una dilución 1/100

añadiendo 99 mL de agua destilada estéril. Tras la adaptación de la metodología, logramos obtener resultados que reflejaron una mayor variación, lo que facilitó la identificación de tendencias diferenciadas y la realización de comparaciones significativas.

2. A partir de este punto se realizó el mismo procedimiento utilizado en el mes de junio.
- 1) La metodología empleada durante el segundo muestreo de julio se replicó de manera idéntica en los meses de agosto, septiembre y octubre, garantizando así la comparabilidad de los datos obtenidos.
- 2) La tabla del número más probable (NMP) está estandarizada para muestras de 100 mL de su solución madre, como base para la interpretación de los resultados microbiológicos. Sin embargo, en este estudio, debido a la alta concentración esperada de bacterias indicadoras, fue necesario realizar una dilución 1/100 de la muestra original. Esta dilución se aplicó para evitar saturaciones en las bandejas y poder obtener una lectura dentro del rango de la tabla de NMP. Posteriormente, para obtener la concentración real de microorganismos presentes en la muestra original, los valores obtenidos se ajustaron multiplicando por el factor de dilución (100). De este modo, se garantizó la validez y comparabilidad de los resultados con los estándares establecidos, que asumen una muestra directa de 100 mL sin dilución previa.



Figura 10. Selladora Quanti-Tray/2000®.



Figura 11. Molde de silicona para el sellado de las bandejas.



Figura 12. Bandeja de pocillos del sistema Quanti-Tray/2000®.



Figura 13. Lámpara UV BLAK-RAY®.

3.2.1. Metales

La calidad del agua puede verse afectada por diversos factores, entre ellos, la presencia de metales que pueden llegar a presentar un riesgo para la salud humana y el ecosistema dependiendo de sus concentraciones. y movilidad en el medio ambiente. En el contexto normativo, la regulación COPANIT 35-2019 establece los límites máximos permisibles de ciertos elementos en aguas superficiales. Según esta normativa, los valores de referencia incluyen 1.5 mg/L para fósforo, 1.5 mg/L para cloro, 1 000 mg/L para calcio, 5 mg/L para hierro y 1 mg/L para cobre, elementos que fueron detectados en el análisis del tramo evaluado.

Para la determinación de metales en el agua, se utilizó la técnica de fluorescencia de rayos X (XRF), una metodología ampliamente empleada para la identificación y cuantificación de elementos en muestras líquidas, sólidas o pulverizadas. En este estudio, el análisis se realizó mediante el equipo especializado para este tipo de análisis, el cual fue calibrado con el software y los estándares OMNIAN. El procedimiento consistió en la colocación de una pequeña cantidad de muestra en un cilindro especializado, donde fue irradiada y analizada para determinar la concentración de los elementos presentes. Este enfoque analítico permite obtener mediciones

precisas y rápidas, facilitando la caracterización de contaminantes en cuerpos de agua y contribuyendo a la evaluación de la calidad del recurso hídrico en función de los estándares establecidos.



Figura 14. Muestreo para el análisis de metales.



Figura 15. Equipo Epsilon 4 de PANalytical usado para el análisis de metales.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Tablas 5. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tramo alto.

Tramo Alto				
Fecha	Hora	Temperatura (° C)	pH	Cumplimiento COPANIT (5.5-9.0)
13-jun-24	10:33:32 a.m.	26.9	8.07	Cumple
27-jun-2024	8:39:28 a.m.	25	8.043	Cumple
11-jul-2024	9:52:32 a.m.	28.2	8.102	Cumple
25-jul-2024	9:32:03 a.m.	27.8	8.093	Cumple
14-ago-2024	7:58:56 a.m.	24.3	8.108	Cumple
22-ago-2024	8:44:31 a.m.	25.4	8.017	Cumple
05-sep-2024	8:20:09 a.m.	28.2	8.081	Cumple
19-sep-2024	8:25:13 a.m.	26.4	8.138	Cumple
03-oct-2024	8:40:24 a.m.	25.7	7.929	Cumple
17-oct-2024	9:07:01 a.m.	25.8	8.068	Cumple
Promedio		26.3	8.064	

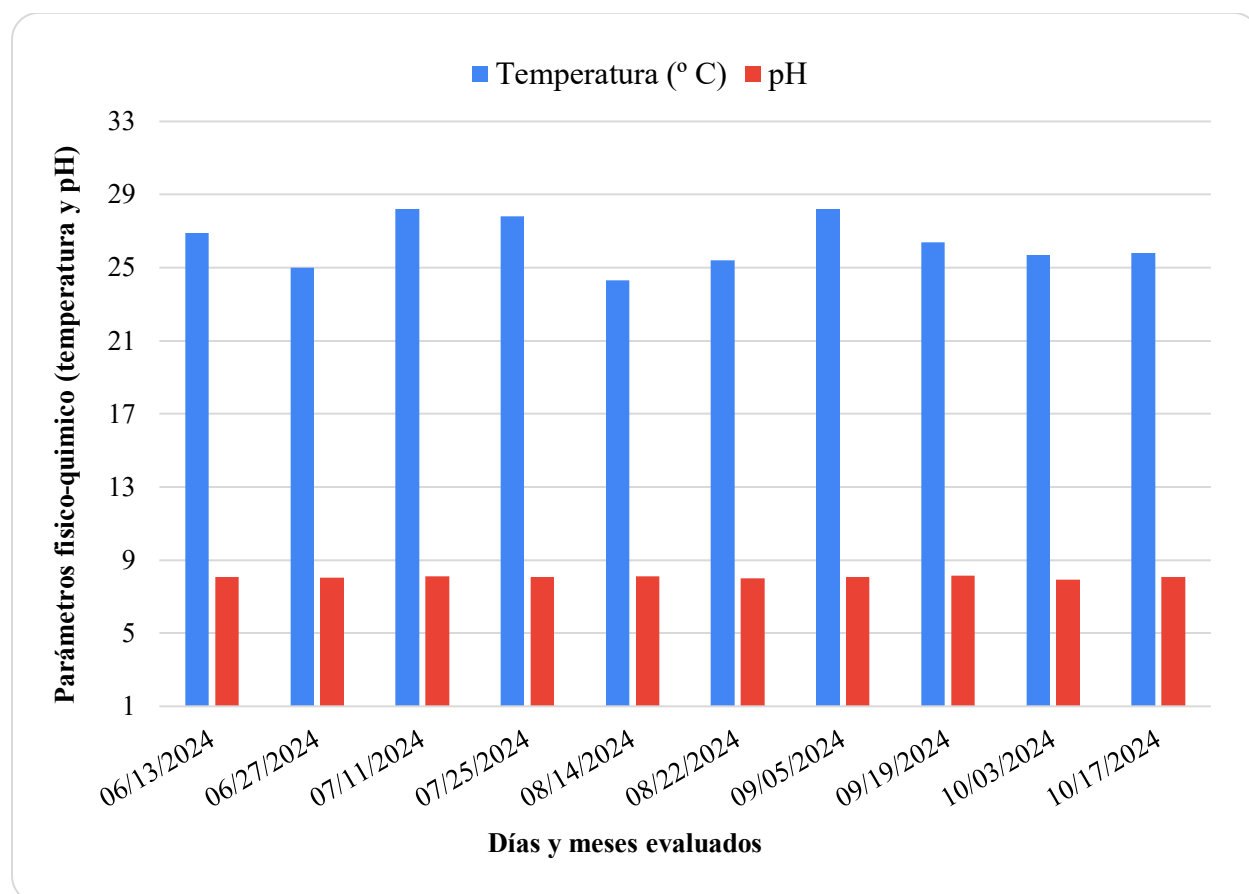


Figura 16. Comparación de los parámetros físico-químicos en el tramo alto del río Mocambo.

Tablas 6. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tramo medio.

Tramo Medio				
Fecha	Hora	Temperatura (° C)	pH	Cumplimiento COPANIT (5.5-9.0)
13-jun-24	10:52:24 a.m.	27.8	8.025	Cumple
27-jun-2024	8:55:37 a.m.	28.6	8.068	Cumple
11-jul-2024	9:33:30 a.m.	28.2	8.076	Cumple
25-jul-2024	9:48:45 a.m.	28	8.039	Cumple
14-ago-2024	8:17:41 a.m.	27.8	8.07	Cumple
22-ago-2024	9:28:33 a.m.	27	8.116	Cumple
05-sep-2024	8:37:54 a.m.	28.2	8.074	Cumple
19-sep-2024	8:38:32 a.m.	27	8.14	Cumple
03-oct-2024	8:57:12 a.m.	26	7.987	Cumple
17-oct-2024	9:38:52 a.m.	27.8	8.015	Cumple
Promedio		27.6	8.06	

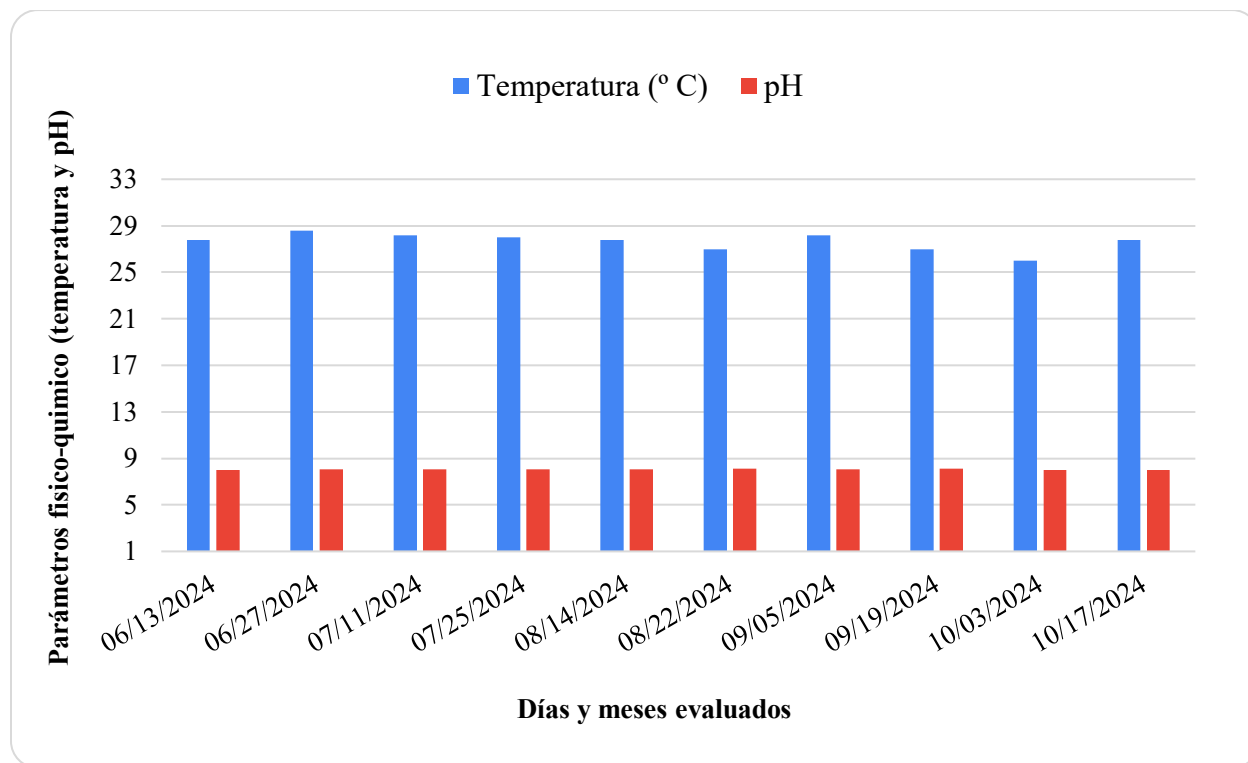


Figura 17. Comparación de los parámetros físico-químicos en el tramo medio del río Mocambo.

Tablas 7. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tramo bajo.

Tramo Bajo				
Fecha	Hora	Temperatura (° C)	pH	Cumplimiento COPANIT (5.5-9.0)
13-jun-24	11:22:44 a.m.	28	7.803	Cumple
27-jun-2024	9:23:27 a.m.	27	7.75	Cumple
11-jul-2024	8:42:18 a.m.	27.6	7.751	Cumple
25-jul-2024	10:42:24 a.m.	29.2	7.748	Cumple
14-ago-2024	8:52:43 a.m.	28	7.614	Cumple
22-ago-2024	10:04:29 a.m.	27.9	7.63	Cumple
05-sep-2024	9:12:31 a.m.	28.2	7.879	Cumple
19-sep-2024	9:10:29 a.m.	28.2	7.702	Cumple
03-oct-2024	9:33:19 a.m.	26	7.54	Cumple
17-oct-2024	10:13:30 a.m.	27.1	7.871	Cumple
Promedio		27.7	7.72	

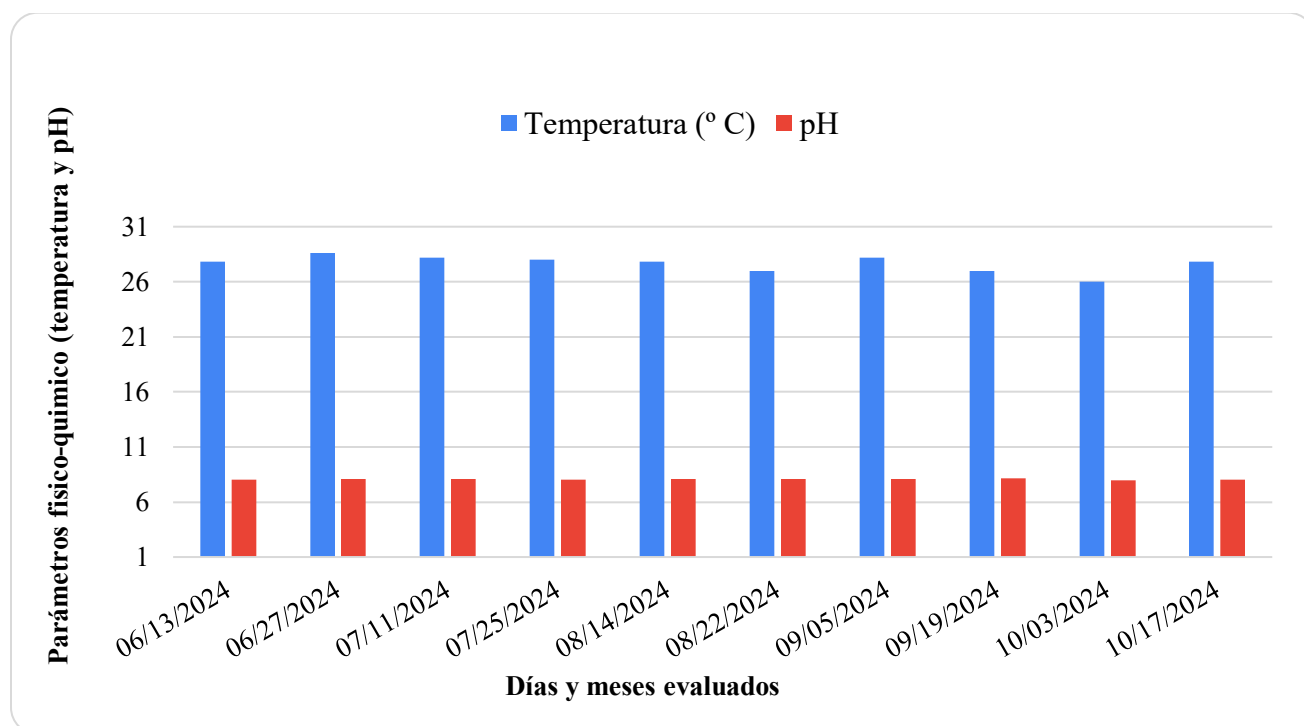


Figura 18. Comparación de los parámetros físico-químicos en el tramo bajo del río Mocambo.

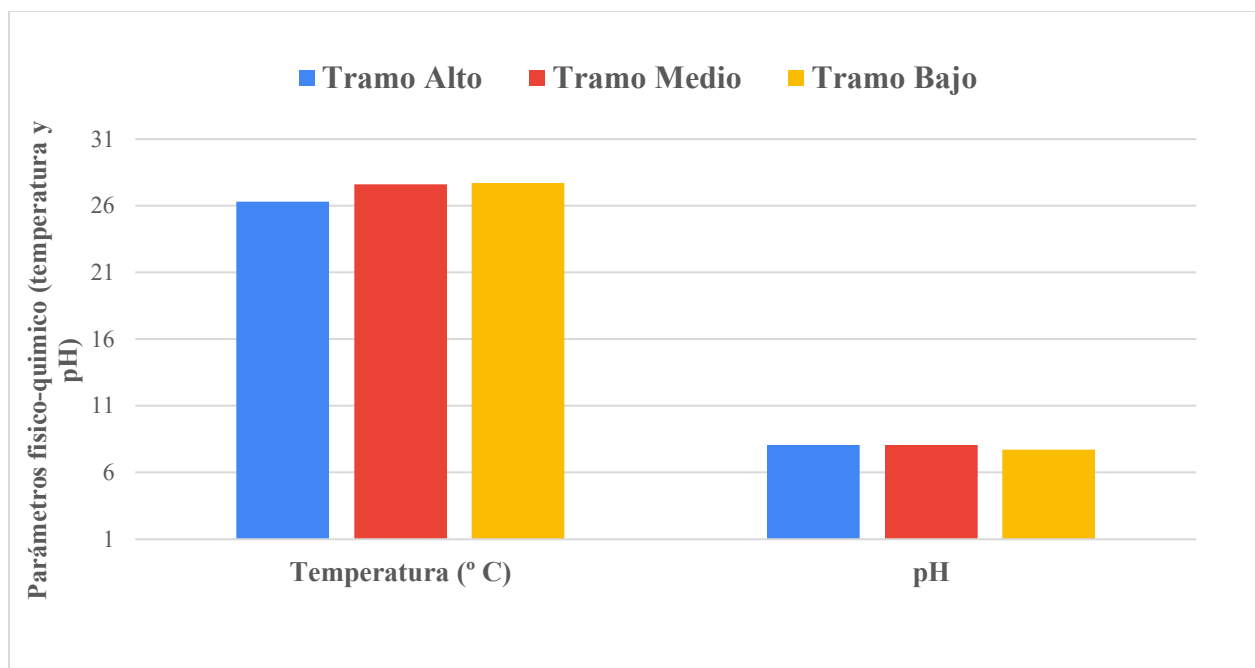


Figura 19. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos (Temperatura y pH) por tramo en el río Mocambo.

Tabla 8. Concentración de metales encontrados.

Nombre	Símbolo químico	Concentración (mg/L)	Valores COPANIT (mg/L)	Cumplimiento COPANIT
Fósforo	P	221.1	10	Incumple
Cloro	Cl	55.4	1.5	Incumple
Calcio	Ca	68.5	1 000	Cumple
Hierro	Fe	4.4	5	Cumple
Cobre	Cu	1.8	1	Incumple

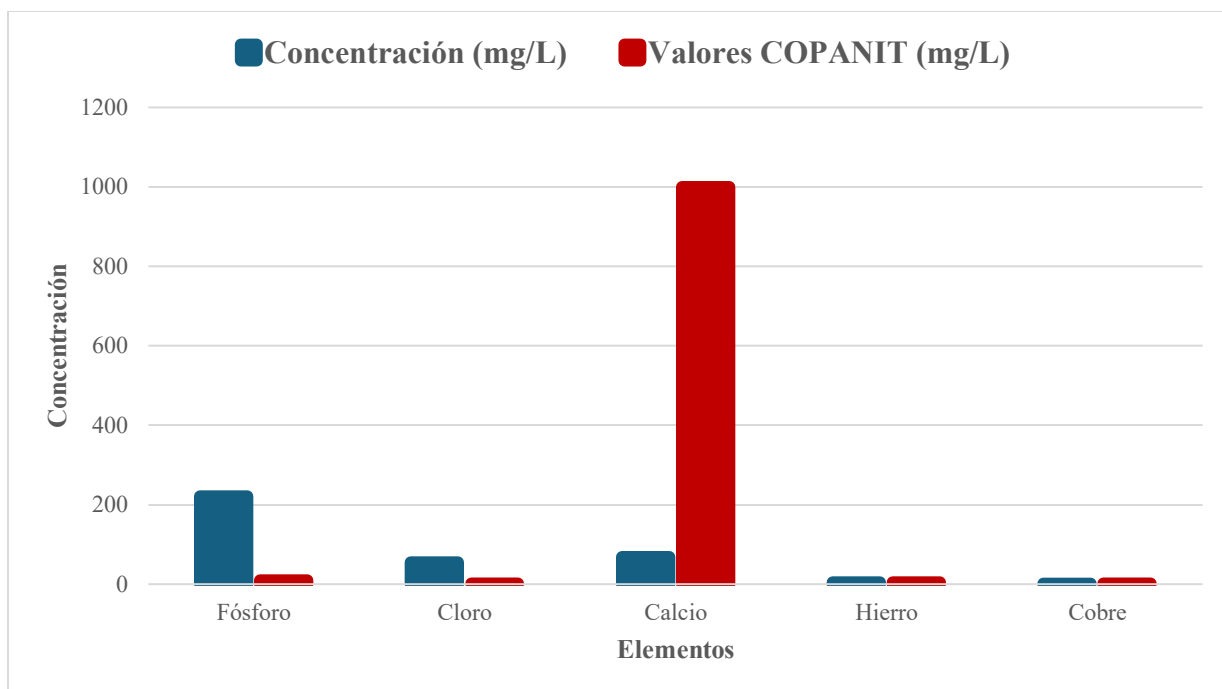


Figura 20. Comparación de concentraciones de elementos detectados con los límites permitidos según la norma COPANIT

Tabla 9. Valores de coliformes totales en las muestras del río Mocambo, tramo alto.

Tramo Alto				
Fecha (% de dilución)	Pocillos grandes +	Pocillos pequeños +	NMP	Cumplimiento COPANIT (1 000 NPM/100 mL)
13-jun-24 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
27-jun-2024 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
11-jul-2024 (10 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
25-jul-2024 (1 %)	49	42	129 970.0	Incumple
14-ago-2024 (1 %)	49	42	129 970.0	Incumple
22-ago-2024 (1 %)	49	46	198 630.0	Incumple
05-sep-2024 (1 %)	49	30	61 310.0	Incumple
19-sep-2024 (1 %)	49	37	92 080.0	Incumple
03-oct-2024 (1 %)	49	33	72 700.0	Incumple
17-oct-2024 (1 %)	49	32	68 670.0	Incumple
Promedio			76 058.88	

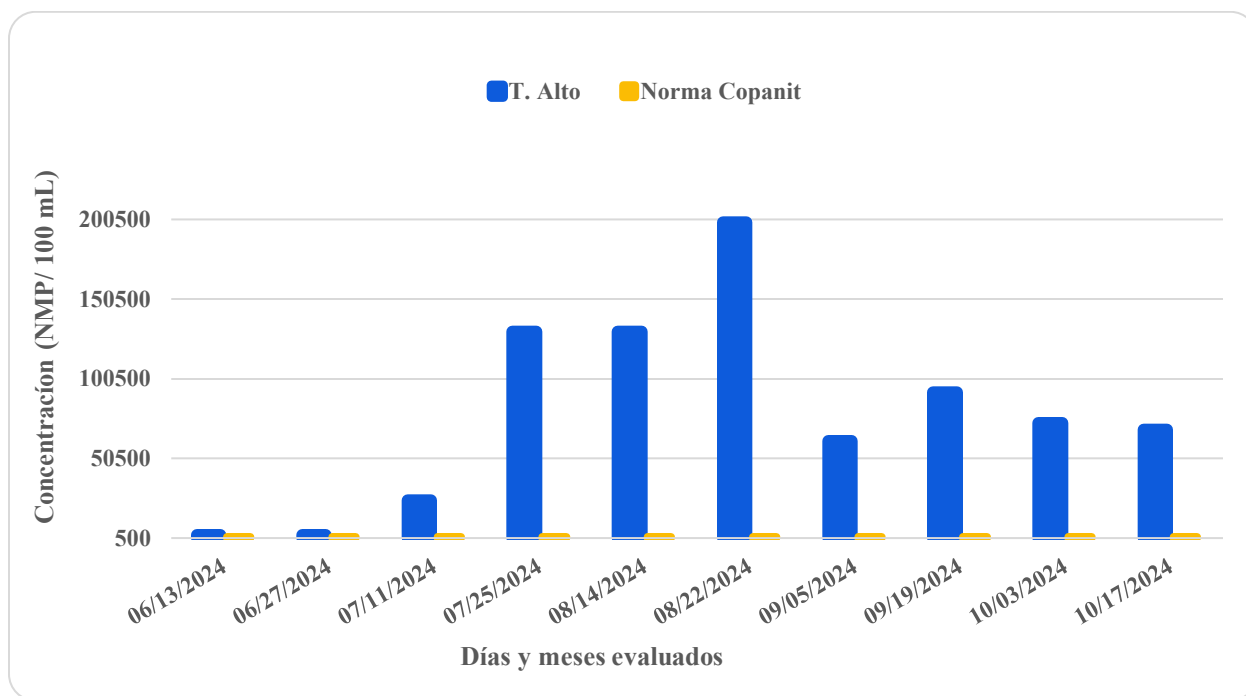


Figura 21. Contaminación por coliformes totales (NMP) en el tramo alto del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.

Tabla 10. Valores de coliformes totales en las muestras del río Mocambo, tramo medio.

Tramo Medio				
Fecha (% de dilución)	Pocillos grandes +	Pocillos pequeños +	NMP	Cumplimiento COPANIT (1 000 NPM/100 mL)
13-jun-24 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
27-jun-2024 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
11-jul-2024 (10 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
25-jul-2024 (1 %)	49	45	173 290.0	Incumple
14-ago-2024 (1 %)	49	38	98 040.0	Incumple
22-ago-2024 (1 %)	49	38	98 040.0	Incumple
05-sep-2024 (1 %)	49	37	92 080.0	Incumple
19-sep-2024	49	48	>24 1960.0	Incumple

(1 %)				
03-oct-2024 (1 %)	49	39	104 620.0	Incumple
17-oct-2024 (1 %)	49	43	141 360.0	Incumple
Promedio			95 664.88	

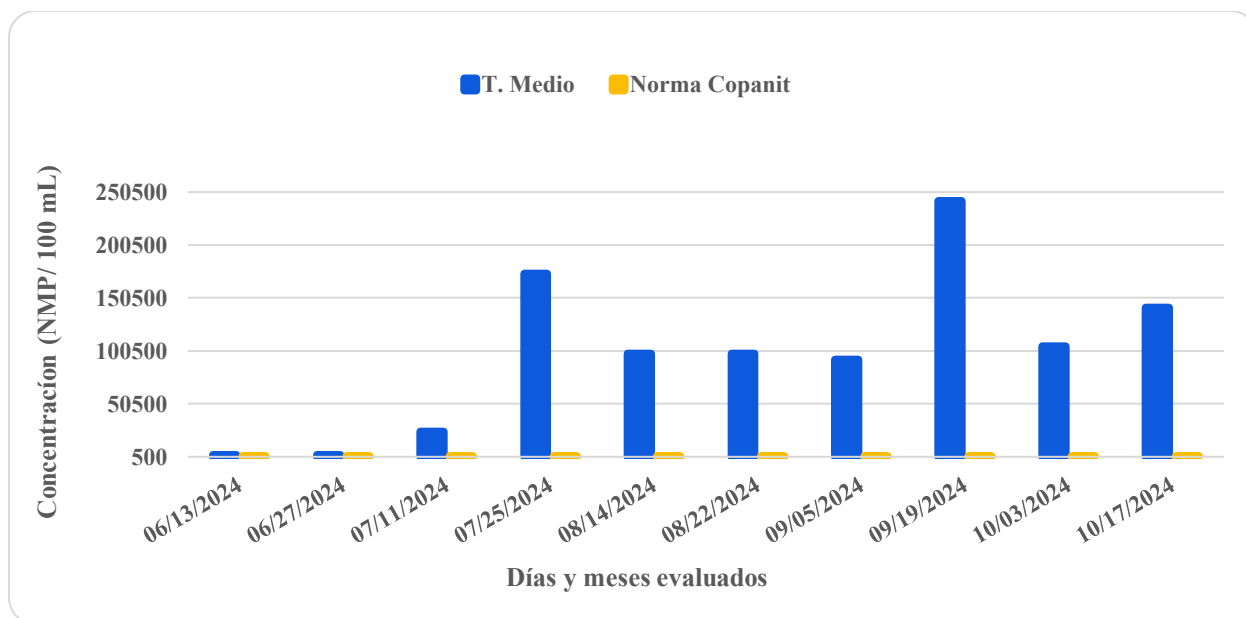


Figura 22. Contaminación por coliformes totales (NMP) en el tramo medio del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.

Tabla 11. Valores de coliformes totales en las muestras del río Mocambo, tramo bajo.

Tramo Bajo				
Fecha (% de dilución)	Pocillos grandes +	Pocillos pequeños +	NMP	Cumplimiento COPANIT (1 000 NPM/100 mL)
13-jun-24 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
27-jun-2024 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
11-jul-2024 (10 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
25-jul-2024 (1 %)	49	21	36 540.0	Incumple
14-ago-2024 (1 %)	49	25	46 110.0	Incumple
22-ago-2024 (1 %)	49	25	46 110.0	Incumple

05-sep-2024 (1 %)	49	12	22 470.0	Incumple
19-sep-2024 (1 %)	49	28	33 000.0	Incumple
03-oct-2024 (1 %)	49	17	23 820.0	Incumple
17-oct-2024 (1 %)	49	33	50 120.0	Incumple
Promedio			26 542.88	

NMP= Número más probable de coliformes totales

** = cantidad total de pocillos grandes por bandeja 49.

*** = cantidad total de pocillos pequeños 48.

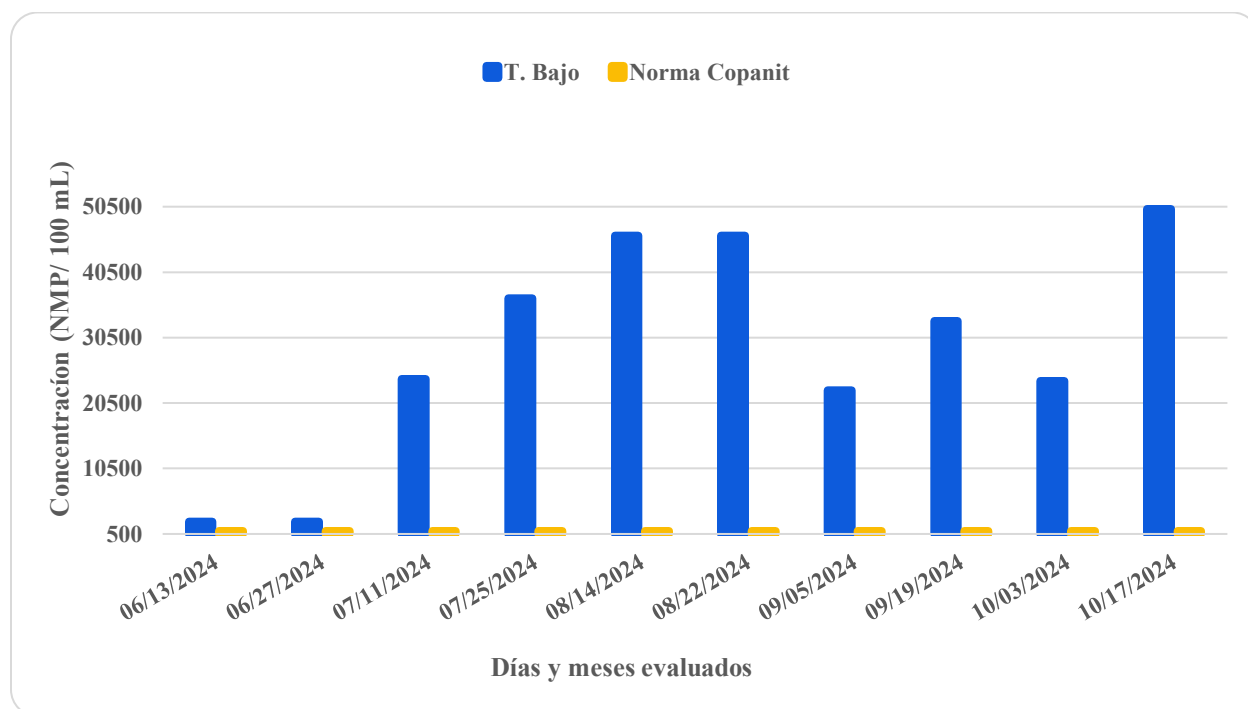


Figura 23. Contaminación por coliformes totales (NMP) en el tramo bajo del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.

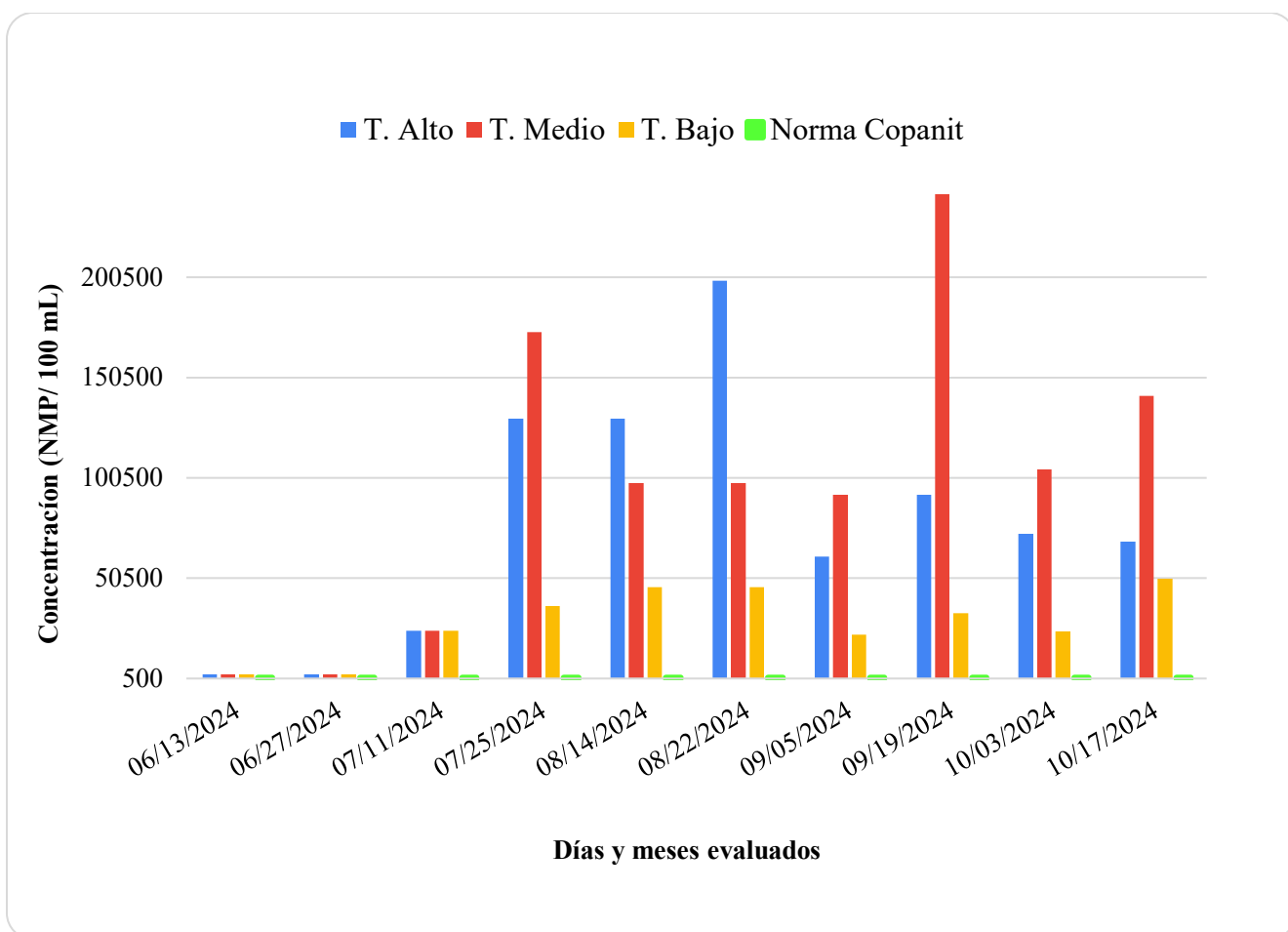


Figura 24. Contaminación por NMP (coliformes totales) y normas COPANIT, por tramo en el río Mocambo

Tabla 12. Valores determinados para *Escherichia coli* en el río Mocambo, tramo alto.

Tramo Alto				
Fecha (% de dilución)	Pocillos grandes +	Pocillos pequeños +	NMP	Cumplimiento COPANIT (250 NPM/100 mL)
13-jun-24 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
27-jun-2024 (100 %)	48	48	1 011.2	Incumple
11-jul-2024 (10 %)	48	31	4 569.0	Incumple
25-jul-2024 (1 %)	45	11	13 960.0	Incumple
14-ago-2024 (1 %)	49	17	29 090.0	Incumple
22-ago-2024 (1 %)	40	6	8 820.0	Incumple
05-sep-2024 (1 %)	25	5	4 080.0	Incumple
19-sep-2024 (1 %)	29	6	5 120.0	Incumple
03-oct-2024 (1 %)	26	6	4 430.0	Incumple
17-oct-2024 (1 %)	40	9	9 590.0	Incumple
Promedio			8 308.98	

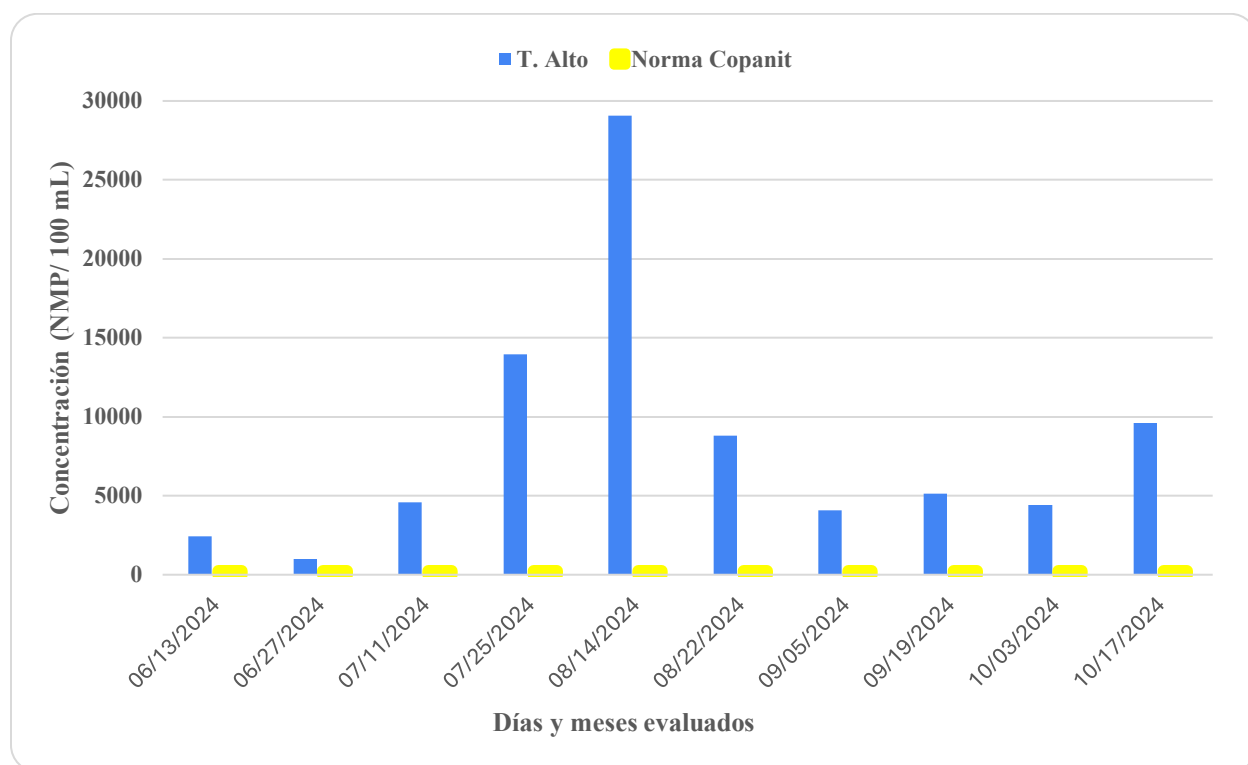


Figura 25. Contaminación por *E. coli* (NMP) en el tramo alto del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.

Tabla 13. Valores determinados para *Escherichia coli* en el río Mocambo, tramo medio.

Tramo Medio				
Fecha (% de dilución)	Pocillos grandes +	Pocillos pequeños +	NMP	Cumplimiento COPANIT (250 NPM/100 mL)
13-jun-24 (100 %)	49	48	>2 419.6	Incumple
27-jun-2024 (100 %)	48	48	1 011.2	Incumple
11-jul-2024 (10 %)	48	47	9 606.0	Incumple
25-jul-2024 (1 %)	42	11	11 370.0	Incumple
14-ago-2024 (1 %)	42	4	9 320.0	Incumple
22-ago-2024 (1 %)	16	3	2 260.0	Incumple
05-sep-2024 (1 %)	33	7	6 380.0	Incumple
19-sep-2024	49	20	34 480.0	Incumple

(1 %)				
03-oct-2024 (1 %)	49	19	32 550.0	Incumple
17-oct-2024 (1 %)	45	18	17260.0	Incumple
Promedio			12 665.68	

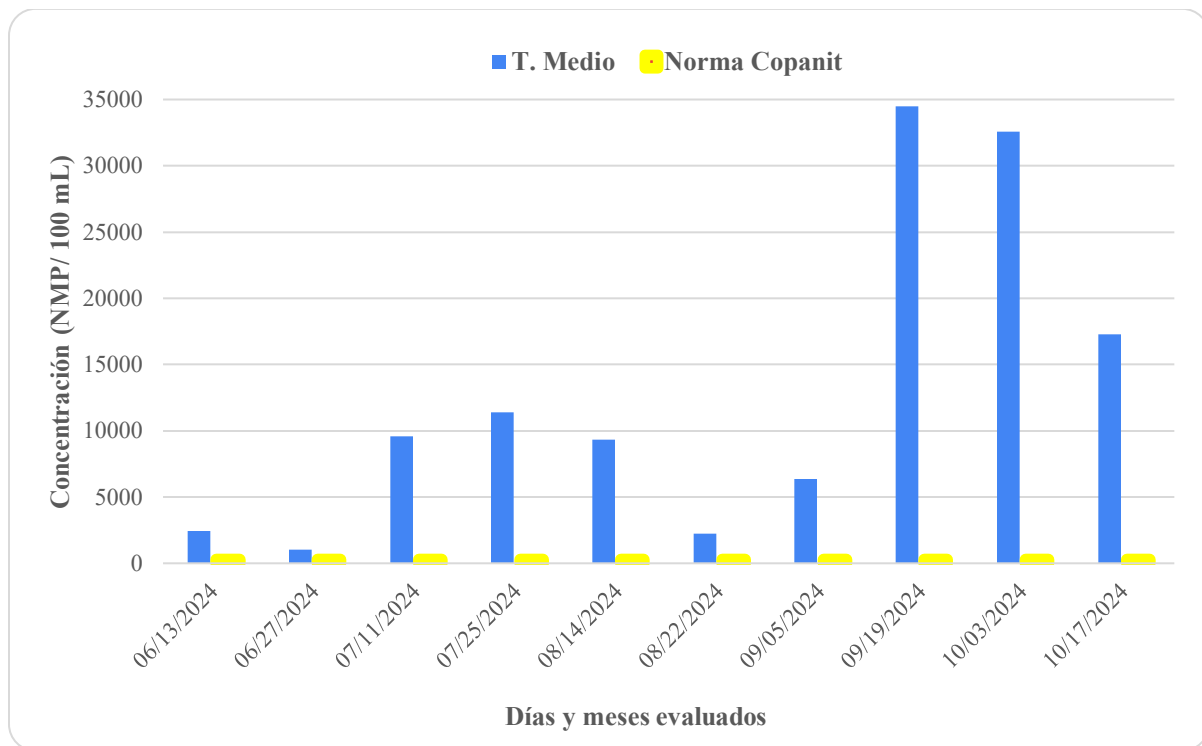


Figura 26. Contaminación por *E. coli* (NMP) en el tramo medio del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.

Tabla 14. Valores determinados para *Escherichia coli* en el río Mocambo, tramo bajo.

Tramo Bajo				
Fecha (% de dilución)	Pocillos grandes +	Pocillos pequeños +	NMP	Cumplimiento COPANIT (250 NPM/100 mL)
13-jun-24 (100 %)	49	45	1 732.9	Incumple
27-jun-2024 (100 %)	48	48	1 011.2	Incumple
11-jul-2024 (10 %)	48	25	3 441.0	Incumple
25-jul-2024 (1 %)	8	1	970.0	Incumple
14-ago-2024	21	2	2 920.0	Incumple

(1 %)				
22-ago-2024 (1 %)	47	6	14 010.0	Incumple
05-sep-2024 (1 %)	22	1	2 950.0	Incumple
19-sep-2024 (1 %)	18	1	2 310.0	Incumple
03-oct-2024 (1 %)	15	1	1 870.0	Incumple
17-oct-2024 (1 %)	44	16	14970.0	Incumple
Promedio			4 618.51	

NMP= Número más probable de *Escherichia coli*

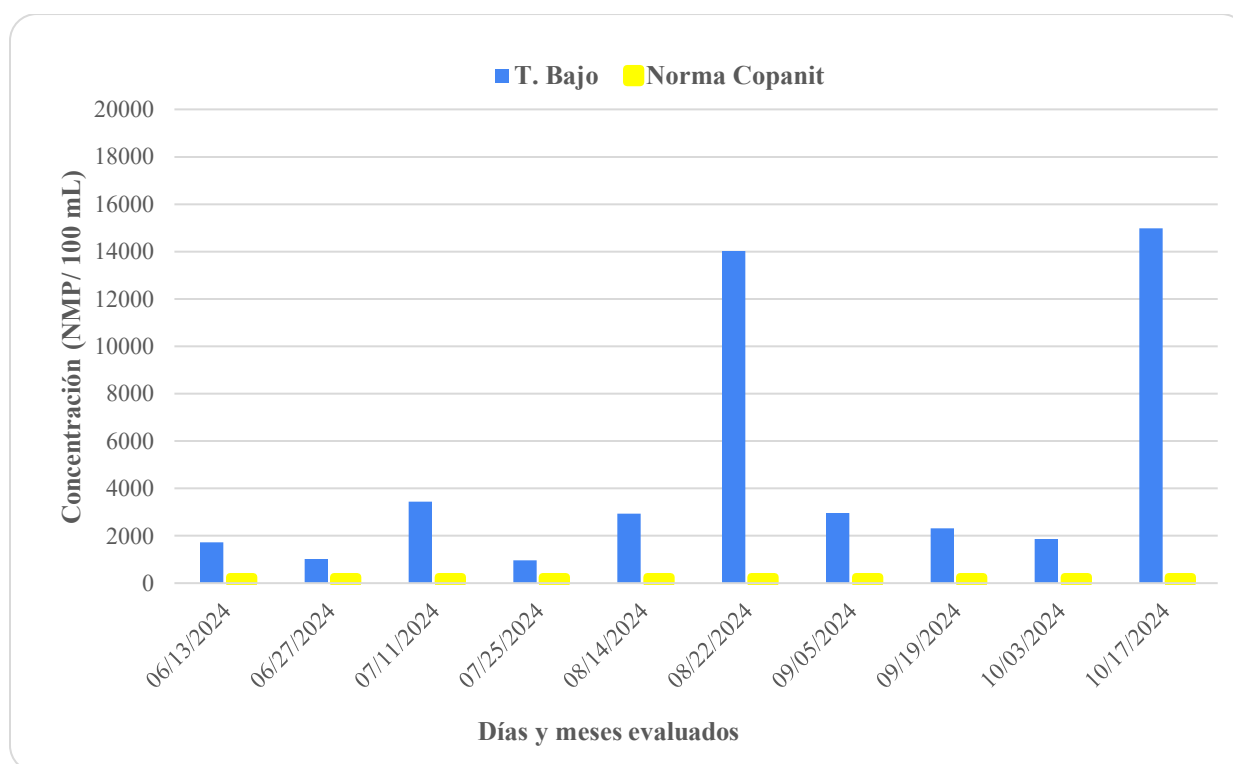


Figura 27. Contaminación por *E. coli* (NMP) en el tramo bajo del río Mocambo y su comparación con las normas COPANIT.

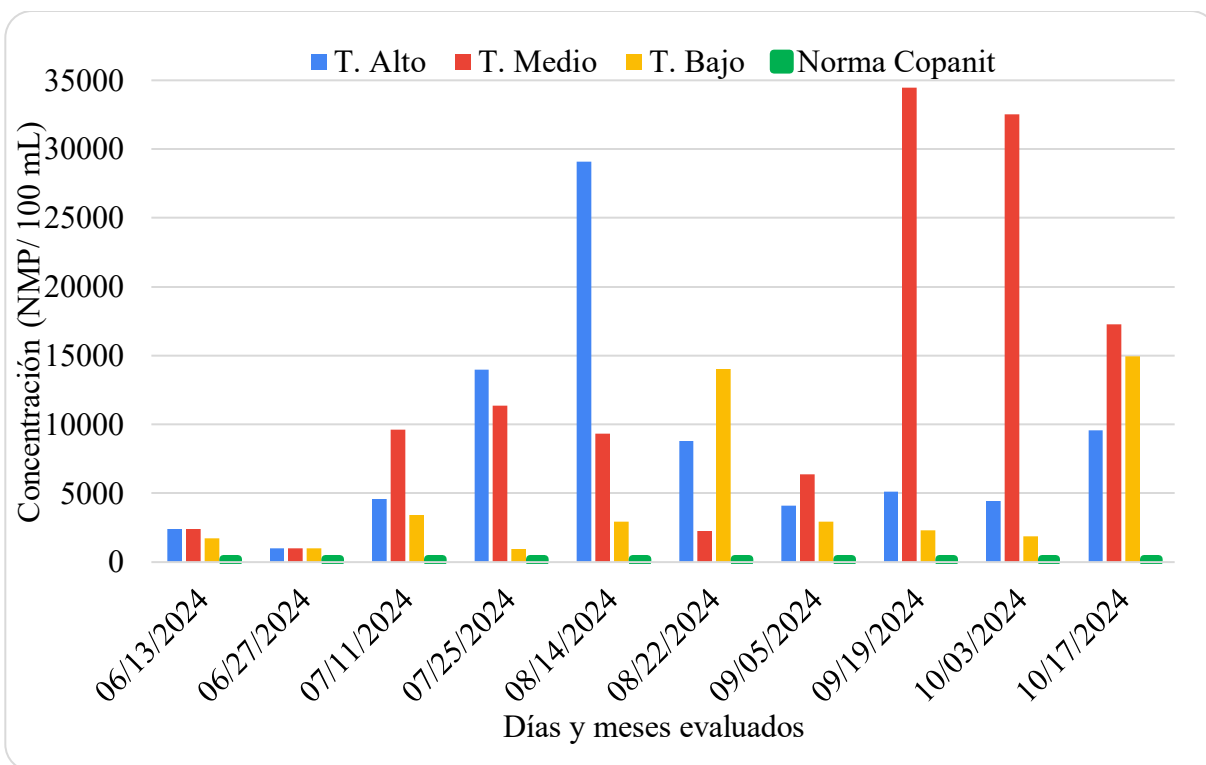


Figura 28. Contaminación por NMP *Escherichia coli*, por tramo en el río Mocambo.

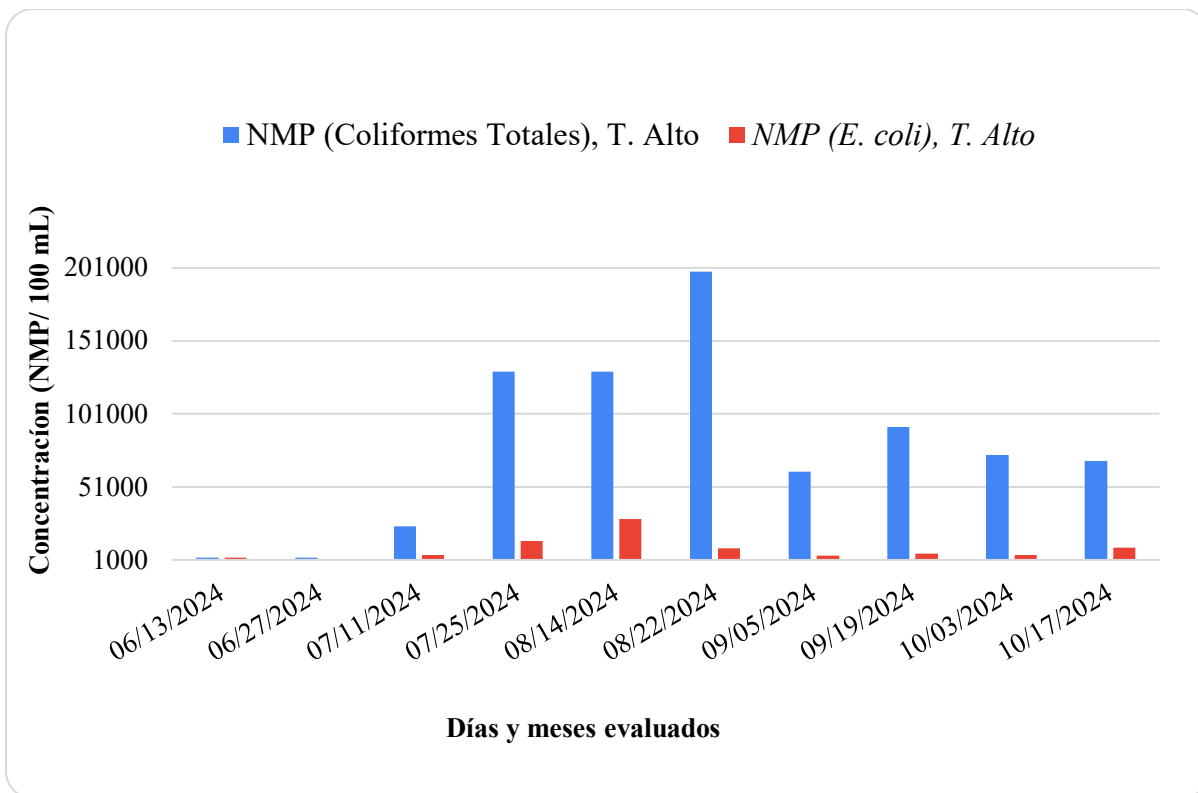


Figura 29. Contaminación de coliformes totales y *Escherichia coli* (NMP) en el tramo alto del río Mocambo.

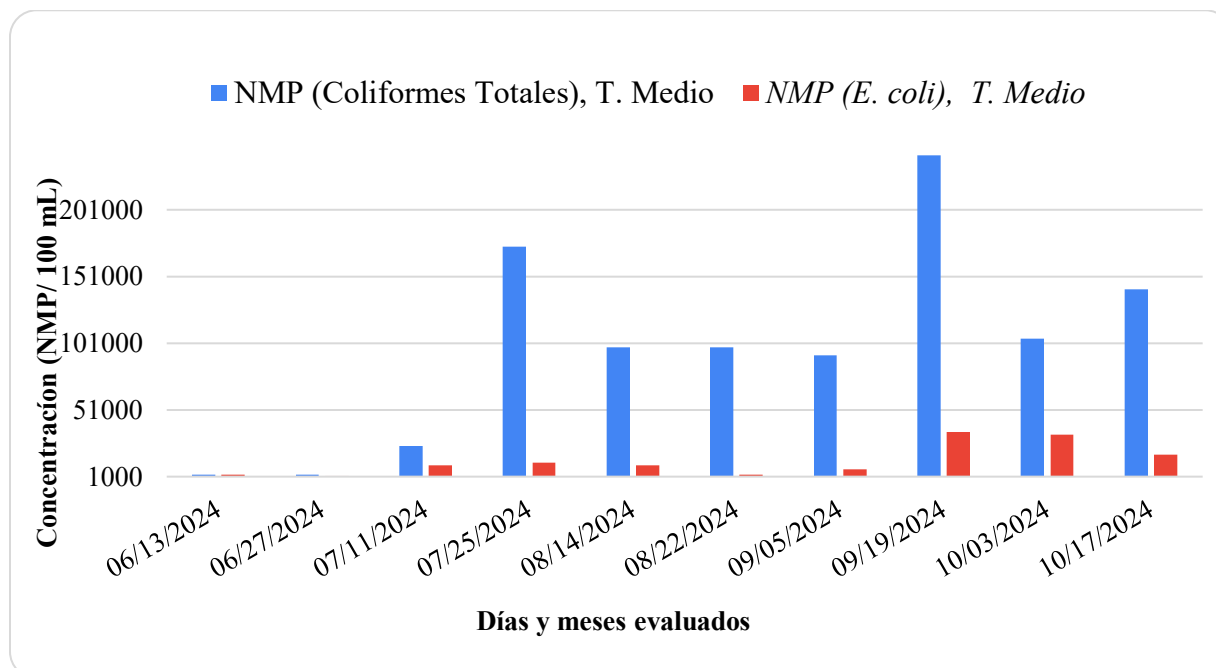


Figura 30. Contaminación de coliformes totales y *Escherichia coli* (NMP) en el tramo medio del río Mocambo.

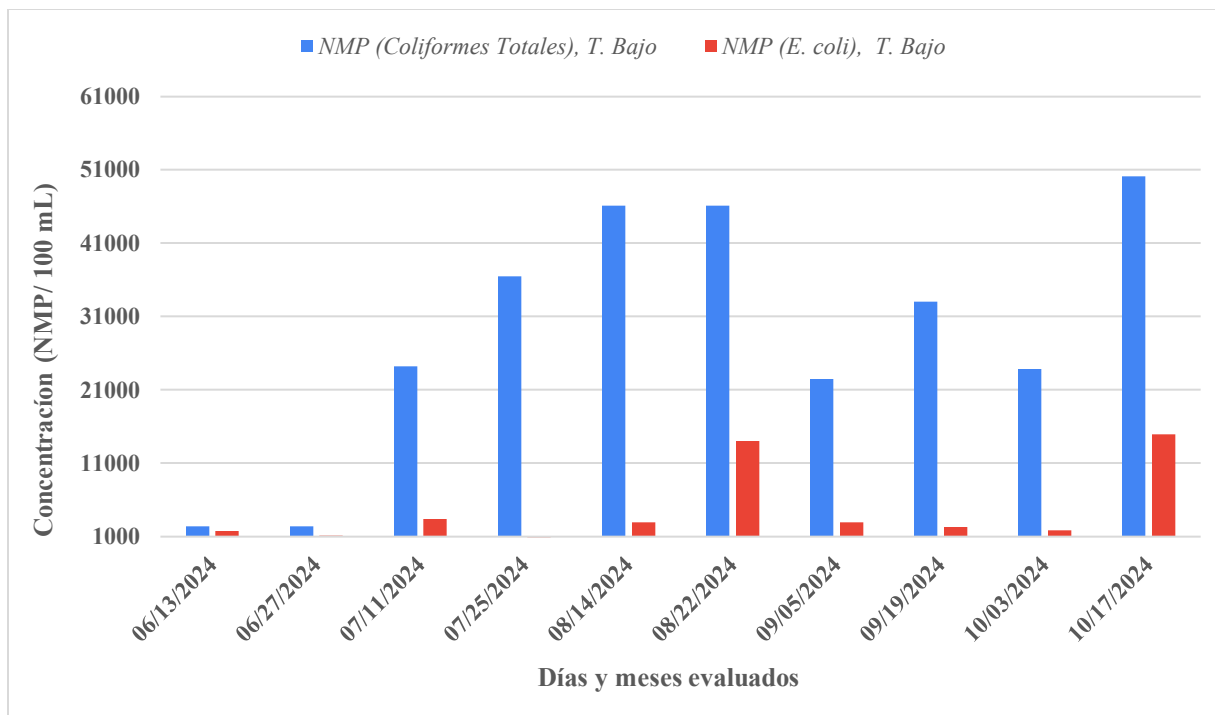


Figura 31. Contaminación de coliformes totales y *Escherichia coli* (NMP) en el tramo bajo del río Mocambo.

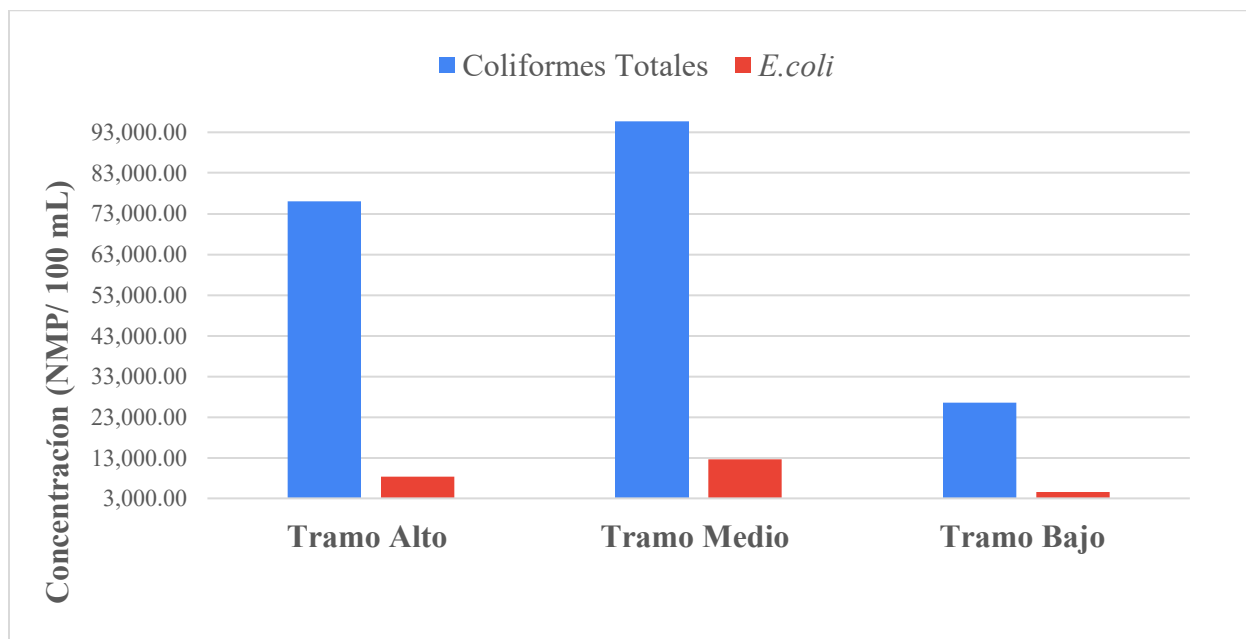


Figura 32. Valores promedio por contaminación de coliformes totales y *Escherichia coli* (NMP) por tramo en el río Mocambo.



Figura 33. Utilización del río para aseo personal.



Figura 34. Lavado de ropa en el río.



Figura 35. Contaminación por excretas de origen no identificado.



Figura 36. Presencia de pañales desechables en el tramo alto.



Figura 37. Vertido de aguas residuales directamente al río.



Figura 38. Utilización local de las aguas del río para necesidades.



Figura 39. Contaminación de las aguas por excretas animales.

Las imágenes recolectadas documentan la realidad del uso del río como un recurso multifuncional para la comunidad. Se observan familias lavando ropa y utensilios, así como niños y adultos bañándose en las aguas. Específicamente en la tramo alto y media debido a la carencia de suministro de agua potable en las comunidades aledañas. Adicionalmente, se observan animales defecando en las inmediaciones, lo cual contribuye significativamente a la contaminación del agua. Estas prácticas reflejan una problemática social y ambiental aguda, donde el acceso insuficiente a recursos básicos como el agua potable expone a las comunidades a graves riesgos sanitarios y ecológicos. El uso intensivo del río por parte de las comunidades debido a la falta de acceso a agua potable y saneamiento adecuado constituye un grave problema de salud pública y ambiental. Las actividades humanas y animales han alterado significativamente la calidad del agua, convirtiéndola en un riesgo para la salud de las personas que la utilizan. Es crucial que se tomen medidas correctivas para mitigar la contaminación y garantizar un acceso seguro a recursos hídricos limpios para las comunidades afectadas.

DISCUSIÓN

Para comprender la dinámica de la contaminación microbiológica, se analizaron parámetros fisicoquímicos relevantes como el pH y la temperatura, debido a su impacto directo en la actividad bacteriana y en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos (Escobar, 2024). La temperatura promedio a lo largo del río fue de 27.2 °C, registrándose el valor más alto (29.2 °C) en el tramo bajo el 27 de julio, y el más pequeño (24.3 °C) en el tramo alto el 14 de agosto. Estudios previos han demostrado que temperaturas elevadas aceleran el metabolismo y la reproducción de bacterias (Azubuike & Atuzie, 2025); sin embargo, en este estudio, el tramo bajo, pese a tener las temperaturas más altas, mostró la menor carga bacteriana. Esto indica que la temperatura, aunque influyente, no es el único factor determinante. Este comportamiento puede explicarse por la interacción de la temperatura con otros factores como la altitud, la cobertura vegetal y las fuentes de contaminación, zonas más elevadas y con mayor vegetación suelen presentar temperaturas más frescas, lo que limita la reproducción bacteriana (Loayza, 2015; Avello, 2023), además de favorecer procesos de autodepuración como la filtración y oxidación de contaminantes.

Los valores de pH oscilaron entre 7.5 y 8, reflejando una tendencia ligeramente alcalina. Esta alcalinidad puede atribuirse principalmente a la geología predominante del área, donde la presencia de rocas y suelos como la piedra caliza, favorece la disolución de minerales alcalinos y la liberación de iones bicarbonato (Almachi, 2023). Estos iones actúan como tampones naturales, elevando el pH del agua (Ministerio de Ambiente, 2023). También, podrían estar influyendo los lixiviados provenientes del vertedero de Cerro Patacón con una fuente de metales, estos podrían tener un pH variable dependiendo de la fase de descomposición de los residuos, otro factor influyente son las descargas de aguas residuales domésticas o industriales, que, si no están debidamente tratadas, pueden contener sustancias que alteren el pH. La relación directa entre la temperatura elevada y la mayor presencia de *E. coli* y coliformes totales coincide con los hallazgos de estudios previos, que indican que las condiciones cálidas y ligeramente alcalinas pueden promover la proliferación de estos microorganismos.

Los valores de pH se encuentran dentro del rango permitido por la COPANIT 35-2019 (5.5–9.0), lo cual permite el desarrollo de vida acuática. Sin embargo, *E. coli* y otras bacterias coliformes tienen un pH óptimo entre 6.5 y 7.5, aunque pueden sobrevivir en ambientes más alcalinos (Carrillo, 2024). Esto explica su persistencia en el tramo medio, donde el pH se acercó a 8.0. La

combinación de temperaturas superiores a 27 °C y pH ligeramente alcalino conforma un entorno propicio para la supervivencia de estos organismos (Atud *et. al.*, 2025; EFSA, 2025).

Los elementos químicos presentes (ver tabla 8) en el agua influyen en la sobrevivencia microbiana. Reportamos concentraciones elevadas de fósforo (221.1 ppm), hierro (4.4 ppm), calcio (68.5 ppm), cloro (55.4 ppm) y cobre (1.8 ppm), todos ellos con impacto potencial sobre la calidad microbiológica. El fósforo, al superar ampliamente el umbral ecológico de 0.1 mg/L, puede promover la eutrofización, generando condiciones favorables para el crecimiento bacteriano (Hidalgo, 2025). El cloro, aunque actúa como desinfectante, en concentraciones tan elevadas puede formar subproductos tóxicos y favorecer la resistencia bacteriana. El calcio, si bien dentro de límites normativos (1 000 mg/L), facilita la formación de biopelículas, que protegen a las bacterias del ambiente hostil (Bendayan *et al.*, 2024). El hierro, por su parte, es un cofactor esencial en el metabolismo de *E. coli*, lo que puede favorecer su proliferación (Guevara & Laborde, 2025). Finalmente, el cobre, conocido por su efecto antimicrobiano, puede perder efectividad debido a interacciones químicas con otros compuestos presentes (Tovar *et al.*, 2024), además de representar un riesgo para la fauna acuática. La exposición de cobre en aguas superficiales puede ser perjudicial para la salud si la población es expuesta constantemente, incluso si la contaminación se da en pequeñas cantidades ocasionando efectos negativos para la misma. Llevando a problemas de salud gastrointestinales como náuseas, vómitos, diarrea y problemas más serios como anemia. Los niños pequeños (especialmente menores de un año) y las personas con enfermedad de Wilson (un trastorno genético que impide al cuerpo eliminar el exceso de cobre) son particularmente susceptibles a los efectos adversos del cobre. En niños, incluso niveles moderadamente elevados pueden causar daño permanente en el hígado y los riñones. (Dozier *et. al.*, 2006).

Estos niveles de concentraciones de metales encontrados en el agua podrían estar correlacionados con las descargas directas de lixiviados desde el vertedero de Cerro Patacón al río Mocambo. Los lixiviados son fluidos que en vertederos pueden ser formados por la degradación de los residuos sólidos y que se ponen en contacto con agua procedentes de la escorrentía superficial y/o lluvia (Jones *et al.*, 2005). Estos lixiviados pueden contener distintos derivados constituyentes de la solubilización de reacciones químicas y bioquímicas que ocurren dentro del vertedero como distintos metales (Tchobanoglous *et al.*, 1996). Los lixiviados contribuyen a la contaminación de los suelos presentando altos niveles de contaminación por metales pesados, así como de contaminación microbiológica. Esto provoca la contaminación de los cauces de los ríos cercanos

a vertederos (Autoridad de Aseo, Plan nacional de gestión integral de residuos, 2017). En este estudio, cabe señalar que no se encontraron registros o estudios previos que detallaran la composición de metales de los lixiviados generados por el vertedero en cuestión. Sin embargo, la evidencia visual de su descarga y el conocimiento general sobre la problemática de los lixiviados en vertederos permite inferir una conexión probable con los niveles de metales detectados en nuestras muestras de agua, tal como documentan las imágenes obtenidas (fig. 37).

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian niveles alarmantes de contaminación microbiológica en el río Mocambo, por contaminación de coliformes totales y *Escherichia coli*. En todos los tramos, los recuentos superaron significativamente los límites permisibles establecidos por la normativa nacional, siendo el tramo medio el más afectado. Para coliformes totales, se registraron niveles superiores a 24 196.0 NMP/100 mL, sobrepasando ampliamente el umbral de 1 000 NMP/100 mL establecidos en la norma COPANIT 35-2019 para aguas superficiales. En el caso de *E. coli*, los valores alcanzaron los 34 480.0 NMP/100 mL el 19 de septiembre. De acuerdo con la normativa panameña COPANIT 35-2019 el límite máximo permitido para *Escherichia coli* es de 250 NMP/100 mL. Al comparar estos valores con los resultados obtenidos en el río Mocambo, se observa un incumplimiento significativo en todos los tramos evaluados.

La presencia de *E. coli* y coliformes en concentraciones tan elevadas constituye evidencia clara de contaminación por aguas residuales provenientes del vertedero de Cerro Patacón, derivadas de fosas sépticas sin ningún tratamiento a una zona con una lámina de PEAD. En Dicha área se acumulan las aguas residuales vertidas por cisternas hasta su colapso, momento en el cual la operadora del relleno libera el contenido de estas a las quebradas cercanas, pertenecientes al río Mocambo contaminado las aguas superficiales (Autoridad de Aseo, Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos, 2017), estas aguas también provienen también de viviendas aledañas al río como evidencias las imágenes recolectadas, lo que convierte a las aguas del río Mocambo en no aptas para el consumo humano, ni para actividades recreativas. Los focos puntuales de contaminación están estrechamente relacionados con el vertedero de Cerro Patacón, la descarga directa de residuos domésticos e industriales y la dependencia de las poblaciones locales del río como fuente de agua (Ministerio de Ambiente, 2023). La presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, aunque no son patógenos por sí mismos, actúa como un indicador clave de contaminación en el agua. Su detección en altas concentraciones puede sugerir la posible

existencia de microorganismos patógenos en el agua. No obstante, para confirmar su presencia es necesario realizar pruebas microbiológicas específicas y selectivas dirigidas a la identificación de dichos patógenos. (OMS, 2021).

Al analizar los sitios de muestreos, se observa una clara variabilidad entre los diferentes tramos del río. El tramo medio fue el más contaminado, atribuyéndolo a una mayor carga contaminante proveniente de actividades humanas, vertidos de aguas residuales y lixiviados, así como al menor flujo y mayor acumulación de contaminantes en esta zona. Por el contrario, el tramo alto presentó menores índices de contaminación en comparación con el tramo medio, probablemente debido a su ubicación más cercana a nacientes y con menor influencia de fuentes de contaminación antrópica y el tramo bajo registró las concentraciones más bajas de coliformes totales y *E. coli* en, puede atribuirse a una combinación de efectos de dilución, autodepuración natural, sedimentación de microorganismos y posible presencia de sustancias antimicrobianas. No obstante, incluso en el tramo bajo se identificaron valores elevados en ciertos momentos. Por ejemplo, el 5 de septiembre se reportó un valor de 22 470.0 NMP/100 mL para coliformes totales, y el 25 de julio se detectó un nivel de 970 NMP/100 mL de *E. coli*, justo en el umbral permisible. Esta variabilidad sugiere que la contaminación no es constante ni homogénea, y puede verse influida por factores como la estacionalidad, la intensidad de la actividad humana, la topografía, la cobertura vegetal y la pluviometría, que afectan el arrastre y dilución de contaminantes. Adicionalmente, la descarga continua de lixiviados desde Cerro Patacón contribuye de forma significativa a las cargas bacterianas observadas (Ministerio de Ambiente, 2023). Para coliformes totales se evidenció un valor promedio de 66 088.88 NMP/100 mL para los tres tramos estudiados, el valor promedio de contaminación representa el 6 608.89 % del valor permitido por la norma que es de 1 000 NMP/100 mL. Es decir, el agua tiene aproximadamente 66 veces más coliformes totales de lo que se considera aceptable para aguas superficiales. El promedio de *E. coli* determinado en los puntos de muestreo fue de 8 531.06 NMP/100 mL, valor que equivale al 3 312.42 % de contaminación del límite establecido por las normativas nacional para cuerpos de agua superficiales. Este nivel de contaminación supera en más de 34.12 veces el valor permitido, lo que evidencia una fuerte presencia de contaminación de origen fecal y refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes para la protección de la salud pública y la restauración del ecosistema acuático.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que la presencia de coliformes totales y *E. coli* en el río Mocambo no responde a un único factor, sino a una compleja interacción de variables

microbiológicas, fisicoquímicas y antrópicas. El tramo medio del río concentra las condiciones más favorables para la proliferación bacteriana, tanto por su cercanía a fuentes de contaminación directa como por los parámetros ambientales registrados. Esta comprensión integral es clave para el desarrollo de estrategias efectivas de monitoreo y mitigación, que permitan proteger la salud pública y restaurar la calidad del agua en este ecosistema altamente impactado.



Figura 40. Lixiviado proveniente del vertedero de Cerro Patacón que drena directamente al río Mocambo (Díaz, 2021).

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES

- Durante la estación lluviosa de 2024, el análisis microbiológico realizado en los tres tramos del río Mocambo (alto, medio y bajo) confirmó la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, indicadores de contaminación fecal. Esta detección sugiere una exposición constante del cuerpo de agua a fuentes de contaminación de origen antrópico, como descargas residuales domésticas, escorrentía urbana o infiltración de sistemas sanitarios. La distribución de los indicadores a lo largo del río evidencia que la contaminación no es puntual, sino extendida en todo el curso analizado.
- Los valores registrados de temperatura y pH se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa nacional. Sin embargo, la presencia sostenida de contaminación microbiológica a pesar de estos valores fisicoquímicos sugiere que estos parámetros, aunque importantes, no son suficientes para limitar la proliferación bacteriana cuando existen fuentes continuas de contaminación fecal.
- El tramo medio del río presentó los valores más altos de coliformes totales y *E. coli* durante el periodo de muestreo, en comparación con los tramos alto y bajo. Esta diferencia puede estar asociada a una mayor densidad poblacional, a vertimientos domésticos sin tratamiento o a otras actividades humanas presentes en esa sección del río. A pesar de que los niveles en los tramos alto y bajo fueron relativamente menores, todas las muestras superaron los valores establecidos por la normativa nacional para agua de uso recreativo o consumo, lo que confirma que el río se encuentra comprometido en toda su extensión.
- La detección de concentraciones elevadas de elementos como fósforo y cloro puede estar vinculada al vertido de aguas residuales, fertilizantes o productos de limpieza. Estos compuestos no solo alteran el equilibrio químico del agua, sino que también influyen en el crecimiento microbiano al proporcionar nutrientes o generar condiciones adversas. Su presencia resalta la interacción entre factores químicos y biológicos en la degradación de la calidad del ecosistema acuático y plantea un posible riesgo para la salud de las poblaciones que utilizan el río como recurso.

- La necesidad de aplicar diluciones seriadas en la técnica de Quanti-Tray permitió mantener los resultados dentro del rango cuantificable de la tabla NMP. Esta adaptación metodológica demostró la utilidad de mantener flexibilidad en los estudios de monitoreo ambiental, especialmente cuando se enfrentan muestras con alta carga microbiana. La técnica permitió obtener datos confiables y comparables, fundamentales para evaluar el riesgo sanitario y ambiental en sistemas hídricos como el río Mocambo.

RECOMENDACIONES

- Establecer un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua en el río Mocambo, incluyendo parámetros como oxígeno disuelto y materia orgánica, para evaluar su estado ecológico y tomar decisiones oportunas.
- Se recomienda realizar análisis microbiológicos complementarios utilizando medios de cultivo selectivos, con el objetivo de identificar posibles bacterias patógenas presentes en el agua del río. Esta información permitirá conocer con mayor precisión los riesgos sanitarios asociados al uso.
- Presentar los hallazgos de este estudio a las autoridades locales con el objetivo de que la información sea socializada con los residentes de las zonas cercanas al río Mocambo. Esto permitirá que la población conozca el estado real del agua que utilizan y fomente la participación comunitaria en acciones de mejora y protección ambiental.
- Las autoridades deben reforzar el sistema de recolección y disposición final de residuos sólidos, promoviendo la construcción de rellenos sanitarios adecuados, tratamiento de lixiviados y cumplimiento estricto de la norma COPANIT 35-2019 para evitar la contaminación de cuerpos de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, E. (1996). Tecnología del sustrato definido. Estudio de validación de nueva técnica para el análisis bacteriológico del agua potable. México: empresa de servicios sanitarios del libertador, Expert Lab., Inc.
- Almachi Quinatoa, E. R. (2023). Estudio de la influencia de contaminantes antropogénicas en las características físicoquímicas y microbiológicas del agua de riego del canal Ambato-Huachi–Pelileo, en la provincia de Tungurahua.
- Akinbile, C. O., & Yusoff, M. S. (2011). Environmental impact of leachate pollution on groundwater supplies in Akure, Nigeria.
- Adejumo, T. O. (2014). Microbial and physico-chemical analyses of dump sites and nearby water sources.
- Álvarez, I., & Artica Sota, J. (2018). Calidad microbiológica del agua de consumo humano de los distritos de Chanchamayo, aplicando la tecnología de sustrato definido Colilert.
- Alzate Marín, J. C. (2025). Producción de PHA a partir de subproductos de la industria, lacto suero y glicerina del biodiésel, usando lodos activados (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (2020). Estudio sobre el plan de manejo de los desechos sólidos para la municipalidad de Panamá en la República de Panamá.
- Arboleda-Baena, C. M., Betancur-Urán, J., Arismendi-González, L. M., Sepúlveda-Sánchez, M., & Rodríguez-López, M. (2016). Verificación de la metodología Colilert para la determinación y cuantificación de coliformes totales y *Escherichia Coli* en una matriz de agua natural. *Revista Politécnica*, 12(22), 105-112.
- Arroyo, N., & Dayana, H. (2017). Propuesta para el mejoramiento del proceso biológico de una laguna facultativa a través de biopotenciación de nutrientes en una avícola del municipio de Guadalajara de Buga.
- Arzú, O. R. (2020). Construcción del objeto de estudio calidad microbiológica del agua usada en horticultura en el departamento Libertador General San Martín, Chaco.
- Asano, T., & Levine, A. D. (1996). Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future. In *water science and technology*.

- Asociación Francesa De Normalización (AFNOR). (1985). Norma francesa aprobada por decisión del director general de AFNOR T90-413, del 5 de septiembre, relativa a las pruebas de agua - Detección y enumeración de coliformes y coliformes termotolerantes - Método general por siembra en medio líquido (NPP).
- Atud, A. Q., Aghaindum, A. G., De Paul, Z. V., & Buhnyuy, V. E. (2025). Assessment of biological contamination and influence of physico-chemical factors of groundwater used for consumption in peri-urban areas. *International journal of applied research in environmental science*.
- Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá (2024). https://www.aaud.gob.pa/index.asp?id=his_mis_vis
- Autoridad de Aseo. (2017). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos 2017–2027: Análisis y diagnóstico de la situación actual (Tomo I). Autoridad de Aseo.
- Autoridad del Canal de Panamá. (2022). Informe del Índice de Calidad de Agua (ICA).
- Autoridad Nacional Del Ambiente (2019). Informe De Monitoreo De La Calidad Del Agua.
- Autoridad Nacional Del Ambiente – Banco Interamericano De Desarrollo. (2010). Atlas ambiental de la República de Panamá. Primera Edición. Novo Art, S.A. Colombia. 190 Págs.
- Avello Fontecilla, M. (2023). Relaciones entre temperatura superficial, morfología urbana y nivel socioeconómico a escalas local y microescala: el caso de Quilpué, Valparaíso, Chile.
- Azubuike, A., & Atuzie, Q. A. (2025). Abattoir waste and public health implications in Port Harcourt Metropolis. *Researchgate*.
- Bauder, W. A. (2020). Universidad Estatal de Montana programa de extensión en calidad de agua departamento de recursos en la tierra y ciencias ambientales.
- Becerra Moreno, D., & Cárdenas-Gutiérrez, J. A. (2023). Causas y consecuencias de la contaminación de aguas.
- Bendayan, A., Bonetti, V., Sanabria, Z., Azócar, E., Salazar, V., & Fernández-Delgado, M. (2024). Biopelículas bacterianas (parte I): composición, estructura e implicaciones en ambientes acuáticos, clínicos e industriales. *Acta Microscopica*, 33(2), pp47-pp75.
- Bielik, P., Bandlerova, A., & Pierzgalski, E. (2014). Marco jurídico de gestión del recurso hídrico en la Unión Europea. In congreso internacional de códigos y desafíos para enfrentar la crisis del agua (La Plata, 2014).

- Brborich Boada, D. (2025). Identificación de genes de Resistencia Antimicrobiana en Bacterias Aisladas de Comida Callejera del Centro del Distrito Metropolitano de Quito mediante análisis microbiológicos y moleculares.
- Brain Valenzuela, I., Prieto Suárez, J. J., & Sabatini Downey, F. (2010). Vivir en campamentos: ¿camino hacia la vivienda formal o estrategia de localización para enfrentar la vulnerabilidad?. *EURE (santiago)*, 36(109), 111-141.
- Bustos Castellano, A. N., & Palomeque Montero, J. D. (2025). Análisis el grado de cumplimiento del derecho al agua en la junta administradora de agua potable y saneamiento regional proyecto Nero, durante el año 2023, en la parroquia El Valle, Cuenca-Azuay, Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Cabello, R. (2015). Microbiología y Parasitología Humana: bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias (3a Edición). Editorial Médica Panamericana S.A.
- Caicedo Bobadilla, S. (2024). Metodología para la evaluación y aplicación de tecnologías en proyectos MDL: caso de estudio de parques ecológicos en Colombia.
- Camacho A, Giles M, Ortegón A, Palao M, Serrano B Y Velázquez O. (2009). Técnicas Para El Análisis Microbiológico. Segunda Edición. Facultad De Química, Universidad Nacional Autónoma, México.
- Camargo-Arévalo, L. X. (2022). Evaluación de la carga contaminante de la Quebrada Garzón por la descarga directa de aguas residuales de la red de alcantarillado del casco urbano del municipio de Garzón.
- Campuzano, S., Mejía Flórez, D., Madero Ibarra, C., & Pabón Sánchez, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá DC. *Nova*, 13(23), 81-92.
- Canet, J. J. (2016). Escheria coli características patogenicidad y prevencion. Betelgeux.
- Caycedo Lozano, L., Ramírez, L. C. C., & Suárez, D. M. T. (2021). Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química. *Nova*, 19(36), 49-94.
- Condor-Mallitasig, L., & Moreano-Martínez, L. (2024). Caudal, Fuentes Hídricas y Crecimiento Poblacional en las Zonas Altas de Eloy Alfaro. *MQRInvestigar*, 8(4), 1213-1231.
- Consejo Nacional Del Agua. (2016). Plan Nacional De Seguridad Hídrica 2015-2050: agua para todos. Panamá.

- Cordova Aliaga, J. L., & Cusiwallpa Quispe, S. E. (2024). Control de calidad microbiológico y físicoquímico de soluciones orales de jalea real expendidas en boticas y casas naturistas del distrito del Cusco, 2022.
- Carrillo Yupangui, L. E. (2024). Calidad microbiológica y resistencia bacteriana de una bebida emoliente a base de sábila (Aloe vera) expendido de forma ambulatoria en la ciudad de Riobamba.
- Carrillo Jiménez, C. A. (2023). Humedales en disputa: Realidades, crisis socioecológica y tramas comunitarias en Suacha (Colombia) (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Cedeño Macias, J. S. (2019). Incremento de pH como control de *Botrytis*, *Rhizopus*, *Salmonella* y *Escherichia coli* presentes en la frutilla (*Fragaria x ananassa*), Manta 2019 (Doctoral dissertation).
- Cid, N. S. (2019). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua procedente de la laguna San Lorenzo-Neuquén (Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud).
- Chuilla Condori, A. (2022). Estudio de la resistencia antimicrobiana en aguas superficiales del río la paz durante el periodo de mayo 2021-agosto 2022, en el contexto de la pandemia covid-19(Doctoral dissertation).
- Chávez Alas, P. B. N., & Reinos Mendoza, K. M. (2011). Análisis microbiológico de alimentos que se preparan y consumen en el centro de atención a ancianos " Sara Zaldívar"(Doctoral Dissertation, Universidad De El Salvador).
- Chávez Montes, W. M. (2011). Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados
- Chigor VN, Umoh VJ, Okuofu CA, Ameh JB, Igbinsola EO, Okoh AI. Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard. Environ Monit Assess. 2012; 184(5):3389-3400.
- Creative, C. 2005. Contaminación y purificación del agua.
- Cóceres, F. M. (2024). Normativas de calidad de agua para la vigilancia de microorganismos de transmisión hídrica en Argentina y países limítrofes. Revista de la Facultad de Medicina de la UNNE, 44(2), 3-10.

- Cruz, H., & Montañez, D. (2024). Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua potable en algunas comunidades rurales de la región de Azuero. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 13(1), 24-37.
- Curacachi Pacheco, M. C., & Rivera Jacay, D. I. (2024). Efecto del tiempo y el nivel de oxigenación en la rapidez de biodepuración aerobia de agua residual doméstica.
- Dalton C.B., Gregory J. , Kirk M.D. , Stafford RJ, Givney R, Gould D. (2004). Foodborne disease outbreaks in Australia, 1995 To 2000. *Hunter Population Health*, University Of Newcastle, Wallsend, New South Wales. 28 (2): 211-24.
- De La Cruz. (2013). Evaluación de tres técnicas microbiológicas utilizadas para detectar coliformes totales y fecales en muestras de agua. *Visión Antataura*, Panamá.
- Deker Moran, J. J., & Vera Yanez, A. P. (2024). Estudio de la percepción y conocimientos sobre temas ambientales, cambio climático y propuesta de educación ambiental en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga 2023”.
- Díaz M, Rodríguez C, Zhurbenko R. (2010). Aspectos fundamentales sobre el género enterococcus como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Rev. Cubana Hig Epidemiol.* 48(2):47-161.
- Díaz ÁM, Izquierdo CCS, Fernández De La Paz T, Izquierdo AM. (2008). Características clínicas y epidemiológicas de las infecciones por enterococos en El Niño. *Rev Cubana Pediatr.* 79(1)
- Díaz, B. D. L. Á. P., Cab, K. D. R. R., Guzmán, J. G. U., Chan, Á. F. Y., Sonda, D. A. M., & Leonardo, A. M. C. (2024). Propuestas para la reducción de contaminación en los cenotes del territorio hunucmense.
- Díaz, F. J. P. D. (2003). Investigación sobre el efecto de la temperatura en los procesos biológicos por fangos activos (Doctoral dissertation, Caminos).
- Díaz Velásquez, K. Y. (2021). Evaluación biofísica del tramo del río Cárdenas (disertación doctoral, Universidad De Panamá).
- Dozier, M. C., McFarland, M. L., & Lesikar, B. J. (2006). Problemas del agua potable: El cobre. *Cooperative de Texas Extensión*, El Sistema Universitario Texas A & M.
- Ecuadoriana, C. R. (2006). Manual comunitario para el mejoramiento de la calidad y acceso a agua segura. Programa salud comunitaria. Proyecto ayuda humanitaria frontera Norte. Publiasesores.

- Ediciones, U. T. E. G., & Carrasquero, S. (2024). II Semana Internacional del Agua UTEG–Red AMARU 20, 21 y 22 de marzo de 2024.
- EFSA Panel On Biological Hazards (BIOHAZ) (2025). Microbiological hazards associated with the use of water in post-harvest handling and processing operations of fresh and frozen fruits, vegetables, and herbs. Wiley Online Library.
- Encalada Zumba, J. A., & Mogrovejo Nieves, J. L. (2024). Evaluación de la calidad del agua de las microcuencas Rodeo, Campamento y Yabana en la parroquia Cumbe.
- Encarnacion Bustillos, R. E., & Valle Samaniego, J. M. (2024). Evaluación de la calidad del agua del río Huallaga mediante análisis fisicoquímico y microbiológico para riego agrícola en el centro poblado Colpa Baja, distrito de Huánuco, Huánuco-2023.
- Escobar Molina, K. Y. (2024). Concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos del centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023.
- Espinosa Ramírez, A. J. (2018). El agua, un reto para la salud pública: la calidad del agua y las oportunidades para la vigilancia en salud ambiental (Doctoral dissertation).
- Erickson, J. J., Smith, C. D., Goodridge, A., & Nelson, K. L. (2017). Water quality effects of intermittent water supply in Arraiján, Panama. *Water Research*, 114, 338–350.
- Escudero-Núñez, C. (2023). Odisea por el agua. Análisis del conflicto, uso y administración del agua en Arraiján. *Revista Panameña de Ciencias Sociales*.
- Fábrega, J. J. H., Núñez, K., & González, A. (2022). Contaminación por coliformes y evaluación fisicoquímica del agua en las cercanías de la desembocadura del río Mariato, Veraguas, Panamá.
- Fernández A, Molina M, Alvarez A, Alcántara M, Espigares A. (2001). Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis a. *Higiene y sanidad ambiental*. 1:24-8.
- Flores Rojas, D. (2014). Guía para la vigilancia Aguas es vida (1 ed.). Acosta Publicidad y creatividad.
- Fonseca María, Avina Giovanna. (2008). Calidad microbiológica de jugos preparados en hogares de bienestar familiar en la zona norte de Cundinamarca. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad De Ciencias. Bogotá.
- Gallo Jaguaco, O. A., & Quinaluisa Nasimba, L. A. (2023). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Cutuchi, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi (Bachelor's thesis).

- Galvis Toro, J., & Rivera Guerrero, X. (2013). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (ptari) de la empresa jugos hit de la ciudad de pereira.
- García, M. D. (2024). Gestión hídrica regional del SICA: Temor de la escasez de agua potable en Centroamérica.
- Guerrero Baca, S., & Ccallo Nina, C. M. (2024). Evaluación de la calidad del agua del río Challhuahuacho mediante la metodología de ICA-PE en el departamento de Apurímac-2022.
- Guerrero, M. G. N. U. IV. Retos ambientales y urbanísticos: ubicación de asentamientos irregulares sin datos cuantificables, el caso de Xalapa, Veracruz. Una mirada académica a la Zona Metropolitana de Xalapa, 103.
- Guevara Muñoz, H. D., Muñoz Martínez, V. A., & López Restrepo, M. A. (2025). Paisajes de agua. Estrategias para la transformación de paisajes sensibles al ciclo del agua en la quebrada Los Aguacates en el municipio de Copacabana.
- Guevara, J. Z., & Laborde, J. Z. (2025). Microbiología: Los microorganismos, sus estructuras, fisiología, genética e inmunología.
- Grey, A. A., De Franco, V. D., & Cárdenas, C. E. (2014). Estudio comparativo de la calidad del agua superficial marino costero en área adyacente al Canal de Panamá.
- González Pineda, S. R. (2003). Caracterización ambiental y valoración económica de la contaminación de la quebrada Paso Ancho (La Vergüenza) en David (disertación doctoral, Universidad De Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado).
- González, S. R. (2024). Fitorremediación de la bacteria *E. coli* mediante la planta acuática *Lemna* minor como solución para la contaminación en la barranca Amanalco.
- Gómez, I. I. R., & García, E. J. C. (2021-2022). Análisis de las características microbiológicas y fisicoquímicas que afectan la calidad del agua de consumo humano de la Universidad de Santander Cúcuta.
- Guailla Naula, G. R. (2025). Valoración de los servicios ecosistémicos asociados a los recursos hídricos y su escalamiento espacial sobre los disturbios ambientales en la ciudad de Alausí, Provincia de Chimborazo (Master's thesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo).

- Guzmán-Quintero, A., O. L. Palacios-Vélez, R. Carrillo-González, J. Chávez-Morales, And I. Nikolskii-Gavrilov. (2007). La contaminación del agua superficial en la tramo del río Texcoco, México. *Agrociencia* 41:385-93.
- HANNA Instruments. (2025). HI98191 waterproof portable ph/orp meter with smart electrode.
- Hammad, A. M. (2022). Loads of coliforms and fecal coliforms and characterization of thermotolerant *Escherichia coli* in fresh raw milk cheese. *Pubmed Central*, 332(11), 12
- Heckadon, S., & Ibáñez, R. (1999). La Tramo del Canal: deforestación, urbanización y contaminación. Panamá: Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, SBN 9962-614-00- 7
- Hernández Gonzáles, M. (2025). Poder empresarial agrícola: influencia en la toma de decisiones dentro de la política hídrica chilena en la provincia de Petorca.
- Hidalgo Brito, R., & Marrero Pacheco, D. A. (2015). Proyecto de instalación de planta de tratamiento de lixiviados sostenible, caso aplicado al vertedero de Duquesa.
- Hidalgo Herrera, B. S. (2025). Eficiencia de insumos químicos en el control de la proliferación de dinoflagelados en sistemas productivos de camarón (Master's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025.).
- Him, J. J., Barría, G., & Serrano, C. (2019). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Santa María en los alrededores del ingenio la Victoria, Veraguas, Panamá. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 8(1), 174-194.
- Huatangari Navarrete, R. M. (2024). Propuesta de un plan de manejo ambiental para minimizar los impactos por residuos sólidos generado en la playa El Chaco-distrito de Paracas, 2022.
- Huayta Choque, V. R., & Condori Ramos, E. (2024). Contaminación ambiental del lago Titicaca transgrede el principio constitucional de vivir en un ambiente sano Puno-2023.
- IDEXX. (2008). Validación Del Método Colilert®- 18/Quanti-Tray® para el recuento de *E. coli* y de bacterias coliformes en muestras de agua, One IDEXX Drive, Westbrook, Maine 04092, EE. UU.
- IGNTG (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia)-ANATI. 2016. Atlas de la República de Panamá. Impresión Carpal. Panamá. 318 Págs.
- Infante, A. E. R., Tamay, J. A. M., & Segarra, S. M. T. (2024). Determinación de coliformes spp y *Escherichia coli* en quesos frescos del mercado 9 de octubre, Tramo. *Tesla Revista Científica*, 4(1), E294-E294.

- Instituto Nacional De Estadística Y Censo (2020). Volumen V: Lugares Poblados De La República, Tomo 1, Viviendas Particulares Ocupadas Y Población De Los Lugares Poblados Urbanos De La República, Según Provincia, Distrito, Corregimiento Y Barrios Que Los Integran: Censos 2023.
- ISO. (2012). Water quality — Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria — Part 2: Most probable number method (ISO 9308-2:2012). International Organization for Standardization.
- Jones D. L.; Williamson K.. L. Owen A. G. (2005). Phytoremediation of landfill leachate. Waste Manegement.
- Justo Roque, R. G. (2025). Generación de caudales de diseño en subcuencas tropicales por cambio de cobertura vegetal, caso subcuenca Huatziroqui, Junín 2024
- Kronk, S., & Chen, D. (2015). Spatial & Temporal Dimensions of Urban Growth in Panama City
- Lanao Maldonado, M., & Ormad Melero, M. P. (2012). Investigación de la inactivación de *Clostridium perfringens* y *Enterococcus* sp. en aguas mediante procesos convencionales y avanzados de oxidación.
- Larrea-Murrell, C., Adina, J., María, M., Mercedes, N., Adina Larrea-Murrell, J., María Rojas-Badía, M., Mercedes Rojas-Hernández Mayra Heydrich-Pérez, N. (2013). Bacterias Indicadoras De Contaminación Fecal En La Evaluación De La Calidad De Las Aguas: Revisión De La Literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24–34.
- Lluma Quishpe, J. G. (2024). Impacto Sostenible En El Desarrollo De Cantones De La Zona Este De La Provincia Del Guayas Por La Explotación Y Uso De Materiales Pétreos Locales Para La Fabricación De Hormigón (Master's Thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.).
- López, A., Ruiz, D., Hernández, G., Fernández, E., Mota, L., Quiñones, E., & Rodríguez, R. (1993). Manual De Laboratorio De Microbiología Sanitaria (2ª Ed.). *Instituto Politécnico Nacional*.
- Lopez Córdoba, D. (2025). Turismo Campesino Sostenible: un satisfactor sinérgico para tiempos de crisis socioeconómica y cambio climático en las comunidades de Nicoya y Jicaral de la península de Nicoya, Costa Rica.
- Loayza Quispe, J. L. (2015). Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subtramo del río Shullcas–Huancayo–Junín.

- Macías Choez, B. I., & Toro Tigua, A. J. (2025). Aspectos ambientales en las riberas de la subcuenca río Puyo del cantón Puyo, 2024 (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).
- Madigan, M., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckley D.H. Y Stahl, D.A. (2015). Brock: Biología De Los Microorganismos (14a Edición). Madrid, España: Pearson Educación.
- Martínez Austria, P. F., Díaz-Delgado, C., & Moeller-Chavez, G. (2019). Seguridad hídrica en México: diagnóstico general y desafíos principales. *Ingeniería del agua*, 23(2), 107-121.
- Martínez, C. E. G. (2024). Análisis De La Variación Temporal Y Espacial De Las Concentraciones De Arsénico En El Agua, Los Sólidos Suspendidos Y El Sedimento Del Río Cauca, Colombia
- Mccarthy, R. (1999). Plan De Manejo Parque Nacional Camino De Cruces, Sistema Nacional De Áreas Protegidas. Autoridad Nacional Del Ambiente, Administración Regional Panamá Metropolitana. Panamá. 164 Págs.
- Méndez Calderón, M. C. (2023). El Agua Dulce, Un Recurso Geoestratégico Visto Desde La Perspectiva De La Hidro Política. *Multiverso Journal*, 3(4), 20–28.
- Méndez-Morales, E. G., del Refugio González-Sandoval, M., Navarro-Gómez, H. I., Contreras-López, C., & Cerón-Carballo, J. E. (2024). La cuenca Río Grande Tulancingo: Erosión hídrica y vulnerabilidad. *Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
- Méndez, N. R., San Pedro, C. L., Castillo, B. E., & Vázquez, B. E. (2010). Modelación Del Tiempo De Conservación De Muestras Biológicas De Agua. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 26(4).
- Mexicano, J. (2008). Importancia De La Calidad Físico Química Y Microbiológica Del Agua Potable Del Municipio Nueva Santa Rosa.
- Ministerio De Comercio E Industrias Dirección General De Normas Y Tecnología Industrial, Reglamento Técnico Dgnti-Copanit 35-2000 (2000). Descarga De Efluentes Líquidos Directamente A Cuerpos Y Masas De Agua Superficiales Y Subterráneas Agua.
- Ministerio De Comercio E Industrias Panamá (2021). Comisión Panameña De Normas Industriales Y Técnicas (COPANIT), DGNTI-COPANIT 23-395-99 Agua Potable.
- Ministerio De Ambiente. 2023. Plan De Manejo Del Parque Nacional Camino De Cruces-Panamá. Elaborado Por El Ministerio De Ambiente Con La Asistencia Técnica De Consultores Ecológicos Panameños, S. A., A Través De La Consultoría Para La Actualización Del Plan

- De Manejo Del Parque Nacional Camino De Cruces Del Ministerio De Ambiente De Acuerdo A Lo Establecido En La Resolución DIEORA IA-156-2014 Aprobada Para La Ejecución Del Proyecto Tercera Línea De Transmisión Eléctrica Veladero-Llano Sánchez-Chorrera-Panamá, 230 Kv, Adaptación De Las Subestaciones Asociadas A Tramo Chorrera-Panamá.
- Ministerio de Ambiente (2002). Antiguo ANAM. Decreto ejecutivo 479 de 23 de abril de 2013.
- Ministerio de Desarrollo, B. I. (2022). Diagnóstico Integral de la Tramo Hidrográfica del Canal de Panamá.
- Mora-Alvarado, D. (2024). Evolución de las guías microbiológicas de la OMS para evaluar la calidad del agua de consumo humano. Periodos 1984-1994-2004-2011 y 2024. *Revista Tecnología en Marcha*, ág-110.
- Morán, G. (2022). CAPÍTULO 3. Diagnóstico Comunitario De La Comunidad Amiga El Valle De San Francisco De Ancón, Provincia De Panamá. Bordaje De La Realidad Social En Panamá, 54.
- Morales León, V. B. (2022). Remoción de cromo hexavalente en aguas residuales a partir de tratamientos electroquímicos en la empresa Tenería Núñez.
- Muñoz, M. C. G., & Baena, J. A. P. (2013). Nutrientes y carbono orgánico disuelto en el agua natural para un proceso de potabilización y su relación con el nivel del embalse afluente. *Revista Politécnica*, 9(17), 27-37.
- Murillo, Y. B., Asprilla, Y. U., & Murcia, Y. G. (2024). Estrategias Pedagógicas Ambientales: un Camino hacia la Salvación del Río Condoto (Choco, Colombia. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(5), 10473-10488.
- Mushi D, Byamukama D, Kivaisi AK, Mach RL, Farnleitner AH. (2010). Sorbitol-Fermenting Bifidobacteria Are Indicators Of Very Recent Human Faecal Pollution In Streams And Groundwater Habitats In Urban Tropical Lowlands. *J Water Health*. 8(3):466–478.
- Natera, D. (2018). Diversidad De Mamíferos En Un Área Intervenida De La Tramo Del Canal De Panamá.
- Marcano Navascués, R. (2025). Efecto del flúor en la adhesión bacteriana a materiales de restauración a base de ionómero de vidrio de nueva generación y materiales de cementación a base de resina.

- Navarro Díaz, M. (2024). Metodología Sencilla Y Económica De Detección De Bacterias Coliformes En Agua De Comunidades Rurales Del Municipio De Tela (Honduras). Tfg Realizado Dentro Del Proyecto De Aps N° 23/22.23'cuidado De Los Ríos Y Educación Hídrica En Comunidades Rurales De Honduras'.
- Organización Mundial De La Salud. Guías Para La Calidad Del Agua Potable, 4ta Ed. Vol 1, 2011.
- Organización Mundial De La Salud. Guías Para La Calidad Del Agua Potable. 2da Edición, Ginebra. 1995.
- Organización Mundial De La Salud (2004). Comunicado De Prensa. Revisión De Las Guías Para La Calidad Del Agua Potable Con El Fin De Prevenir Brotes Epidémicos Y Enfermedades Relacionados Con El Agua,
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). WHO global guidelines for recreational water quality: Volume 1 Coastal and fresh waters. World Health Organization
- Páez Delgado, C. G. (2009). Determinación De Coliformes Fecales Y Totales En Expendio De Alimentos En Establecimientos Formales Del Macrodistrito Centro De La Ciudad De La Paz, De Septiembre A Diciembre De 2007 (Doctoral Dissertation).
- Pequenoa, L. A. B., Carolinoa, M. P., Carvalho, M. N., & El-Deira, S. G. (2024). Journal of Environmental Analysis and Progress. *Journal of Environmental Analysis and Progress* V, 9(02), 114-121.
- Pan American Health Organization (PAHO) (2003). Promoting The Healthy, Safe Use Of Recreational Waters. Rev. Panam. Salud Publica. 14(5): 364-9.
- Pandey, P. K., Kass, P. H., Soupir, M. L., Biswas, S., & Singh, V. P. (2014). Contamination Of Water Resources By Pathogenic Bacteria. AMB Express, 4(1), 51.
- Peña, H. (2016). Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas.
- Pérez, Kelyneth. (2017). Pobreza en la capital: a la gente de Mocambo le toca bañarse en un río contaminado.
- Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Peña-Avelino, L. Y., Rendón-Huerta, J. A., González-González, C., & Tristán-Patiño, F. (2012). Impactos Y Regulaciones Ambientales Del Estiércol Generado Por Los Sistemas Ganaderos De Algunos Países De América. Agrociencia, 46(4), 359-370.
- Pitty, M., & Migdaris, Y. (2021). Evaluación de impactos y problemáticas existentes en las comunidades aledañas al relleno sanitario Cerro Patacón, Ciudad de Panamá.

- Pullés, M. R. (2014). Microorganismos Indicadores De La Calidad Del Agua Potable En Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36.
- Ramírez, M., del Socorro Aguilar-Cucurachi, M., Ros-Cuellar, J., del Socorro Lara-López, M., Vidriales-Chan, G., & Ramos-Escobedo, M. G. (2025). Política hídrica en Veracruz, una mirada desde la coherencia vertical, la transparencia y el alfabetismo hídrico. *Tecnología y ciencias del agua*, 16(2), 398-446.
- Ramírez Salas, B. F. (2021). Prevalencia Y Resistencia Antibiótica De Uropatógenos En Mujeres Atendidas En El Hospital III Iquitos Essalud De Enero A Marzo 2020.
- Ríos López, A. L. (2019). Influencia De Estrés Frío En Combinación Con Compuestos Polifenólicos En La Sobrevivencia Y Expresión De Ciertos Factores De Virulencia De Tres Patotipos De Escherichia Coli (EHEC, ETEC Y EPEC) (Doctoral Dissertation, Universidad Autónoma De Nuevo León).
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano.
- Rojas, Y. C. M., & Pérez, A. L. Z. (2024). Determinación de las Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua de la Quebrada la Tonchalera, en el Sector del Rodeo, Cúcuta.
- Rovira, D. M., Branda, G., Valdés, B., Castillo, A., & Rivera, R. (2018). El Agua, Elemento Clave Para La Seguridad Alimentaria. Estudio De Caso: Calidad Del Agua De Consumo De Urbanizaciones De David Y Dolega.
- Romero, A. M., Gómez, K. F., Sánchez, J. O., & García-Luján, C. (2009). Monitoreo De La Calidad Microbiológica Del Agua En La Tramo Hidrológica Del Río Nazas, México. *Química Viva*, 8(1), 35-47.
- Rossen A, Rodríguez MI, Ruibal AL, Fortunato MS, Bustamante A, Ruiz M, Angelaccio C, Korol S. (2008). Indicadores Bacterianos De Contaminación Fecal En El Embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Hig Sanid Ambient*. 8:325-330.
- Rueda, V. O. M., & García, C. G. (2002). Vulnerabilidad Y Adaptación Regional Ante El Cambio Climático Y Sus Impactos Ambientales, Sociales Y Económicos. *Gaceta Ecológica*, (65), 7-23.
- Sánchez, M. C. P., & Acosta, A. R. F. (2024). Contaminación ambiental y sus consecuencias en la salud. *Polo del Conocimiento*, 9(8), 1146-1157.

- Sánchez, V. V. V., & Adams, H. J. C. (2023). Calidad Biológica De Cuatro Ríos De La Provincia De Bocas Del Toro Con El Uso De Macroinvertebrados Acuáticos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1736-1760.
- Salgado Aliaga, K. V. (2024). Propuesta de un modelo de monitoreo participativo para la implementación de tecnologías no convencionales en el Río Pallina, Municipio Viacha del departamento de La Paz (Doctoral dissertation).
- Salvioli, M. L. (2024). Servicios ecosistémicos. *Libros de Cátedra*.
- Saavedra, M. E. A. (2021). Determinación de los factores físicos químicos en la fuente de agua impactada por los lixiviados de los residuos sólidos en el botadero de Chilla Juliaca (Doctoral dissertation, Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)).
- SEMARNAT. (2021). NMX-AA-186-SCFI-2021: Análisis de agua – Determinación de bacterias coliformes totales y *Escherichia coli* – Método del número más probable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Soto Polinar, C. T. (2023). Implementación de un filtro a base de carbón activado de cascara de coco para la depuración de lixiviados provenientes del botadero de Chilepampa-Nauyan Rondós, Huánuco, 2022-2023.
- Taipe Perez, A. M., & Paucar Romero, M. (2024). Análisis de la eficiencia de remoción de turbidez y materia orgánica con el sulfato de aluminio y la *Opuntia ficus-indica* de las aguas residuales del camal Santo Domingo de Guzmán del distrito de Sicaya, Huancayo-2023.
- Tapia Quispe, E. K., & Velasquez Vera, J. L. (2024). Calidad ambiental del agua y su relación con los residuos sólidos en el río Vilcanota, distrito Ollantaytambo-Cusco.
- Tchobanoglous G., Theisen h. y Vigil S., (1996), Gestión Integral de Residuos Sólidos, Vol. I, Ed. Mc Graw-Hill, España.
- Tovar, J. D., Rodríguez, M., de Waard, J., & Claro, F. (2024). Síntesis y caracterización de un nanocompuesto de cobre-quitosano/ácido hialurónico y su actividad antimicrobiana. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 87(3), 223-235.
- Unión Europea. (2006). Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño. Diario Oficial de la Unión Europea.
- United States Environmental Protection Agency. (2012). Recreational Water Quality Criteria.

- Usma Granados, C. D., & Betancur Quintero, M. C. (2025). Estrategia de educación ambiental bajo el enfoque bosque escuela para el nodo Cuchilla de San Juan del bosque modelo Risaralda.
- Vegas Villar, A. (2025). Calidad bacteriológica del agua de las botellas de unidades dentales en la clínica odontológica de posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal-2024.
- Vasquez Del Castillo, L. A. (2024). Los Mecanismos Legales Regulatorios como Propuesta de Mejora en la Gestión Ambiental de los Bosques en el Distrito de Campo Verde en la Región de Ucayali 2023.
- Vázquez, J. (2018). Análisis de la influencia de la variabilidad de la turbiedad del agua en los procesos de potabilización en las pequeñas comunidades (Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud).
- Vergaray G, Méndez CR, Morante HY, Heredia VI, Béjar VR. (2007). Enterococcus Y Escherichia Coli Como Indicadores De Contaminación Fecal En Playas Costeras De Lima. Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica. 10(20):6-82.
- Vergara, E. H. V., & Gutiérrez, R. A. G. (2025). Percepción de usuarios con relación al suministro de agua en el distrito de Las Tablas. *Synergía*, 4(1), 287-301.
- Virdó, A. N. (2024). Sobre el problema. Planos diferenciados en torno al componente geográfico y dinámica urbana del área metropolitana.
- Winchester, L. (2006). Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y El Caribe. *EURE (Santiago)*, 32(96), 7-25.
- Yoder J, Roberts V, Craun GF, Hill V, Hicks LA, Alexander NT, Radke V, Calderon RL, Hlavsa MC, Beach MJ And Roy SL. (2008). Surveillance For Waterborne Disease And Outbreaks Associated With Drinking Water And Water Not Intended For Drinking - United States, 2005- 2006. *MMWR Surveill Summ*. 2008;57:39-62

Anexos

Norma COPANIT 35-2019.

No. 28606-B

Gaceta Oficial Digital, viernes 28 de junio de 2019

1

REPÚBLICA DE PANAMÁ
MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS

RESOLUCIÓN No. 58

de 27 de junio de 2019

EL MINISTRO DE COMERCIO E INDUSTRIAS

en uso de sus facultades legales;

CONSIDERANDO:

Que de conformidad a lo establecido en el artículo 93 del Título II de la Ley 23 de 15 de julio de 1997, la Dirección General de Normas y Tecnología Industrial (DGNTI) del Ministerio de Comercio e Industrias, es el organismo nacional de normalización, encargado por el Estado del proceso de normalización técnica, evaluación de la conformidad, certificación de calidad;

Que en cumplimiento del artículo 95 de la citada Ley 23 de 1997, la Dirección de Normas y Tecnología Industrial, velará para que los Reglamentos Técnicos sean establecidos en base a objetivos legítimos, tales como la seguridad nacional, la prevención de prácticas que puedan inducir a error, la protección de la salud y la seguridad humanas, de la vida o la salud animal o vegetal o del medio ambiente;

Que mediante Resolución 351 de 26 de julio de 2000, se ordenó la aprobación del Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 35-2000. Agua. Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas, la cual fue modificada mediante la Resolución N° 276 de 20 de julio de 2001, Resolución N° 332 de 8 de agosto de 2002, la Resolución N°193 de 5 de mayo de 2004 y la Resolución N°10 de 4 de enero de 2007;

Que la Dirección de Protección de Calidad de Ambiente del Ministerio de Ambiente solicitó en diversas ocasiones la actualización del citado Reglamento, no obstante, a pesar de haberse iniciado las discusiones no se llegó a la culminación, por lo que mediante Nota DIPROCA-006-2017 de fecha 4 de enero de 2017, presentó nuevamente la solicitud para la continuación del proceso de actualización del Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000;

Que la Dirección General de Normas y Tecnología Industrial, facultada como coordinador de los procesos de normalización y reglamentación técnica, convocó al Comité Técnico para la revisión del Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 35-2000. Agua. Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas, conformado por miembros del sector público y privado, quienes después de diversas reuniones llegaron al consenso sobre las adecuaciones y actualizaciones que debían realizarse dicho Reglamento Técnico para el cumplimiento de los objetivos legítimos, entre ellas, el hecho de crear un solo documento que recopile todas las adecuaciones que se habían realizado mediante las modificaciones y cambiar el nombre del Reglamento Técnico a DGNTI - COPANIT 35-2019, Medio Ambiente y Protección de la Salud. Seguridad. Calidad del Agua. Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de aguas Continentales y Marinas, con la finalidad de cumplir con la Clasificación Internacional de Normas (ICS) y ampliar el alcance de aplicación según las condiciones geográficas del territorio nacional;

Que una vez culminado el proceso de discusión de Comité Técnico y a fin de cumplir con el procedimiento establecido para tal fin, el Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 35-2019, Medio Ambiente y Protección de la Salud. Seguridad. Calidad del Agua. Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de aguas Continentales y Marinas





Para los establecimientos emisores que captan y/o usan en sus procesos, agua salada, salobre o dulce no tratada, que en su captación excedan los valores establecidos en la Tabla 1, el límite permisible en la descarga, será igual al contenido natural y/o medido en la captación, siempre y cuando las descargas se hagan a la misma fuente de abastecimiento/captación del cuerpo receptor. Para el caso de la temperatura se aplicará lo descrito sobre Diferencia de Temperatura (ΔT) descrito en la Nota de la Tabla 1.

Los establecimientos emisores deberán presentar a la Autoridad Competente, una caracterización del cuerpo de captación y descarga que tendrá la misma vigencia que la concesión de la descarga.

TABLA 1 – Límites Permisibles de las Descargas de Efluentes Líquidos a Cuerpos Receptores de Aguas Continentales y Marinas.

Parámetro	Unidad de Medida	Símbolo	Límite Permisible
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	20
Ácido Bórico	mg/l	H ₃ BO ₃	2
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0.5
Cadmio	mg/l	Cd	0.01
Calcio	mg/l	Ca	1000
Cianuro Total	mg/l	CN	0.2
Cloro Residual Libre	mg/l	Cl ₂	1.5
Cloruros	mg/l	Cl	400
Cobre	mg/l	Cu	1
Coliformes Termotolerantes o fecales	NMP/100 ml	CF	500
Coliformes Termotolerantes o fecales	UFC/100 ml	CF	500
Coliformes Totales	NMP/100 ml	CT	1000
Coliformes Totales	UFC/100 ml	CT	1000
Color Verdadero	UC		300
Compuestos Fenólicos	mg/l		0.5
Conductividad	µS/cm	Conductividad	2000
Cromo Hexavalente	mg/l	Cr ⁶⁺	0.05
Cromo Total	mg/l	Cr	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	50
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	100
Enterococos* ²	NMP/100ml	ENT	100
Enterococos* ²	UFC/100ml	ENT	100
Escherichia coli* ²	NMP/100ml	EC	250
Escherichia coli* ²	UFC/100ml	EC	250
Fósforo Total	mg/l	P	10



Parámetro	Unidad de Medida	Símbolo	Límite Permisible
Hidrocarburos Totales	mg/l	HC	5
Hierro Total	mg/l	Fe	5
Manganeso	mg/l	Mn	0.5
Mercaptanos	mg/l		0.02
Mercurio	mg/l	Hg	0.001
Metanol	mg/l	CH ₃ OH	4.1
Níquel	mg/l	Ni	0.2
Nitratos	mg/l	NO ₃	10
Nitrógeno Amoniacoal	mg/l	NH ₃ -N	3
Nitrógeno Total	mg/l	N	15
Organoclorados	mg/l		1.5
Organofosforados	mg/l		1.5
Pentaclorofenol	mg/l	C ₆ HCl ₅	0.009
Plomo	mg/l	Pb	0.050
Potencial de Hidrógeno		pH	5.5 - 8.5
Sodio	%	Na	35
Sólidos Totales	mg/l	STD	500
Sólidos Disueltos	mg/l	STD	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	S. SED	15
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	SST	35
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ²⁻	1000
Sulfuros	mg/l	S _r ⁻	1
Surfactantes	mg/l	SAAM	5
Temperatura* ¹	°C	ΔT	± 3°C de la T. N
Tolueno	mg/l	C ₆ H ₅ CH ₃	0.7
Tricloroetano	mg/l	HC ₂ Cl ₃	0.04
Triclorometano	mg/l	CHCl ₃	0.02
Turbiedad	UNT	UNT	30
<i>Vibrio cholera</i>	Ausencia/l	<i>V. cholera</i>	Ausencia
Xileno	mg/l	C ₈ H ₁₀	0.05
Zinc	mg/l	Zn	3

El cumplimiento de los límites permisibles, establecidos en la Tabla 1 del presente reglamento se determinará mediante los valores de los resultados reportados por un laboratorio que cumpla con los ensayos y alcance (agua residual) de acreditación ante el Consejo Nacional de Acreditación. Sin embargo, la Autoridad Competente aceptará que el valor esté dentro del rango de la incertidumbre.

*¹. Temperatura: Para determinar la diferencia en la temperatura (ΔT), se comparará la temperatura natural medida en el cuerpo receptor antes de la descarga y la temperatura de la descarga.

Para la medición de la Temperatura antes de la descarga, se deberá seleccionar un sitio sobre el cuerpo receptor que no esté impactado con la descarga del agua residual. Este sitio será determinado para cada establecimiento emisor, y corresponde a la empresa hacer la sustentación técnica de la selección del sitio de medición.

TN: corresponde a la Temperatura Natural del Cuerpo Receptor

Tabla de NMP (IDEXX Laboratories, 2015).

# Large Wells		IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table																							
		# Small Wells Positive																							
Positive	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	<1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2	22.2	23.3	24.3
1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4	22.4	23.5	24.5	25.6
2	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.7	24.8	25.8	26.9
3	3.1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7	20.8	21.8	22.9	23.9	25.0	26.1	27.1	28.2
4	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	27.4	28.5	29.6
5	5.2	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	27.7	28.8	29.9	31.0
6	6.3	7.4	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4
7	7.5	8.5	9.6	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.3	29.4	30.5	31.6	32.8	33.9
8	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3	27.4	28.6	29.7	30.8	32.0	33.1	34.3	35.4
9	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7	28.9	30.0	31.2	32.3	33.5	34.6	35.8	37.0
10	11.0	12.1	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.5	32.7	33.8	35.0	36.2	37.4	38.6
11	12.2	13.4	14.5	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7	31.9	33.0	34.2	35.4	36.6	37.8	39.0	40.2
12	13.5	14.6	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2	33.4	34.6	35.8	37.0	38.2	39.5	40.7	41.9
13	14.8	16.0	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.2	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	43.6
14	16.1	17.3	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4	36.7	37.9	39.1	40.4	41.6	42.8	44.2	45.4
15	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1	38.4	39.6	40.9	42.2	43.4	44.7	46.0	47.3
16	18.9	20.1	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8	40.1	41.4	42.7	44.0	45.3	46.6	47.9	49.2
17	20.3	21.6	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.2	48.5	49.8	51.2
18	21.8	23.1	24.3	25.6	26.9	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4	43.8	45.1	46.5	47.8	49.2	50.5	51.9	53.2
19	23.3	24.6	25.9	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3	45.7	47.1	48.4	49.8	51.2	52.6	54.0	55.4
20	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.5	32.8	34.1	35.4	36.8	38.1	39.5	40.8	42.2	43.6	44.9	46.3	47.7	49.1	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	57.6
21	26.5	27.9	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.4	42.8	44.1	45.5	46.9	48.4	49.8	51.2	52.6	54.1	55.5	56.9	58.4	59.9
22	28.2	29.5	30.9	32.3	33.6	35.0	36.4	37.7	39.1	40.5	41.9	43.3	44.8	46.2	47.6	49.0	50.5	51.9	53.4	54.8	56.3	57.8	59.3	60.8	62.3
23	29.9	31.3	32.7	34.1	35.5	36.8	38.3	39.7	41.1	42.5	43.9	45.4	46.8	48.3	49.7	51.2	52.7	54.2	55.6	57.1	58.6	60.2	61.7	63.2	64.7
24	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.8	40.2	41.7	43.1	44.6	46.0	47.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.0	56.5	58.0	59.5	61.1	62.6	64.2	65.8	67.3
25	33.6	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.2	43.7	45.2	46.7	48.2	49.7	51.2	52.7	54.3	55.8	57.3	58.9	60.5	62.0	63.6	65.2	66.8	68.4	70.0
26	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	42.8	44.3	45.9	47.4	48.9	50.4	52.0	53.5	55.1	56.7	58.2	59.8	61.4	63.0	64.7	66.3	67.9	69.6	71.2	72.9
27	37.4	38.9	40.4	42.0	43.5	45.0	46.5	48.1	49.6	51.2	52.8	54.4	56.0	57.6	59.2	60.8	62.4	64.1	65.7	67.4	69.1	70.8	72.5	74.2	75.9
28	39.5	41.0	42.6	44.1	45.7	47.3	48.8	50.4	52.0	53.6	55.2	56.8	58.5	60.2	61.8	63.5	65.2	66.9	68.6	70.3	72.0	73.7	75.5	77.3	79.0
29	41.7	43.2	44.8	46.4	48.0	49.6	51.2	52.8	54.5	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0	69.8	71.5	73.3	75.1	76.9	78.7	80.5	82.4
30	43.9	45.5	47.1	48.7	50.4	52.0	53.7	55.4	57.1	58.8	60.5	62.2	64.0	65.7	67.5	69.3	71.0	72.9	74.7	76.5	78.3	80.2	82.1	84.0	85.9
31	46.2	47.9	49.5	51.2	52.9	54.6	56.3	58.1	59.8	61.6	63.3	65.1	66.9	68.7	70.5	72.4	74.2	76.1	78.0	79.9	81.8	83.7	85.7	87.6	89.6
32	48.7	50.4	52.1	53.8	55.6	57.3	59.1	60.9	62.7	64.5	66.3	68.2	70.0	71.9	73.8	75.7	77.6	79.5	81.5	83.5	85.4	87.5	89.5	91.5	93.6
33	51.2	53.0	54.8	56.5	58.3	60.2	62.0	63.8	65.7	67.5	69.5	71.4	73.3	75.2	77.2	79.2	81.2	83.2	85.2	87.3	89.3	91.4	93.6	95.7	97.8
34	53.9	55.7	57.6	59.4	61.3	63.1	65.0	67.0	68.9	70.8	72.8	74.8	76.8	78.8	80.8	82.9	85.0	87.1	89.2	91.4	93.5	95.7	97.9	100.2	102.4
35	56.8	58.6	60.5	62.4	64.4	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.9	89.1	91.3	93.5	95.7	98.0	100.3	102.6	105.0	107.3
36	59.8	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.3	84.5	86.7	88.9	91.2	93.5	95.8	98.1	100.5	102.9	105.3	107.7	110.2	112.7
37	62.9	65.0	67.0	69.1	71.2	73.3	75.4	77.6	79.8	82.0	84.2	86.5	88.8	91.1	93.4	95.8	98.2	100.6	103.1	105.6	108.1	110.7	113.3	115.9	118.6
38	66.3	68.4	70.6	72.7	74.9	77.1	79.4	81.6	83.9	86.2	88.6	91.0	93.4	95.8	98.3	100.8	103.4	105.9	108.6	111.2	113.9	116.6	119.4	122.2	125.0
39	70.0	72.2	74.4	76.7	78.9	81.3	83.6	86.0	88.4	90.9	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0	111.8	114.6	117.4	120.3	123.2	126.1	129.2	132.2
40	73.8	76.2	78.5	80.9	83.3	85.7	88.2	90.6	93.3	95.9	98.5	101.2	103.9	106.7	109.5	112.4	115.3	118.2	121.2	124.3	127.4	130.5	133.7	137.0	140.3
41	78.0	80.5	83.0	85.5	88.0	90.6	93.3	96.0	98.7	101.4	104.3	107.1	110.0	113.0	116.0	119.1	122.2	125.4	128.7	132.0	135.4	138.8	142.3	145.9	149.5
42	82.6	85.2	87.8	90.5	93.2	96.0	98.8	101.7	104.6	107.6	110.6	113.7	116.9	120.1	123.4	126.7	130.1	133.6	137.2	140.8	144.5	148.3	152.2	156.1	160.2
43	87.6	90.4	93.2	96.0	99.0	101.9	105.0	108.1	111.2	114.5	117.8	121.1	124.6	128.1	131.7	135.4	139.1	143.0	147.0	151.0	155.2	159.4	163.8	168.2	172.8
44	93.1	96.1	99.1	102.2	105.4	108.6	111.9	115.3	118.7																

Small Wells Positive

215