



**Report on the biological and ecological characteristics of
mangroves and water quality in nearby channels, serving as a
baseline for areas surrounding proposed port development.**

**Project:
Conservation of wetlands for nature and people
in the Gulf of Chiriquí, Chiriquí.**



**Islas Secas
Foundation**

Contenido

1. Introducción	5
2. Metodología.....	6
2.1. Muestreo de Agua	6
2.1.1. Descripción de los sitios de recolección	6
2.2. Parámetros.....	7
2.3. Colecta de muestras.....	7
2.4. Instrumentos.....	9
2.5. Métodos de análisis químico aplicado por el laboratorio.	11
3. Parcelas de Monitoreo	12
3.1. Características observadas	14
4. Resultados	15
4.1. Calidad de Agua	15
4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	19
4.3. Parámetros microbiológicos	21
4.4. Parámetros metales pesados.....	22
5. Parcelas de Monitoreo	24
5.1. Datos registrados.....	24
5.2. Características biológicas	25
6. Conclusiones.....	29
7. Recomendaciones	30
8. Bibliografía	31
9. Anexos	33

Figuras

Figura 1. Ubicación del sitio de colecta de muestras y parcelas de monitoreo	6
Figura 2. Colecta de muestras en marea alta y marea baja.....	8
Figura 3. Instrumentos utilizados para medir parámetros de calidad de agua.....	10
Figura 4. Envases proporcionados por el laboratorio para transportar muestras de agua.....	10
Figura 5. Proceso de establecimiento de parcelas	13
Figura 6. Procedimiento de inventario de árboles en las parcelas de monitoreo	14
Figura 7. Variación registrada de la temperatura del agua.....	15
Figura 8. Variación registrada del potencial de hidrógeno	16
Figura 9. Variación registrada de la salinidad	16
Figura 10. Variación registrada de la turbidez	17
Figura 11. Comparación de los valores mensual de fosfatos con los datos obtenidos en el estero Brazo del Río Chiriquí.....	20
Figura 12. Comparación de los valores mensual de coliformes totales con los datos obtenidos en el estero Brazo del Río Chiriquí	22
Figura 13. Registro de metales pesados en marea alta y baja en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí2	23
Figura 14. R. mangle, especie dominante en las parcelas de monitoreo	26
Figura 15. Plántulas de R. mangle (A, B) y P. rhizophorae (C)	26
Figura 16. Vista del estado de los manglares en los sitios de monitoreo.....	27
Figura 17. Fauna asociada al manglar.....	28
Figura 18. Vista del estero Brazo del Río Chiriquí.....	28

Cuadros

Cuadro 1. Parámetros medidos en Estero Brazo del Río Chiriquí y nivel de calidad	7
Cuadro 2. Coordenadas de las parcelas establecidas para monitoreo.....	12
Cuadro 3. Promedios de los parámetros físicos colectados en marea alta y baja.....	18
Cuadro 4. Parámetros químicos obtenidos en marea alta cada mes de colecta en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí.....	19
Cuadro 5. Parámetros químicos obtenidos en marea baja cada mes de colecta en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí.....	20
Cuadro 6. Coliformes totales registrados en marea alta y baja en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí2	21
Cuadro 7. Número total de individuos en parcelas de Estero Río Chiriquí	24
Cuadro 8. Muestra de diámetros de individuos en parcela 1	24
Cuadro 9. Muestra de diámetros de individuos en parcela 2	24
Cuadro 10. Muestra de diámetros de individuos en parcela 3	25

Anexos

Anexo 1. Transporte utilizado desde el muelle al punto de colecta (lancha a motor)	33
Anexo 2. Descripción de los métodos utilizados por el laboratorio para análisis de muestras colectadas en campo	34
Anexo 3. Aplicación utilizada para localizar posibles sitios para parcelas de monitoreo	35
Anexo 4. Muelle de salida hacia sitio de muestreo.....	35
Anexo 5. Vista aérea de los manglares en el sitio de las parcelas de monitoreo	36
Anexo 6. Vista horizontal del ecosistema de manglar en el sitio de estudio	37
Anexo 7. Manglar rojo inundado por marea alta.....	38
Anexo 8. Raíces típicas de <i>R. mangle</i> (mangle rojo).....	38
Anexo 9. Lancha transportando al personal y equipos de medición	39
Anexo 10. Vista panorámica de los manglares en el sitio de estudio	39

1. Introducción

La conservación de los humedales y manglares en Panamá ha recibido un impulso significativo gracias a los proyectos financiados por Moore Foundation e Isla Secas Foundation, que han implementado iniciativas basadas en la restauración comunitaria de manglares (CbR, por sus siglas en inglés) con un enfoque participativo. Estos esfuerzos han fortalecido el componente de educación ambiental, integrando a más escuelas en las actividades del proyecto, lo que ha permitido consolidar acciones que combinan la restauración ecológica con la sensibilización comunitaria y el involucramiento activo de las autoridades locales en el proceso de conservación.

Panamá, reconocido como el país centroamericano con la mayor cobertura y diversidad de especies de manglares, cuenta con 12 especies registradas y más de 183,000 hectáreas de manglares, representando el 2.44% de la cobertura forestal nacional (**MIAMBIENTE, 2023**). Parte de esta riqueza se encuentra en el Golfo de Chiriquí, donde los manglares de David destacan como ecosistemas de gran relevancia ecológica y económica. Estos manglares sustentan una rica biodiversidad marina y costera, incluyendo esteros, bosques, marismas, lagunas y playas, que desempeñan un papel vital en el reclutamiento de especies en la región (**CATHALAC, 2007; Rodríguez-Vargas, 2024**).

Para mantener y proteger la riqueza y los múltiples beneficios que los manglares de David brindan al ecosistema y a las comunidades locales, es fundamental implementar acciones que generen datos científicos robustos que permitan demostrar aún más su valor. En este contexto, el monitoreo de la calidad del agua y el establecimiento de parcelas de monitoreo representan herramientas clave para generar una línea base que sirva para evaluar de manera continua el estado del ecosistema. Estos indicadores son fundamentales para diagnosticar las condiciones actuales del manglar, identificar áreas prioritarias de intervención y establecer parámetros de referencia que permitan medir el progreso y la efectividad de acciones futuras de conservación, restauración o manejo sostenible(**England et al., 2021; MIAMBIENTE, 2021**). Además, la línea base garantiza que las estrategias implementadas se fundamenten en evidencia científica, promoviendo la sostenibilidad del ecosistema y fortaleciendo tanto la biodiversidad local como los medios de vida de las comunidades dependientes, en concordancia con principios reconocidos de conservación basada en evidencia (**Teutli-Hernández C., J.A. Herrera-Silveira et al., 2020**)

Como parte del proyecto **Conservación de humedales por la naturaleza y las personas en el Golfo de Chiriquí, Provincia de Chiriquí**, se desarrolla en este informe el componente 3 que incluye la recolección de información biológica y ecológica sobre los manglares y la calidad del agua como línea base para el monitoreo de estos ecosistemas.

El objetivo general fue Establecer una línea base para evaluar y monitorear de manera continua el estado del ecosistema de los manglares de David, Panamá, mediante el análisis de la calidad del agua y la implementación de parcelas de monitoreo, con el propósito de generar datos científicos robustos que respalden acciones de conservación, restauración y manejo sostenible.

2. Metodología

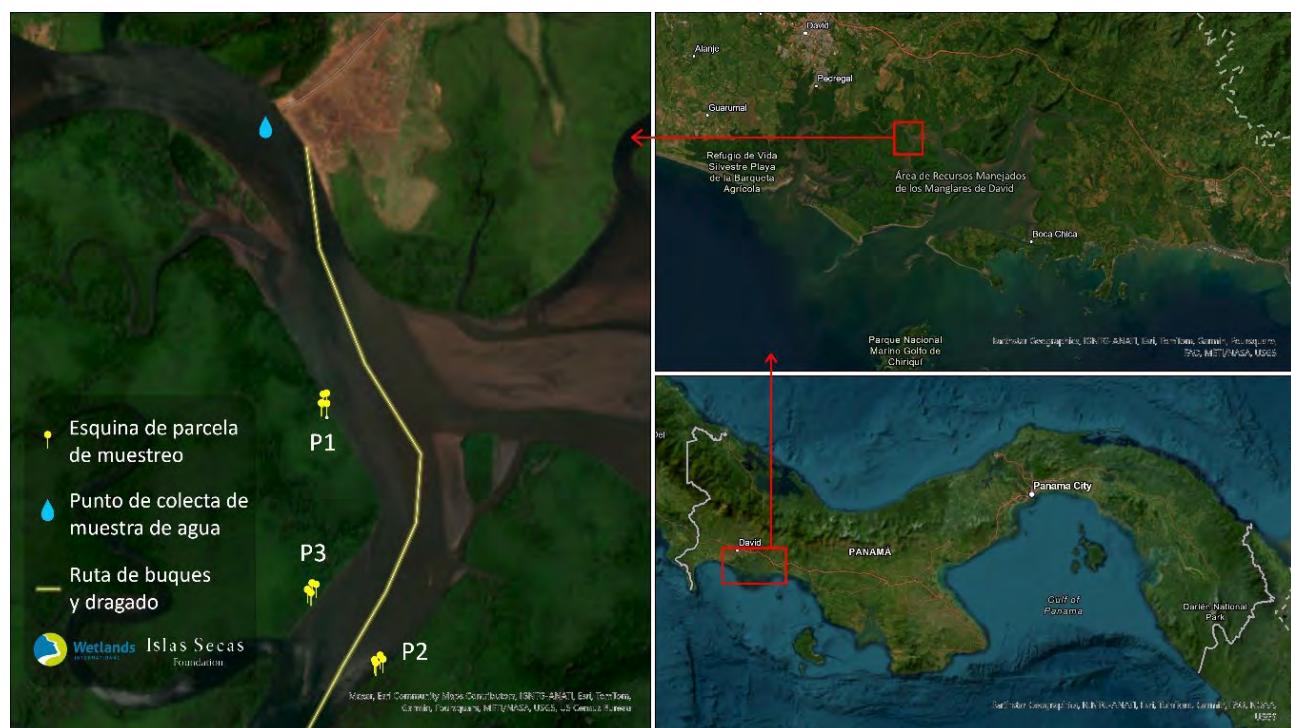
2.1. Muestreo de Agua

2.1.1. Descripción de los sitios de recolección

El sitio de recolección de muestras de agua se localizó en el Estero Brazo del Río Chiriquí, identificado con las coordenadas **17P 352212 921102** (Figura 1). Este punto forma parte del sistema de manglares de David, en la provincia de Chiriquí, Panamá, un ecosistema clave para la biodiversidad marina y costera de la región.

El estero es una zona donde confluyen aguas dulces y salobres, generando un ambiente ideal para el monitoreo de parámetros ambientales que reflejan la salud del ecosistema de manglar (**Severiche et al., 2013**). La ubicación específica fue seleccionada debido a su representatividad dentro del ecosistema, ya que conecta directamente con el flujo hídrico principal del manglar, influenciando la dinámica ecológica local.

Figura 1. Ubicación del sitio de colecta de muestras y parcelas de monitoreo



2.2. Parámetros

Los parámetros medidos para línea base en el Estero Brazo del Río Chiriquí se dividen en parámetros físicos, químicos y microbiológicos (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Parámetros medidos en Estero Brazo del Río Chiriquí y nivel de calidad

Categoría	Parámetro	Nivel de calidad	Fuente
Fisicoquímicos	Salinidad	0.50	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	pH	6.5-8.5	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Temperatura del agua	15-35	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Temperatura del aire	15-35	COPANIT
	Porcentaje de oxígeno	> 7	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Turbidez	< 50	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Aceites y grasas (mg/L)	< 10	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Fosfatos (mg/L)	< 50	Instituto del agua
	Nitritos (mg/L)		OMS
	Nitratos (mg/L)		OMS
Microbiológicos	Hidrocarburos (mg/L)	< 0.05	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Coliformes totales		
Metales pesados	Mercurio	< 0.01	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Plomo	< 0.05	Decreto Ejecutivo. 75, 2008
	Cadmio	< 0.03	Decreto Ejecutivo. 75, 2008

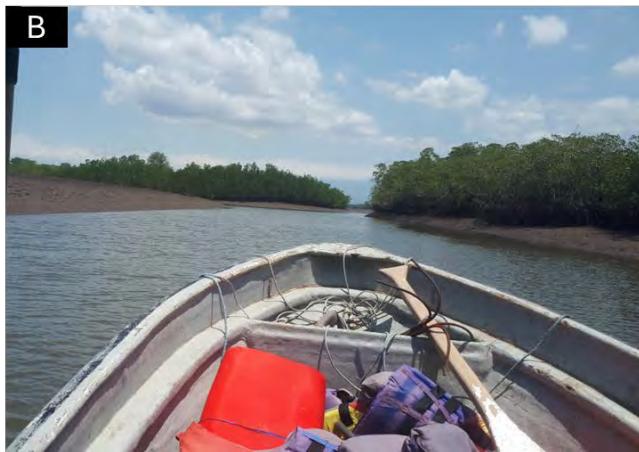
2.3. Colecta de muestras

Cada mes, desde diciembre de 2023 hasta agosto de 2024, se realizaron giras de trabajo de campo que incluyeron la recolección de muestras de agua.

Las muestras se recolectaron durante mareas altas y bajas para capturar las variaciones en la calidad del agua. El acceso al sitio designado se realizó generalmente en una pequeña lancha con motor (**Anexo 1**), todos los viajes hacia el sitio iniciaron en horas de la mañana (5:00 - 7:00 horas) durante la marea alta. Una vez se tomaban las muestras el equipo espera la marea baja (6 horas después) para recolectar los nuevos datos.

Las muestras se tomaron en el rango de media hora antes o media hora después del punto más alto y más bajo de la marea respectivamente (**Figura 2**) siguiendo las indicaciones establecidas por trabajos como López et al. (2010) y MIAMBIENTE (2021).

Figura 2. Colecta de muestras en marea alta y marea baja



A. Medición de turbidez en marea alta. B. Colecta de muestras en marea baja.

Se tomaron tres muestras para cada parámetro, asegurando una recopilación de datos sólida. El muestreo siguió un protocolo diseñado para maximizar la variabilidad y minimizar sesgos, recolectando cada muestra en diferentes puntos del cuerpo de agua. Todos los parámetros medidos se registraron sistemáticamente en un formulario estandarizado de recolección de datos.

Para los análisis químicos, el agua se recolectó de distintas áreas dentro del sitio, garantizando una representación adecuada del entorno. Las muestras destinadas a los análisis químicos se almacenaron en recipientes de vidrio previamente preparados para evitar la contaminación y preservar la integridad de las muestras para su posterior análisis en laboratorio (**Figura 4**). Una vez recolectadas, las muestras fueron transportadas al laboratorio ubicado en David, Chiriquí, para su procesamiento y análisis detallado.

2.4. Instrumentos

Para la recolección de datos, se utilizaron diversos instrumentos diseñados para medir parámetros fisicoquímicos del agua en ecosistemas estuarinos. Estos instrumentos garantizaron la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas en campo, permitiendo una caracterización detallada de las condiciones del medio acuático. Sin embargo, es importante considerar que todos los instrumentos tienen un rango de error inherente que puede influir en las mediciones. Estos errores pueden ser de diferentes tipos, como errores sistemáticos, asociados a la calibración o condiciones específicas del equipo, y errores aleatorios, derivados de las condiciones ambientales o del operador. Por ello, resulta fundamental continuar con el monitoreo regular, permitiendo identificar tendencias y minimizar el impacto de estas posibles desviaciones.(Hernández-Sampieri et al., 2014). A continuación, se describen los equipos utilizados:

Refractómetro digital (Figura 3A): Este equipo permitió la medición precisa de la salinidad del agua en partes por mil (ppt). Su diseño compacto y fácil manejo fue ideal para su uso en campo, asegurando lecturas rápidas y consistentes.

Fotómetro multiparamétrico (Figura 3B): instrumento portátil diseñado para medir la turbidez, utiliza el principio de fotometría, donde un haz de luz es emitido a través de la muestra y la cantidad de luz dispersada o absorbida se mide para calcular la turbidez, generalmente expresada en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU).

Medidor de pH portátil (Figura 3C): Este equipo fue empleado para registrar el nivel de pH del agua, un parámetro fundamental para determinar la acidez o alcalinidad del medio. Su portabilidad y resistencia lo hicieron apto para las condiciones variables del trabajo de campo.

Oxímetro portátil (Figura 3D): Se utilizó para medir el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua, un indicador clave de las condiciones ambientales y la salud del ecosistema. Este instrumento también incluyó la medición de temperatura, permitiendo un análisis integrado de las condiciones del agua.

Kit de transporte de muestras (Figura 4): Se utilizó una hielera con capacidad para conservar las muestras a temperaturas óptimas durante su traslado al laboratorio. Además, se emplearon recipientes debidamente etiquetados para el almacenamiento de agua y reactivos necesarios para los análisis *in situ*. Estos envases fueron proporcionados por el laboratorio.

Figura 3. Instrumentos utilizados para medir parámetros de calidad de agua



A) Salinidad. Instrumento utilizado Refractómetro (Hanna, HI 96822). B) Turbidez: Instrumento utilizado Turbídímetro (Delta OHM HD 25.2). C) pH y temperatura: Instrumento utilizado pH OHASUS. D) Porcentaje de oxígeno y temperatura: Instrumento utilizado Milwaukee MW605 MAX.

Figura 4. Envases proporcionados por el laboratorio para transportar muestras de agua



2.5. Métodos de análisis químico aplicado por el laboratorio.

El análisis de aceites y grasas se llevó a cabo mediante el método de gravimetría, en conformidad con el estándar EPA 1664, que establece los procedimientos para la extracción y cuantificación (**United States Environmental Protection Agency, 1999**). Para la detección de hidrocarburos totales, se utilizó el método APHA 5520D, ampliamente aceptado en análisis ambientales (**American Public Health Association, 2017**). Los coliformes totales se determinaron empleando la tecnología de sustrato definido, siguiendo la metodología descrita en la ISO 9308-1:2014 (**International Organization for Standardization, 2014**). Por su parte, los análisis de fosfato, nitrato y nitrito se realizaron mediante espectrofotometría VIS, basándose en los métodos 4500-P, 4500-NO₃ y 4500-NO₂ del manual de APHA (**American Public Health Association, 2017**). Finalmente, los metales pesados (Cd, Hg y Pb) se cuantificaron utilizando espectrometría de plasma acoplado por inducción (ICP-OES), según el método USEPA 6010C (**United States Environmental Protection Agency, 2007**). La descripción de cada método se detalla en el **Anexo 2**.

3. Parcelas de Monitoreo

Los sitios para las parcelas fueron pre localizados digitalmente, seleccionando cuatro puntos en el mapa bajo el criterio de que estuvieran a ambos lados del estuario del Estero Brazo del Río Chiriquí. Una vez en el campo, el equipo utilizó la aplicación "Avenza Maps" (**Anexo 3**) para ubicar los sitios.

De los cuatro puntos preidentificados se seleccionaron tres en campo considerando la accesibilidad y distancia entre ellos. Las tres parcelas fueron ubicadas en el borde del ecosistema de manglar, como se ilustra en la **Figura 1** y **Cuadro 2**. Cada parcela tiene dimensiones de 40 m x 20 m. Los materiales utilizados para el establecimiento fueron:

- Cinta métrica con un mínimo de 30 m de longitud
- Tubos PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- Cintas fluorescentes
- Machetes
- Cuerda
- Marcadores permanentes

Cuadro 2. Coordenadas de las parcelas establecidas para monitoreo

Número de parcela	P1	P2	P3	P4
1	17P 352457 919806	17P 352442 919801	17P 352433 919758	17P 352458 919757
2	17P 352683 918524	17P 352688 918509	17P 352723 918527	17P 352710 918546
3	17P 352404 918888	17P 352385 918894	17P 352363 918863	17P 352380 918847

En cada parcela se colocó el primer tubo de PVC paralelo a la línea de costa del manglar. Luego, utilizando la cinta métrica, se marcó una distancia de 20 m en un ángulo de 90°. La cinta se pasó entre las raíces de los manglares para mantenerla lo más recta posible, marcando cada 10 m con cinta fluorescente para delimitar la línea de borde. Al completar los 20 m, se marcó esa esquina con un tubo de PVC. A continuación, se marcó una distancia de 40 m en un ángulo de 90° para formar un rectángulo (parcela). Finalmente, la cinta se llevó de vuelta al punto inicial para ajustar las mediciones y se registraron las coordenadas de cada esquina. Las coordenadas de las parcelas se registraron utilizando la aplicación GPS "Gaia" (**Figura 5**).

Figura 5. Proceso de establecimiento de parcelas



Para el inventario de manglares dentro de las parcelas, se contó y se identificó la especie de cada individuo asegurándose de que fuera un individuo independiente y no una extensión de otro árbol. Se realizaron observaciones para confirmar que cada árbol era único antes de incluirlo en la lista de árboles. El inventario comenzó al lado derecho tomando como referencia el borde del manglar y se llevó a cabo en un patrón horizontal (**Figura 6**).

Figura 6. Procedimiento de inventario de árboles en las parcelas de monitoreo



Para el análisis de los diámetros, se seleccionaron 15 individuos de manera aleatoria en cada parcela mediante un muestreo aleatorio simple, con el objetivo de obtener una representación adecuada de la población arbórea presente. La elección de este método se fundamentó en la estabilidad estructural del ecosistema, caracterizado por una homogeneidad notable en la composición arbórea. De los árboles medidos en una de las parcelas, 14 correspondieron a *Rhizophora mangle*, mientras que un único individuo perteneció a una especie diferente, lo que confirma la dominancia de *Rhizophora mangle* en las tres parcelas evaluadas. Los datos recolectados proporcionan un indicador confiable de la estructura diamétrica del manglar, que sirve como base para caracterizar el estado de desarrollo de este ecosistema.

3.1. Características observadas

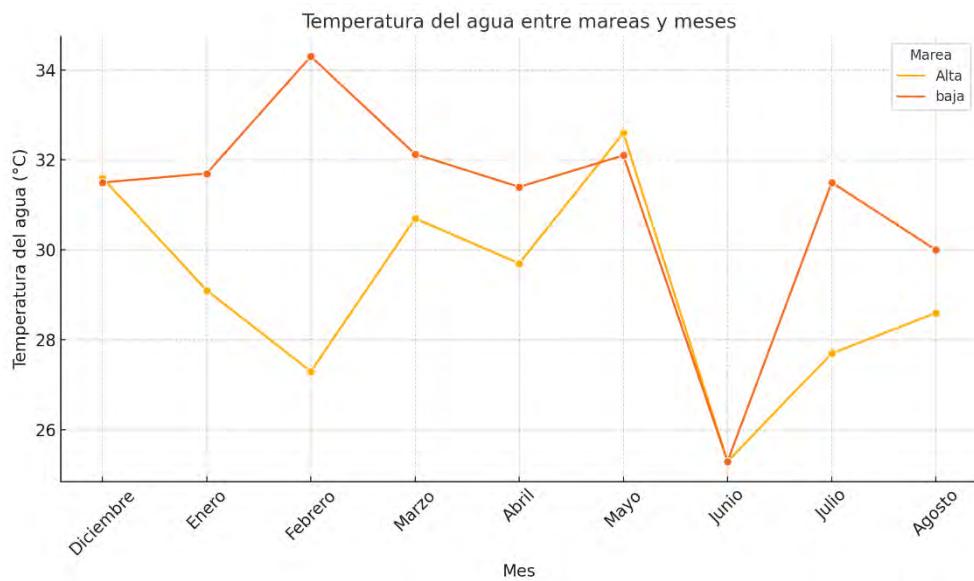
Además del análisis cuantitativo de los diámetros, se documentaron características adicionales a través de observaciones in situ, empleando una metodología descriptiva. Se registraron aspectos relacionados con la regeneración natural, el estado estructural de los árboles y la presencia de fauna asociada.

4. Resultados

4.1. Calidad de Agua

Los parámetros fisicoquímicos del agua registrados en el estero Brazo del Río Chiriquí evidenciaron variaciones significativas entre las mareas alta y baja, reflejando la dinámica compleja del ecosistema estuarino y su sensibilidad a influencias estacionales y climáticas. La temperatura del agua fluctuó entre 25,3°C y 34,3°C (**Figura 7**), siendo junio el mes con las temperaturas más bajas, lo cual se atribuye al incremento en el caudal de agua dulce durante la temporada de lluvias. Este fenómeno está respaldado por registros de precipitaciones previas a la colecta (**IMHPA, 2024**). Por otro lado, la temperatura del aire alcanzó valores más altos en condiciones de marea baja, con hasta 36°C en diciembre (**Cuadro 3**). Este patrón puede explicarse por el momento del día en que se realizaron las mediciones en marea baja, que correspondió consistentemente al mediodía, cuando la radiación solar es más intensa.

Figura 7. Variación registrada de la temperatura del agua



El pH, un indicador clave de la calidad del agua, varió entre 5,7 y 7,98, manteniéndose dentro de los rangos típicos de sistemas estuarinos tropicales (**Cuadro 3**). No obstante, los valores más bajos se observaron en enero (**Figura 8**). La salinidad, por su parte, mostró una amplia fluctuación, con valores que van desde 1 ppt en junio hasta 30 ppt en abril (**Figura 9**). En junio se reportaron lluvias intensas los días de colecta, esto explica la reducción significativa de salinidad provocado por el efecto de dilución causado por el aumento del caudal de agua dulce durante la temporada lluviosa (**IMHPA, 2024**) que reduce significativamente la concentración de sales en el agua.

Figura 8. Variación registrada del potencial de hidrógeno

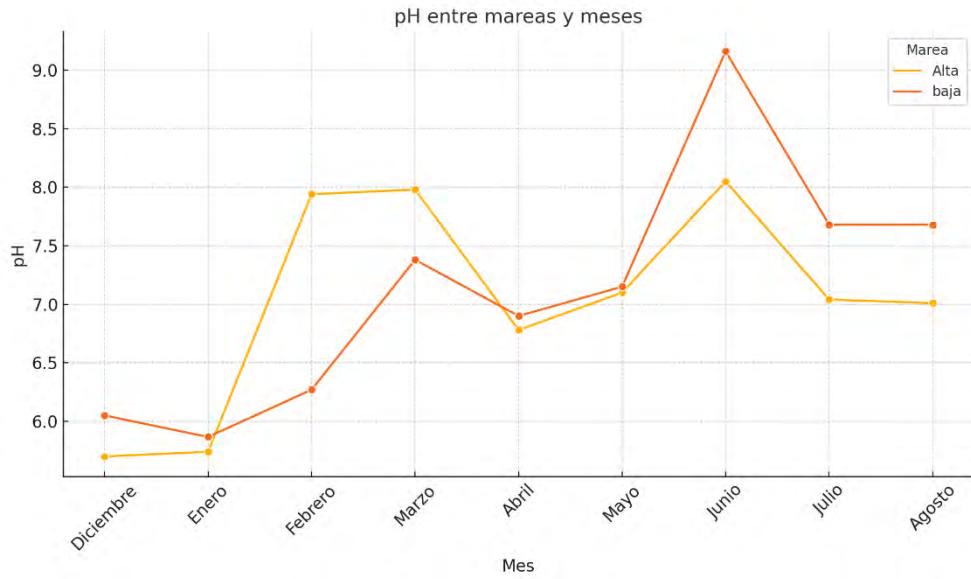
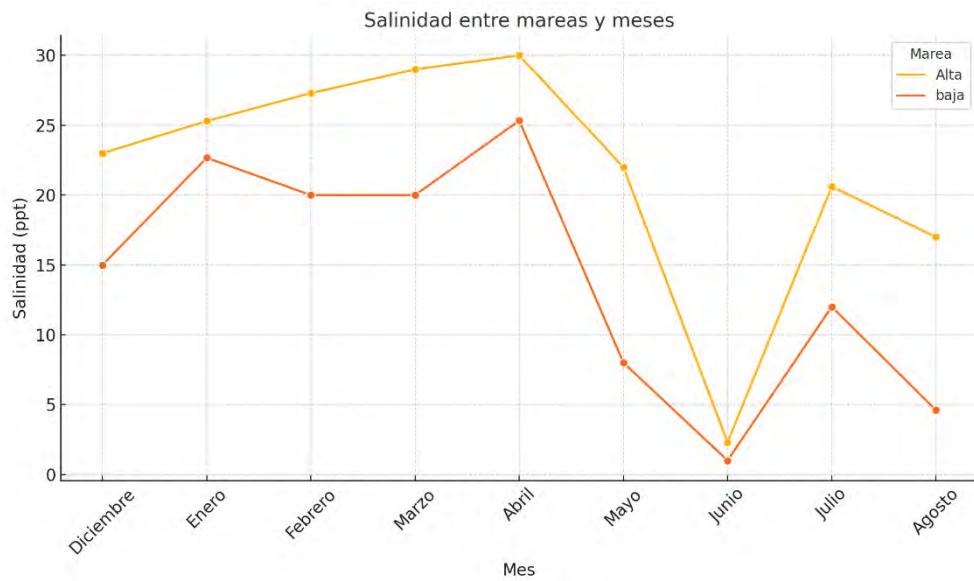
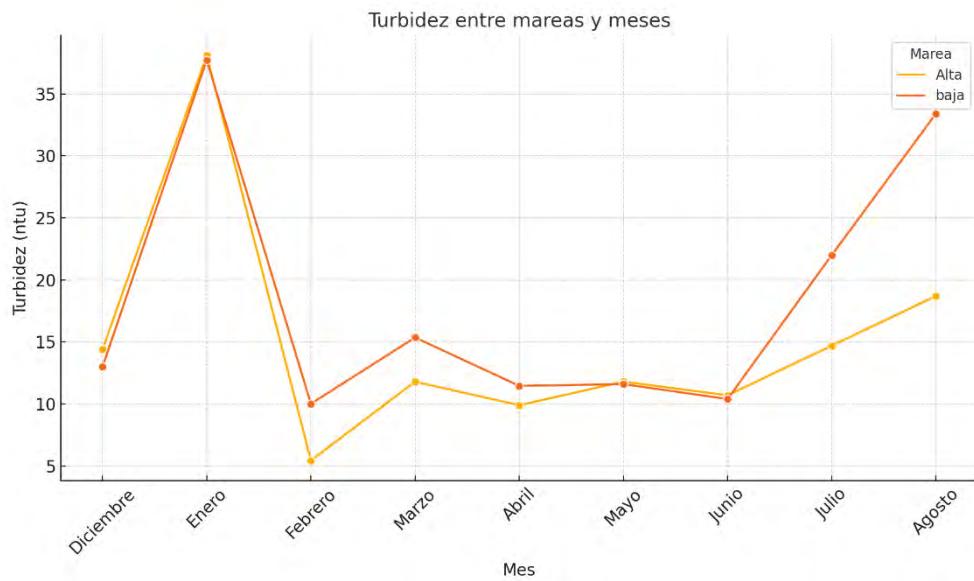


Figura 9. Variación registrada de la salinidad



La turbidez también varió entre 5,45 NTU y 38,1 NTU en marea alta y entre 10,02 NTU y 37,7 NTU en marea baja (**Figura 10, Cuadro 3**), con mayores valores observados en enero, lo que podría indicar una mayor cantidad de sedimentos en suspensión, ya sea por lluvias o actividades humanas. En cuanto al porcentaje de oxígeno disuelto, los valores oscilaron de forma considerable entre 2,6% en junio, reflejando condiciones de hipoxia, hasta 105,2% en julio, lo que sugiere una mayor actividad fotosintética en ciertas condiciones o zonas específicas.

Figura 10. Variación registrada de la turbidez



En general, los resultados evidencian que el estero está sujeto a variaciones estacionales y climáticas significativas, como las influencias de la temporada de lluvias en la región. Estos datos subrayan la importancia de realizar monitoreos continuos para identificar tendencias a largo plazo y evaluar los impactos potenciales de las actividades humanas en este ecosistema estuarino, que desempeña un papel clave en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la región.

Cuadro 3. Promedios de los parámetros físicos colectados en marea alta y baja

A	Fecha	Marea	Temperatura del agua (°C)	pH	Salinidad (ppt)	Temperatura del aire (°C)	Turbidez (ntu)	Oxígeno disuelto (%)
	19-Dec-23	Alta	31,6	5,7	23	33,5	14,4	34
	16-Jan-24	Alta	29,1	5,74	25,3	26,5	38,1	6,5
	27-Feb-24	Alta	27,3	7,94	27,3	26	5,45	0,17
	12-Mar-24	Alta	30,7	7,98	29	29,6	11,8	41,6
	11-Apr-24	Alta	29,7	6,78	30	26,8	9,9	65,86
	07-May-24	Alta	32,6	7,1	22	35	11,8	4,2
	27-Jun-24	Alta	25,3	8,05	2,3	25	10,7	85
	25-Jul-24	Alta	27,7	7,04	20,6	27,8	14,7	105,2
	23-Aug-24	Alta	28,6	7,01	17	27,6	18,7	97,4

B	Fecha	Marea	Temperatura del agua (°C)	pH	Salinidad (ppt)	Temperatura del aire (°C)	Turbidez (ntu)	Oxígeno disuelto (%)
	19-Dec-23	Baja	31,5	6,05	15	36	13	29,3
	16-Jan-24	Baja	31,7	5,9	22,7	34,6	37,7	8,9
	27-Feb-24	Baja	34,3	6,27	20	33,8	10,02	26,4
	12-Mar-24	Baja	32,13	7,38	20	32,9	15,36	38,66
	11-Apr-24	Baja	31,4	6,9	25,33	31,5	11,46	73,26
	07-May-24	Baja	32,1	7,15	8	33,3	11,6	0,5
	27-Jun-24	Baja	25,3	9,16	1	26,1	10,4	87,8
	25-Jul-24	Baja	31,5	7,68	12	31,8	22	77,1
	23-Aug-24	Baja	30	7,68	4,6	28,4	33,4	81,8

4.2. Parámetros fisicoquímicos.

El análisis de los parámetros químicos del agua, específicamente fosfatos, nitratos, nitritos, aceites y grasas e hidrocarburos, obtenidos en el Estero Brazo del Río Chiriquí proporciona una visión integral sobre la calidad ambiental en este sitio durante las mareas alta y baja. Los valores promedio de fosfatos (mg/L) muestran variabilidad significativa entre mareas los meses de junio y julio, alcanzando picos de hasta 7.0 mg/L en marea alta (**Cuadro 4, Cuadro 5, Figura 11**), superando los estándares internacionales de eutrofización establecidos por la (EPA, 2023), que señala un límite de 0.1-0.3 mg/L para ecosistemas acuáticos saludables. Este hallazgo indica un aporte de fuentes externas como escorrentías agrícolas o residuales, lo que puede promover el crecimiento de algas y afectar negativamente el equilibrio del ecosistema. Por otro lado, los nitratos y nitritos (mg/L) mantienen valores constantes de 2 mg/L, los cuales se encuentran dentro del rango aceptable según la OMS.

En cuanto a los contaminantes orgánicos como aceites y grasas (10 mg/L) e hidrocarburos (0.42 mg/L), estos valores son el límite mínimo de detección del laboratorio donde se procesaron las muestras (Cuadro 4, Cuadro 5), lo que sugiere que las concentraciones reales podrían ser más bajas. Ambos parámetros cumplen con los estándares recomendados por la Organización Mundial de la Salud y el Decreto Ejecutivo. 75, 2008 (Por El Cual Se Dicta La Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad Para Las Aguas Continentales de Uso Recreativo Con y Sin Contacto Directo, 2008) que establece un máximo permisible de 5-10 mg/L para aguas superficiales destinadas a la protección de la vida acuática.

Marea alta

Cuadro 4. Parámetros químicos obtenidos en marea alta cada mes de colecta en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí

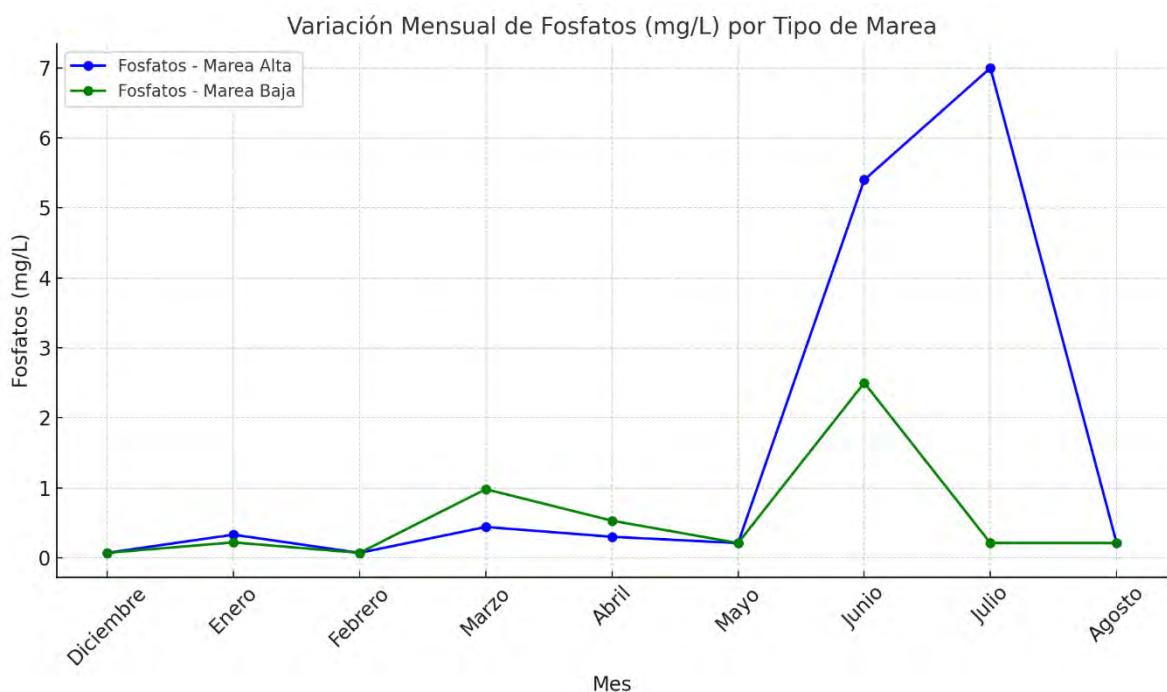
Fecha	Marea	Aceites y grasas (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Hidrocarburos (mg/L)
19-Dec-23	Alta	10	0.07	0.50	0.50	0.42
16-Jan-24	Alta	10	0,33	2	2	0,42
27-Feb-24	Alta	10	0,07	2	2	0,42
12-Mar-24	Alta	10	0,44	2	2	0,42
11-Apr-24	Alta	10	0,30	2	2	0,42
07-May-24	Alta	10	0,21	2	2	0,42
27-Jun-24	Alta	10	5,4	2	2	0,42
25-Jul-24	Alta	10	7.0	2	2	0,42
23-Aug-24	Alta	10	0,21	2	2	0,42

Marea baja

Cuadro 5. Parámetros químicos obtenidos en marea baja cada mes de colecta en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí

Fecha	Marea	Aceites y grasas (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Hidrocarburos (mg/L)
19-Dec-23	Alta	10	0,07	0,5	0,5	0,42
16-Jan-24	Alta	10	0,22	2	2	0,42
27-Feb-24	Alta	10	0,07	2	2	0,42
12-Mar-24	Alta	10	0,98	2	2	0,42
11-Apr-24	Alta	10	0,53	2	2	0,42
07-May-24	Alta	10	0,21	3	2	0,42
27-Jun-24	Alta	10	2,5	2	2	0,42
25-Jul-24	Alta	10	0,21	2	2	0,42
23-Aug-24	Alta	10	0,21	2	2	0,42

Figura 11. Comparación de los valores mensual de fosfatos con los datos obtenidos en el estero Brazo del Río Chiriquí



4.3. Parámetros microbiológicos

Los valores de coliformes totales (NMP/100mL) registrados en el estero Brazo del Río Chiriquí muestran variaciones significativas según el tipo de marea. Durante la marea alta, los valores fluctúan desde 1 NMP/100mL en abril hasta un pico extremo superior a 100,000 NMP/100mL en junio (**Cuadro 6, Figura 12**), lo cual podría atribuirse a eventos puntuales de contaminación, como descargas de origen humano, lluvias intensas o factores relacionados con cambios estacionales. En comparación, los valores en marea baja presentan un comportamiento generalmente elevado, con variaciones considerables que alcanzan hasta 86,640 NMP/100mL en junio, pero con una diferencia este mes de un valor extremo en marea alta (**Figura 12A**). De esta manera, se observan mayores concentraciones de coliformes en marea baja, en especial durante agosto, probablemente por la influencia de la temporada de lluvias, que incrementa la carga de contaminantes en el sistema estuarino.

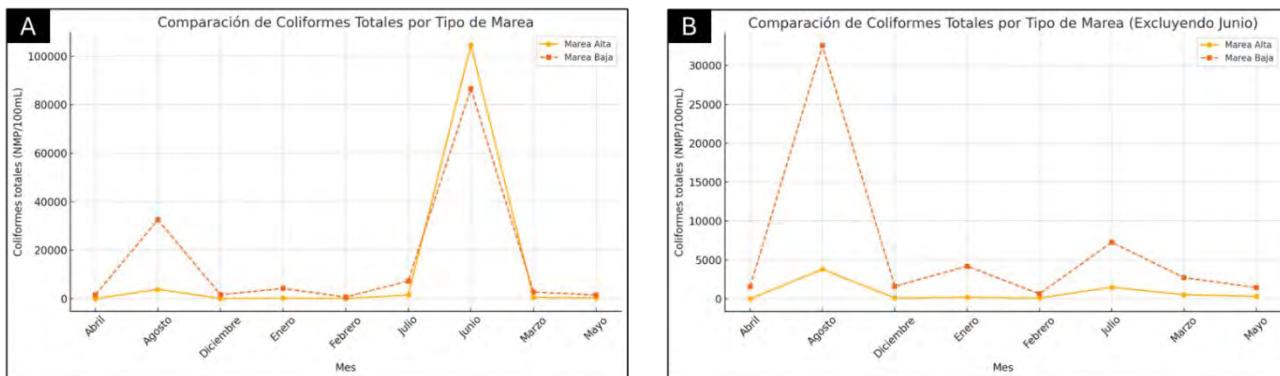
Para una mejor interpretación de los datos, se realizó un segundo análisis excluyendo el mes de junio debido a su valor extremadamente alto (**Figura 12B**). Este enfoque permitió observar con mayor detalle las diferencias y similitudes entre los niveles de coliformes en marea alta y baja durante los meses restantes. Se evidencia que, en la mayoría de los meses, los niveles de coliformes son más altos en marea baja en comparación con marea alta, con agosto destacándose como el mes con los valores más elevados. Este comportamiento puede estar relacionado con una menor dilución de contaminantes en marea baja, lo que facilita la acumulación de materia orgánica y otros desechos. La eliminación del mes de junio resalta patrones más consistentes y manejables en la escala de los datos, lo que permite identificar variaciones asociadas a factores estacionales o actividades locales de manera más precisa.

Cuadro 6. Coliformes totales registrados en marea alta y baja en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí

Fecha	Marea	Coliformes totales (NMP/100mL)
19-Dec-23	Alta	100
16-Jan-24	Alta	200
27-Feb-24	Alta	100
12-Mar-24	Alta	520
11-Apr-24	Alta	1
07-May-24	Alta	310
27-Jun-24	Alta	104620
25-Jul-24	Alta	1480
23-Aug-24	Alta	3790

Fecha	Marea	Coliformes totales (NMP/100mL)
19-Dec-23	Baja	1600
16-Jan-24	Baja	4200
27-Feb-24	Baja	630
12-Mar-24	Baja	2720
11-Apr-24	Baja	1560
07-May-24	Baja	1460
27-Jun-24	Baja	86640
25-Jul-24	Baja	7270
23-Aug-24	Baja	32550

Figura 12. Comparación de los valores mensual de coliformes totales con los datos obtenidos en el estero Brazo del Río Chiriquí



A) Datos registrados todos los meses. B) Datos mensuales excluyendo el mes de junio.

4.4. Parámetros metálicos pesados

Los registros de metales pesados obtenidos durante el monitoreo en el estero Brazo del Río Chiriquí presentaron valores por debajo del límite de detección (<0.00) en todos los meses analizados (Figura 13). Estos resultados indican que no se detectaron concentraciones significativas de metales pesados en las muestras analizadas, lo que sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, no hay evidencia de contaminación por metales pesados en el área durante el periodo de estudio. Estos datos son consistentes con un entorno relativamente libre de este tipo de contaminantes, aunque se recomienda realizar monitoreos continuos para confirmar esta tendencia y detectar posibles cambios futuros.

Figura 13. Registro de metales pesados en marea alta y baja en sitio Estero Brazo del Río Chiriquí

Fecha	Marea	Cadmio	Mercurio	Plomo
19-Dec-23	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
16-Jan-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
27-Feb-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
12-Mar-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
11-Apr-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
07-May-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
27-Jun-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
25-Jul-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00
23-Aug-24	Alta/ Baja	0.00	0.00	0.00

5. Parcelas de Monitoreo

5.1. Datos registrados

Cuadro 7. Número total de individuos en parcelas de Estero Río Chiriquí

Especie	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
<i>Rhizophora mangle</i> (mangle rojo)	28	52	96
<i>Pelliciera rhizophorae</i> (Mangle piñuelo, palo de sal)	1	0	0

Cuadro 8. Muestra de diámetros de individuos en parcela 1

Parcela	No. Árbol	Especie	Diámetros (cm)
P1	1	<i>Rhizophora mangle</i>	19
P1	2	<i>Rhizophora mangle</i>	25
P1	3	<i>Rhizophora mangle</i>	22
P1	4	<i>Rhizophora mangle</i>	21
P1	5	<i>Rhizophora mangle</i>	17
P1	6	<i>Rhizophora mangle</i>	17
P1	7	<i>Rhizophora mangle</i>	16
P1	8	<i>Rhizophora mangle</i>	24
P1	9	<i>Rhizophora mangle</i>	21
P1	10	<i>Rhizophora mangle</i>	22
P1	11	<i>Rhizophora mangle</i>	15
P1	12	<i>Rhizophora mangle</i>	25
P1	13	<i>Rhizophora mangle</i>	23
P1	14	<i>Rhizophora mangle</i>	17
P1	15	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	17

Cuadro 9. Muestra de diámetros de individuos en parcela 2

Parcela	No. Árbol	Especie	Diámetros (cm)
P2	1	<i>Rhizophora mangle</i>	17
P2	2	<i>Rhizophora mangle</i>	18
P2	3	<i>Rhizophora mangle</i>	20
P2	4	<i>Rhizophora mangle</i>	19
P2	5	<i>Rhizophora mangle</i>	18
P2	6	<i>Rhizophora mangle</i>	21
P2	7	<i>Rhizophora mangle</i>	16
P2	8	<i>Rhizophora mangle</i>	18
P2	9	<i>Rhizophora mangle</i>	19
P2	10	<i>Rhizophora mangle</i>	20
P2	11	<i>Rhizophora mangle</i>	23

P2	12	<i>Rhizophora mangle</i>	17
P2	13	<i>Rhizophora mangle</i>	20
P2	14	<i>Rhizophora mangle</i>	21
P2	15	<i>Rhizophora mangle</i>	15

Cuadro 10. Muestra de diámetros de individuos en parcela 3

Parcela	No. Árbol	Especie	Diámetros (cm)
P3	1	<i>Rhizophora mangle</i>	21
P3	2	<i>Rhizophora mangle</i>	17
P3	3	<i>Rhizophora mangle</i>	16
P3	4	<i>Rhizophora mangle</i>	24
P3	5	<i>Rhizophora mangle</i>	25
P3	6	<i>Rhizophora mangle</i>	23
P3	7	<i>Rhizophora mangle</i>	18
P3	8	<i>Rhizophora mangle</i>	16
P3	9	<i>Rhizophora mangle</i>	22
P3	10	<i>Rhizophora mangle</i>	19
P3	11	<i>Rhizophora mangle</i>	16
P3	12	<i>Rhizophora mangle</i>	20
P3	13	<i>Rhizophora mangle</i>	15
P3	14	<i>Rhizophora mangle</i>	24
P3	15	<i>Rhizophora mangle</i>	18

5.2. Características biológicas

Especie dominante:

En las tres parcelas de muestreo, la especie dominante fue *Rhizophora mangle* (mangle rojo) (**Figura 14**), con un crecimiento uniforme y diámetros que oscilan entre 15 y 25 cm (**Cuadro 8Cuadro 9Cuadro 10**). Este patrón es consistente con los datos fisicoquímicos del estero Brazo del Río Chiriquí, donde la salinidad fluctuó entre 1 y 30 ppt, proporcionando un rango adecuado para el desarrollo de esta especie.

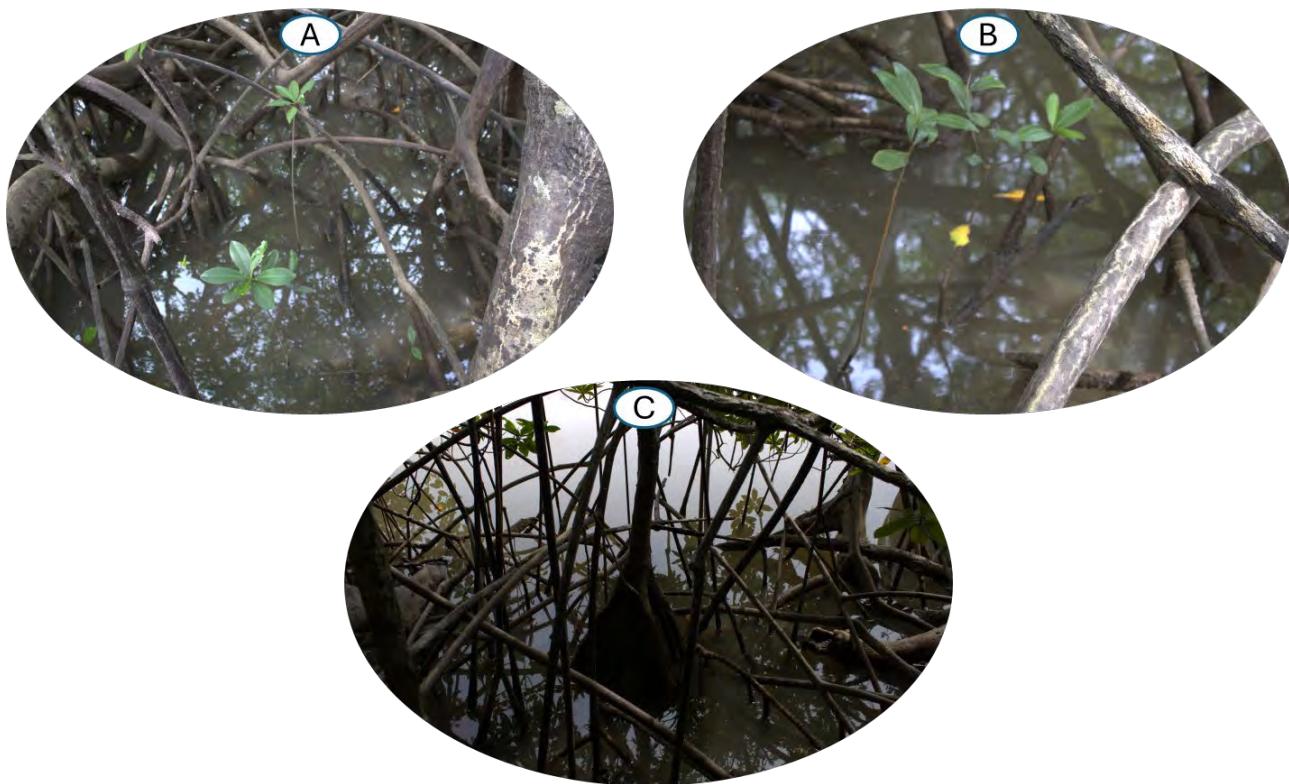
Figura 14. *R. mangle*, especie dominante en las parcelas de monitoreo



Regeneración:

La parcela 1 presentó la mayor evidencia de regeneración, con más de 25 plántulas de *Rhizophora mangle* (Figura 15). Estas plántulas mostraron un rango de altura entre 30 cm y 1 m aproximadamente. La regeneración está probablemente influenciada por las condiciones propicias observadas en el área, lo que favorece la actividad biológica y la biodiversidad asociada.

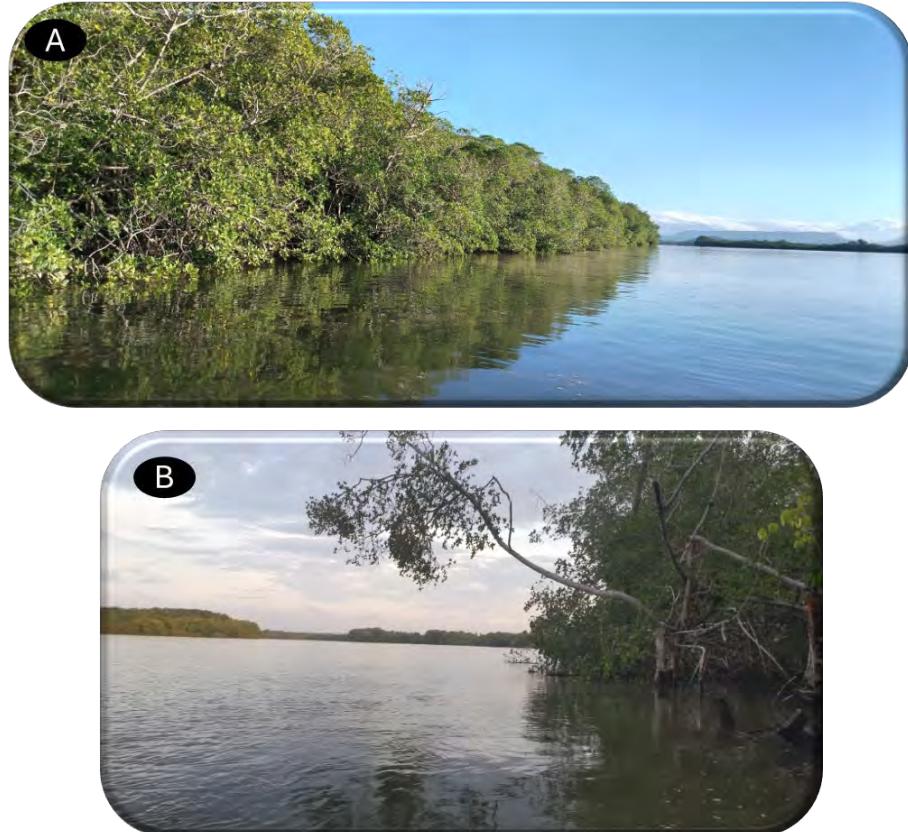
Figura 15. Plántulas de *R. mangle* (A, B) y *P. rhizophorae* (C)



Otras observaciones:

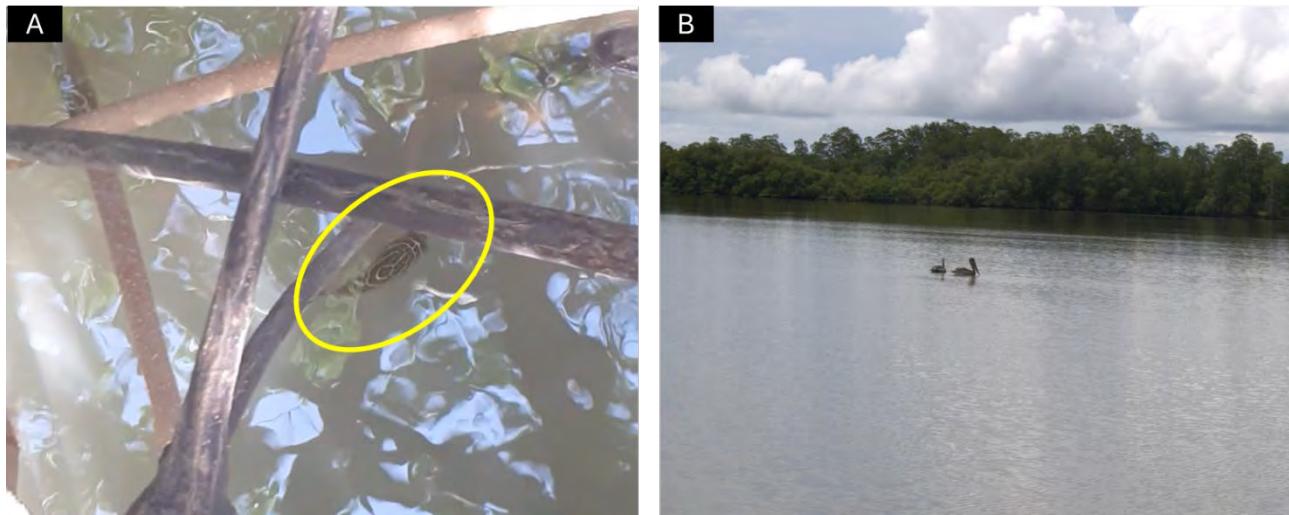
En las tres parcelas, el manglar presenta características de un ecosistema saludable, con árboles maduros de más de 7 m que evidencian un desarrollo de décadas, debido a la ausencia de tala reciente (**Figura 16**). Además, se observaron ramas y árboles quebrados por factores naturales, como vientos fuertes (**Figura 16B**). La presencia de termitas (*comején*) indica un proceso activo de descomposición de materia orgánica, lo cual es clave para el reciclaje de nutrientes en el ecosistema.

Figura 16. Vista del estado de los manglares en los sitios de monitoreo



Los datos fisicoquímicos del estero Brazo del Río Chiriquí refuerzan la evaluación positiva de este manglar. Los valores de pH (5.7-7.98) y la temperatura del agua (25.3°C-34.3°C) son típicos de sistemas estuarinos tropicales. La alta diversidad de fauna observada, incluyendo peces en marea alta, conchas negras (*Anadara tuberculosa*) y aves como garzas y pelicanos (**Figura 17**), coincide con las variaciones estacionales y climáticas documentadas.

Figura 17. Fauna asociada al manglar



A. Peces en el manglar. B. Aves asociadas al manglar.

Impactos y conservación:

Aunque no se detectaron concentraciones significativas de metales pesados ni contaminantes orgánicos en los sitios de monitoreo (Figura 18), los niveles elevados de coliformes totales en marea baja (hasta 86,640 NMP/100 mL en junio) representan un riesgo potencial para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los manglares.

Figura 18. Vista del estero Brazo del Río Chiriquí



6. Conclusiones

- El sitio estudiado presentó características que reflejan un ecosistema saludable, con árboles maduros, procesos activos de regeneración y una biodiversidad asociada que indica funcionalidad ecológica.
- La presencia predominante de *R. mangle* en las parcelas confirma su papel fundamental en la estabilidad del ecosistema, proporcionando hábitat y soporte para múltiples especies.
- Las variaciones observadas en los parámetros ambientales y fisicoquímicos refuerzan la idea de un ecosistema dinámico que responde a las fluctuaciones estacionales y mareales de manera resiliente.
- En algunos meses, los niveles de coliformes totales y la concentración de fosfatos, excedieron los rangos recomendados para ecosistemas saludables. Lo que sugiere la posible influencia de fuentes externas de contaminación que representa un riesgo potencial para la estabilidad y funcionalidad del manglar si no se controlan a largo plazo.
- La interacción entre los factores bióticos y abióticos, como la descomposición de materia orgánica y la regeneración de especies, es evidencia de un sitio con procesos ecológicos activos y bien establecidos.
- Este manglar constituye un espacio crítico para la conservación debido a su estado saludable, su papel en la protección costera y su contribución a los servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, la biodiversidad y el sustento de las comunidades.

7. Recomendaciones

1. Continuar con el monitoreo ambiental para garantizar la identificación temprana de posibles amenazas que puedan comprometer la salud del ecosistema.
2. Promover políticas y acciones que mantengan el estado saludable del sitio, evitando actividades que puedan alterar su equilibrio ecológico.
3. Incrementar la participación de las comunidades locales en iniciativas de conservación, resaltando la importancia de este ecosistema para su bienestar y sustento.
4. Fomentar la regeneración natural del manglar como estrategia clave para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y la conectividad del hábitat.
5. Ampliar los estudios científicos para entender mejor las dinámicas ecológicas del sitio y su interacción con otros sistemas costeros, contribuyendo a la planificación de su manejo integral.

8. Bibliografía

American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Method 5520D.

CATHALAC. (2007). *Recomendaciones para el manejo sostenible del bosque de manglar en el Golfo de Chiriquí*.

Por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo, (2008).

England, J., Angelopoulos, N., Cooksley, S., Dodd, J., Gill, A., Gilvear, D., Johnson, M., Naura, M., O'hare, M., Tree, A., Wheeldon, J., & Wilkes, M. A. (2021). Best practices for monitoring and assessing the ecological response to river restoration. *Water (Switzerland)*, 13(23), 1–22.
<https://doi.org/10.3390/w13233352>

EPA. (2023). *Water Quality Standards Handbook*.

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Del Pilar, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (S. Edición (ed.)). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

IMHPA. (2024). *Boletín de pronóstico climático*.

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 9308-1:2014: Water Quality – Enumeration of Escherichia coli and Coliform Bacteria – Part 1: Membrane Filtration Method for Waters with Low Bacterial Background Flora*.

López, L., Olivares, J., Aguilera, D., & Pacheco, E. (2010). *Manual de campo para colecta de muestras de agua*.

MIAMBIENTE. (2021). Manual de técnicas de restauración para áreas degradadas de manglar en Panamá. In *Proyecto: Protección de reservas y sumideros de carbono en los manglares y áreas protegidas de Panamá*.

MIAMBIENTE. (2023). *Los Manglares pilar de la Economía Azul en Panamá*. Prensa.

<https://miambiente.gob.pa/los-manglares-pilar-de-la-economia-azul-en-panama>

Rodríguez-Vargas, A. (2024). *David: Ecosistema de manglar amenazado*. Proyecto Primates Panamá.
<https://proyectoprimatespanama.org/articulos-ambientales/david-ecosistema-de-manglar-amenazado>

Severiche, C., Castillo, M., & Leonor, R. (2013). *Manual De Metodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>

Teutli-Hernández C., J.A. Herrera-Silveira, D. J., Cisneros-de la Cruz., R., & Roman-Cuesta, R. (2020). *Guía para la restauración ecológica de manglares: Lecciones aprendidas*.

United States Environmental Protection Agency. (1999). *Method 1664, Revision A: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM) by Extraction and Gravimetry*.

United States Environmental Protection Agency. (2007). *Method 6010C: Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)*.

9. Anexos

Anexo 1. Transporte utilizado desde el muelle al punto de colecta (lancha a motor)



Anexo 2. Descripción de los métodos utilizados por el laboratorio para análisis de muestras colectadas en campo

Información proporcionada por EnvioLAB
Urb. Chanis, Vía Principal - Edificio J3, No.145
Panamá, Rep. de Panamá

Aceites y grasas: Gravimetría

Las grasas y aceites presentes en una muestra de agua son extraídas empleando un solvente orgánico de forma repetida, una vez extraído el analito este es separado del solvente mediante destilación, posteriormente es cuantificada la concentración de las grasa y aceites por diferencia debido al incremento en la masa del recipiente.

Hidrocarburos totales: Gravimetría

Los hidrocarburos en agua son extraídos empleando un solvente orgánico de forma repetida, una vez extraído el analito es separado selectivamente mediante el uso de un absorbente de sustancias polares, el analito es separado del solvente mediante destilación, posteriormente es cuantificada la concentración de las grasa y aceites por diferencia debido al incremento en la masa del recipiente.

Coliformes totales: Adición de sustrato

Colilert utiliza la tecnología de sustrato definido (DST), para detectar coliformes totales. Durante la incubación de 18 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ el sustrato es metabolizado por las enzimas de la bacteria coliforme y es detectado mediante el cambio en la coloración de incoloro a amarillo, luego de la detección de los pocillos amarillos se procede a la cuantificación con el uso de una tabla.

Fosfato: Espectrofotometría VIS

Es cuantificado luego de una reacción que produce la formación de un complejo coloreado el cual es directamente proporcional a la cantidad de fosfato presente mediante espectrofotometría VIS.

Nitrato: Espectrofotometría VIS

Es cuantificado luego de una reacción que produce la formación de un complejo coloreado el cual es directamente proporcional a la cantidad de nitrato presente mediante espectrofotometría VIS.

Nitritos: Espectrofotometría VIS

Es cuantificado luego de una reacción que produce la formación de un complejo coloreado el cual es directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente mediante espectrofotometría VIS.

Metales (Cd, Hg y Pb): Espectrometría de plasma acoplado por inducción

Una muestra de agua o extracto digerido de muestra se hace pasar mediante a un nebulizador que convertirá el líquido en aerosol. El mismo ingresará a una cámara y se inyectará directamente a una llama de plasma de argón generado por inducción. Los elementos presentes serán excitados y posteriormente decaerán a un estado energético más estable acompañado del espectro de emisión propio de cada especie. La intensidad de este espectro será medida por un sistema óptico y convertirá la señal a unidades de concentración.

Anexo 3. Aplicación utilizada para localizar posibles sitios para parcelas de monitoreo



Anexo 4. Muelle de salida hacia sitio de muestreo



Anexo 5. Vista aérea de los manglares en el sitio de las parcelas de monitoreo



Anexo 6. Vista horizontal del ecosistema de manglar en el sitio de estudio



Anexo 7. Manglar rojo inundado por marea alta



Anexo 8. Raíces típicas de *R. mangle* (mangle rojo)



Anexo 9. Lancha transportando al personal y equipos de medición



Anexo 10. Vista panorámica de los manglares en el sitio de estudio





**For more information,
contact us, visit our social media pages or scan the QR code:**

Panama Office

Panamá, Ciudad del Saber,
Calle Gonzalo Crance,
Edif. 181, Oficinas 12 y 13

+507 306-3171 ext: 3136

Chiriquí Office

David, Doleguita
Av. 10a Oeste,
Casa 179-8, Oficina #4

+507 6382-6155 / 6215-5277

