



Valor Climático y Ecológico de los Manglares Amenazados de la Provincia de Chiriquí, Panamá

Estudio independiente encargado por:

No to Puerto Baru Campaign

Preparado por:

Restor y el Programa de Paisajes Tropicales de Clima

Mayo 2026

Alcance y propósito

Este estudio independiente fue preparado por Restor y el Programa de Paisajes Tropicales de Clima, y fue encargado por la campaña No a Puerto Baru. El contenido tiene únicamente fines informativos generales y ha sido desarrollado utilizando datos de bases de datos de acceso público. Si bien estos conjuntos de datos son sólidos, reconocemos que cada uno posee sus propias limitaciones inherentes. Sin embargo, al aprovechar e integrar múltiples capas de datos, somos capaces de construir una imagen integral del estado general y el valor ecológico de la biodiversidad regional. Cabe señalar que no se han realizado evaluaciones de campo ni levantamientos in situ de estos ecosistemas, ya que dicha verificación empírica requeriría recursos significativamente mayores de los disponibles para este análisis técnico preliminar.

1 Resumen Ejecutivo

Los ecosistemas de manglar de la Provincia de Chiriquí, que se extienden por los distritos de David, Alanje y San Lorenzo, representan uno de los bosques costeros ecológicamente más significativos e intactos que quedan en las Américas. Esta área de 79.686 hectáreas no es simplemente un recurso local, sino un reserva mundial para el clima y la biodiversidad que actualmente se encuentra bajo amenaza inminente por el propuesto desarrollo portuario de Puerto Barú.

Este informe proporciona una cuantificación científica del valor ecológico y la importancia climática de este ecosistema insustituible:

- **Un "Depósito de Carbono" para Panamá:** Estos manglares almacenan **14,6 millones de toneladas de carbono**, lo que representa el **24% del stock total de carbono azul de Panamá**. La liberación potencial de este carbono (53,2 Mt CO₂e) supera las emisiones nacionales anuales totales de Panamá en un factor de 3,6.
- **Defensa Costera Insustituible (Ahorro de \$17M):** La barrera natural proporcionada por estos manglares actualmente limita los daños económicos anuales por inundaciones a \$1M. Sin este ecosistema, se estima que los **daños se dispararían hasta \$18M, un aumento del 1.700% en la carga financiera para la región.**
- **Reserva Mundial de la Biodiversidad:** El área alberga más especies de plantas, mamíferos y aves que el 90% del planeta, incluyendo **las 11 especies de árboles de manglar panameños y 7 especies en peligro crítico.**
- **Integridad Ecológica Excepcional:** Mientras que **más del 82% de los bosques del mundo están degradados**, esta región ha mantenido una estabilidad excepcional con **menos del 2% de pérdida de bosque en los últimos 20 años**. Cuenta con "gigantes del dosel" que alcanzan **50,9 metros**, algunos de los manglares más altos registrados a nivel mundial: una antigua "comunidad clímax" que es esencialmente irremplazable
- **Fragilidad Extrema ante la Perturbación:** El análisis de eventos históricos muestra que este ecosistema es altamente susceptible a los cambios hidrológicos. Casos pasados demuestran que el flujo mareal impedido condujo al **colapso estructural total y la formación de "bosques fantasma" en tan solo 3-5 años.**

El dragado propuesto de un canal de 100m de ancho y 11m de profundidad a través de esta área sensible representa una amenaza fundamental para la seguridad ambiental regional. Estos datos orientarán la siguiente fase de nuestro trabajo: la Campaña de Comunicaciones #MissionPanama, para movilizar [el apoyo público e institucional](#) para proteger uno de los últimos grandes bastiones de manglares de Centroamérica.

Si bien este análisis técnico se centra principalmente en indicadores ecológicos, reconocemos que estos ecosistemas son el sustento de las comunidades locales. La amplia literatura y la evidencia anecdótica apuntan consistentemente a los profundos efectos positivos de los manglares intactos sobre la seguridad alimentaria

y los ingresos locales. Pondremos estas historias humanas vitales en primer plano a través de nuestra próxima serie de narraciones lideradas por la comunidad.

El análisis profundo realizado para este proyecto ha generado un conjunto de datos de alta resolución que tienen un potencial transformador para el sector de la naturaleza en general. Si se integran en la plataforma Restor, estos modelos podrían desbloquear financiamiento crítico basado en el rendimiento para miles de otros proyectos de manglar a nivel mundial. Actualmente estamos consultando a nuestra comunidad para evaluar el interés en estas capas de datos y perfeccionar su aplicación para inversiones a gran escala.

2 Introducción

2.1 Antecedentes y Marco Científico

Los ecosistemas de manglar de la Provincia de Chiriquí, Panamá, se encuentran en un momento crítico ante el propuesto desarrollo de instalaciones portuarias en Puerto Barú. Estos bosques costeros, situados a lo largo del Golfo de Chiriquí, representan uno de los sistemas de manglares ecológicamente más valiosos y científicamente más significativos de Centroamérica (Spalding *et al.*, 2010).

Los manglares de todo el mundo son reconocidos como ecosistemas críticos que conectan los ambientes terrestres y marinos, proporcionando servicios insustituibles como la protección costera, el secuestro de carbono, la filtración del agua y el hábitat de cría para las pesquerías comerciales. Los manglares de David, Alanje y San Lorenzo son particularmente significativos por su tamaño excepcional, su estado prístino y su ubicación estratégica, que protege la línea costera al sur de la ciudad de David y su aeropuerto internacional.

Esta evaluación ecológica fue encargada por la coalición No a Puerto Barú para proporcionar una cuantificación científica del valor ecológico y climático de los ecosistemas de manglar potencialmente afectados por el desarrollo portuario de Puerto Barú. Complementa la revisión científica independiente de Lynker (Lynker, 2024) de la Declaración de Impacto Ambiental presentada por los promotores del proyecto Puerto Barú. Mientras esa revisión evalúa la idoneidad y exactitud de las predicciones de impacto y las propuestas de mitigación del promotor, este estudio añade un análisis adicional y un análisis profundo de los datos sobre los valores ecológicos y climáticos de los manglares.

2.2 Área de Estudio

El área de estudio abarca los extensos bosques de manglar de la Provincia de Chiriquí (Figura 1) en el oeste de Panamá, específicamente dentro de los distritos de David, Alanje y San Lorenzo a lo largo de la costa del Golfo de Chiriquí (Figura 2). Estos manglares están ubicados directamente adyacentes a la ciudad de David, la capital provincial y la tercera ciudad más grande de Panamá (con una población de 130.000 habitantes), así como al Aeropuerto Internacional Enrique Malek, protegiendo a ambos del mar abierto.



Figura 1: Provincias de Panamá

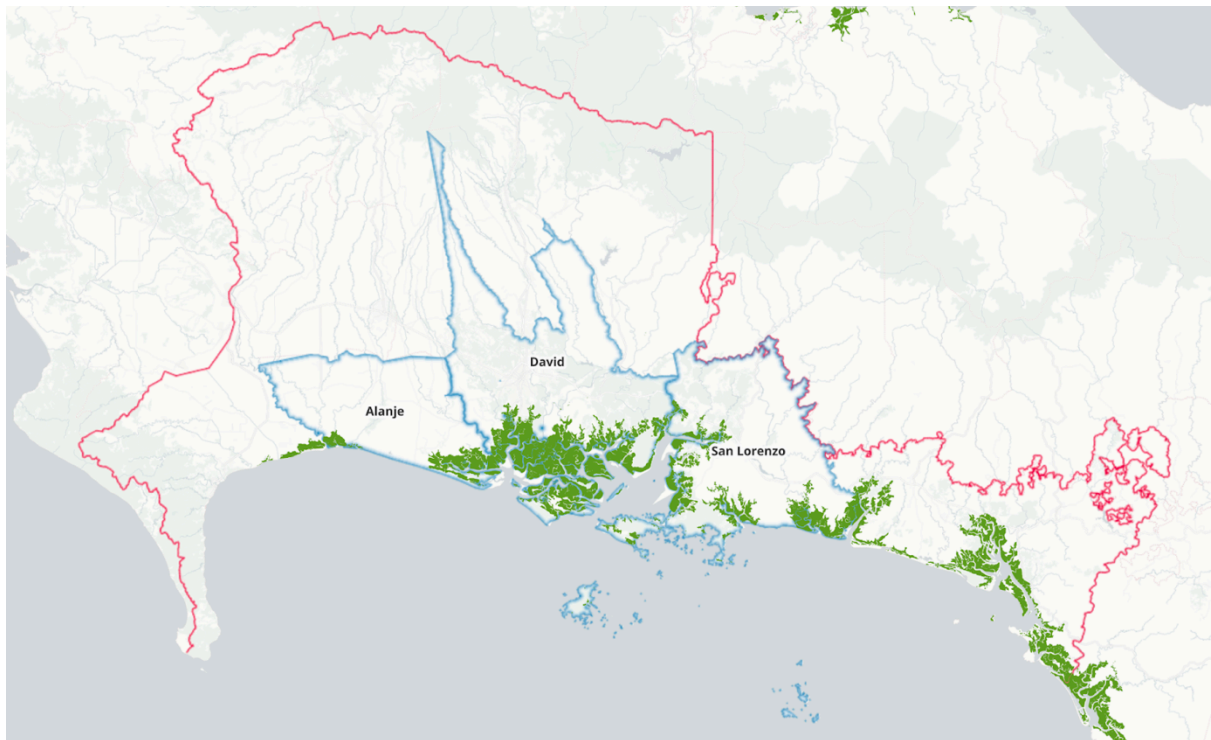


Figura 2: Manglares de la Provincia de Chiriquí (y los distritos de Alanje, David y San Lorenzo)

El cinturón de manglares se extiende a lo largo del borde costero, formando una barrera protectora continua entre el Océano Pacífico y las áreas urbanas y agrícolas

de baja elevación. El ancho de este cinturón varía a lo largo de su extensión, con medidas y dimensiones específicas detalladas en los resultados del análisis espacial.

2.3 Designaciones de Áreas Protegidas

El área de estudio se superpone con dos áreas protegidas clave que reflejan el reconocido valor de conservación de estos ecosistemas (Figura 3).

2.3.1 La Playa de la Barqueta Agrícola

Esta área protegida fue designada en 1994 como Refugio de Vida Silvestre de Categoría IV de la UICN con una superficie de 6.704 hectáreas. Los datos de Protected Planet para esta área protegida están disponibles [aquí](#).

2.3.2 Manglares de David, Alanje y San Lorenzo (propuesto)

Estos bosques de manglar están actualmente designados como áreas protegidas por el Concejo Municipal de David (Concejo Municipal de David, 2007) con una superficie de 72.982 hectáreas. Sus límites exactos están a la espera de aprobación por parte del Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAmbiente, 2024).

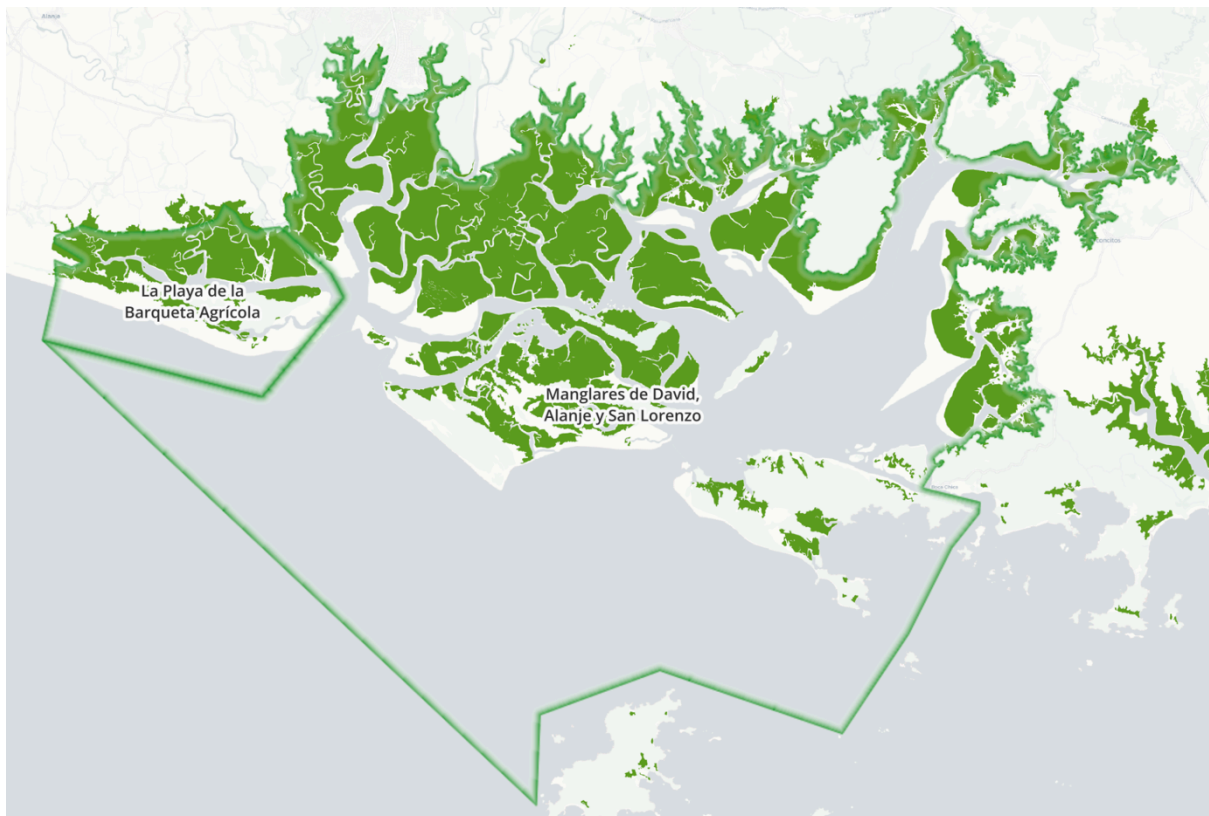


Figura 3: Áreas Protegidas en el área de estudio

2.4 Desarrollo Portuario Propuesto

El propuesto desarrollo portuario de Puerto Barú está ubicado justo fuera del área protegida Manglares de David, con el canal de acceso al puerto atravesando directamente los manglares (Figura 4). La propuesta establece que este canal será

dragado hasta una profundidad de 11m y tendrá 100m de ancho. El material dragado será depositado en un sitio en el centro de los Manglares de David.

Para los propósitos de este estudio, ambas áreas protegidas se combinan para formar una única AOI (Área de Interés) utilizada en todos los análisis, con una superficie total de 79.686 hectáreas. Esta AOI representa un bloque contiguo único de manglares dentro del área de estudio y es significativa en términos de su conectividad ecológica y naturaleza no fragmentada.



Figura 4: La AOI utilizada en este estudio mostrando el propuesto Desarrollo Portuario de Puerto Barú, el Canal Dragado y el Sitio de Disposición del Material de Dragado. El triángulo rojo marca la ubicación del caso de muerte súbita del manglar descrito en la Figura 5.

2.5 Características Físicas

Los manglares de la Provincia de Chiriquí son un sistema gobernado por la gran amplitud de marea de Panamá y por intensas tormentas estacionales. Estos factores impulsan la circulación esencial, el aporte de nutrientes y la regulación de la salinidad necesarios para la supervivencia del manglar. Los datos de sensores remotos (teledetección) históricos revelan que, si bien el sistema es resiliente a la acreción y erosión costera natural, sigue siendo altamente susceptible a las perturbaciones hidrológicas; incluso períodos breves de flujo mareal impedido o asfixia radicular causados por el *encharcamiento de sedimentos* pueden conducir a una muerte regresiva rápida y generalizada del bosque de manglar.

La Figura 5 muestra un ejemplo de la susceptibilidad de estos manglares a las perturbaciones hidrológicas. Esta figura muestra una secuencia de imágenes de teledetección dentro de la AOI centrada en $8^{\circ}14'17,92''$ N, $82^{\circ}21'53,38''$ W entre

2018 y 2023. Esta secuencia muestra cómo el flujo mareal impedido causado por la acreción costera conduce al cese del lavado mareal. Sin lavado mareal, la salinidad intersticial (del suelo) puede alcanzar niveles muy por encima de la tolerancia incluso de las especies más resistentes (superando frecuentemente las 90-100 partes por mil). Esto conduce entonces a la muerte regresiva rápida de las copas y al colapso estructural, formando un bosque fantasma. En este caso particular, se desconoce qué causó la acreción costera.

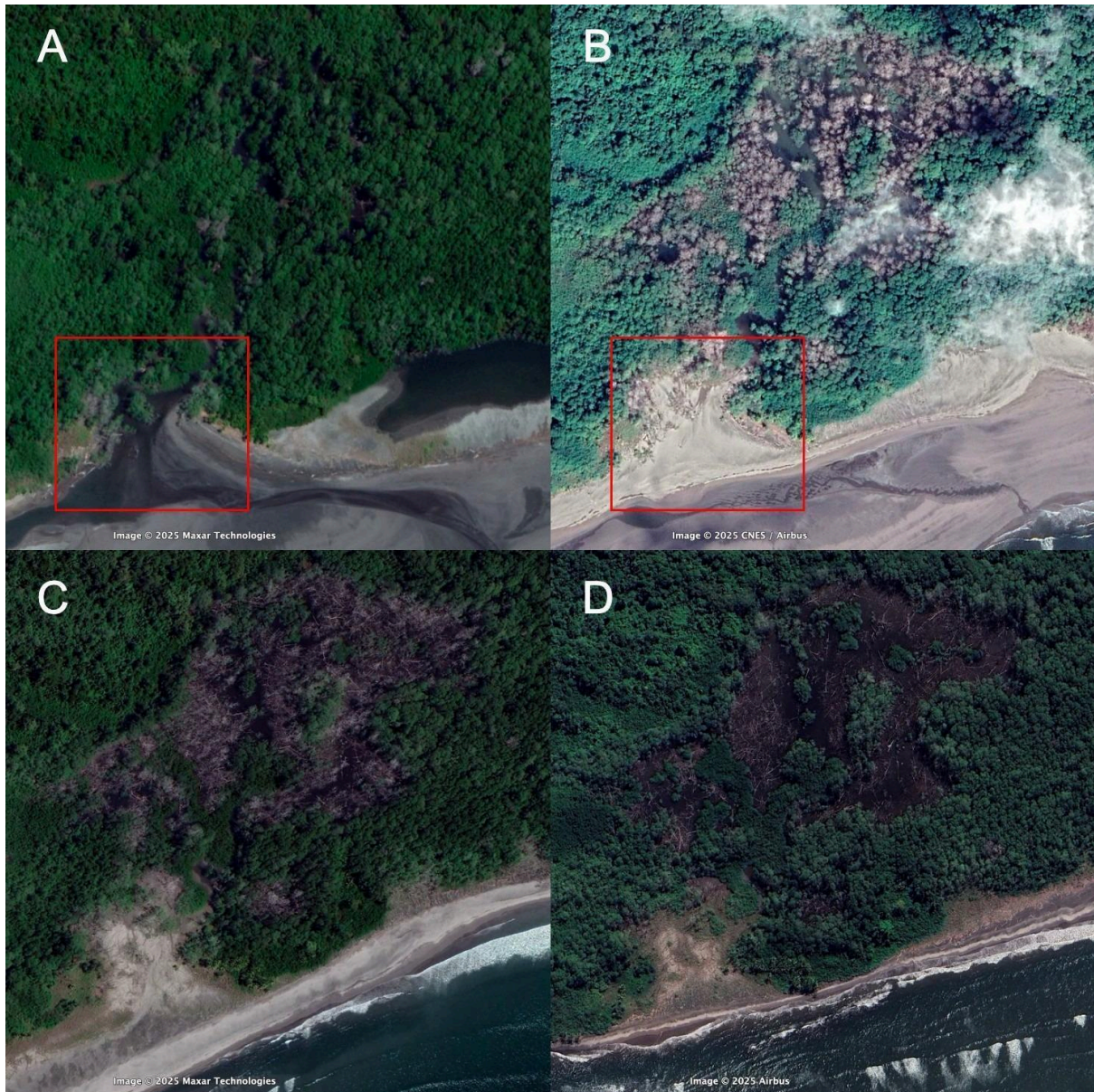


Figura 5: Muerte súbita del manglar debido a la acreción costera entre 2018 y 2023. Los detalles se describen en el texto a continuación.

En **A** (marzo de 2018) hay un bosque sano que drena y se lava a través del canal mareal (que se muestra en el cuadro rojo). En **B** (diciembre de 2018) el lavado mareal está impedido por la sedimentación y ahora hay clorosis en las copas de los árboles. En **C** (febrero de 2021) hay colapso estructural de los árboles. En **D** (junio

de 2023) la descomposición del suelo provoca el colapso de la turba y la liberación de carbono, formándose un bosque fantasma.

El propuesto desarrollo portuario amenaza este delicado equilibrio a través del dragado y la modificación de los canales mareales naturales (Lynker, 2025).

3 Análisis Científico y Resultados

3.1 Cobertura Total de Manglar

Descripción del Indicador: Este análisis mide la extensión espacial y la distribución de los bosques de manglar. La cuantificación de la cobertura total es la línea base para todas las valoraciones de los servicios ecosistémicos, ya que la escala del secuestro de carbono, el hábitat de criadero y la protección costera es directamente proporcional al área contigua del dosel forestal.

- **Análisis:** El análisis utilizó el Mapa Oficial de Cobertura del Suelo de Panamá 2021 de MiAmbiente y el Estudio de Línea Base y Diagnóstico 2007 para los Bosques de Manglar del Golfo de Chiriquí para determinar la extensión de línea base (MiAmbiente, 2021a, CATHALAC, 2007).
- **Resultados:** Los indicadores de línea base para la Provincia de Chiriquí se resumen en la Tabla 1.

	Área de Manglares (hectáreas)	~% del Área Nacional
República de Panamá	181.338 - 187.064 ¹	
Provincia de Chiriquí	38.622 - 50.133	25%

Tabla 1: Proporción de manglares en Panamá, Provincia de Chiriquí.

- **Contexto:** La Provincia de Chiriquí representa el 25% del área total de manglares en la República de Panamá. El tamaño y la conectividad de este bloque de manglares es ecológicamente significativo. Los grandes bosques de manglares contiguos sustentan comunidades biológicas más diversas, mantienen regímenes hidrológicos más estables y demuestran una mayor resiliencia ante las perturbaciones en comparación con los parches fragmentados (Lee *et al.*, 2014).

3.2 Distribución de la Altura del Dosel

Descripción del Indicador: Las mediciones de altura del dosel derivadas de datos de teledetección proporcionan información sobre la estructura del bosque, la distribución de edades y las condiciones de crecimiento. La altura es un indicador clave de la productividad del manglar y la complejidad estructural.

¹ MiAmbiente, 2021b, CATHALAC, 2007

- **Análisis:** El análisis utilizó el modelo de altura del dosel desarrollado por Simard *et al.* (2019).
- **Resultados:** La distribución espacial de las alturas máximas del dosel dentro de la AOI se ilustra en la Figura 6. La altura máxima del dosel en la AOI fue de 50,9m y el promedio fue de 22,1m.

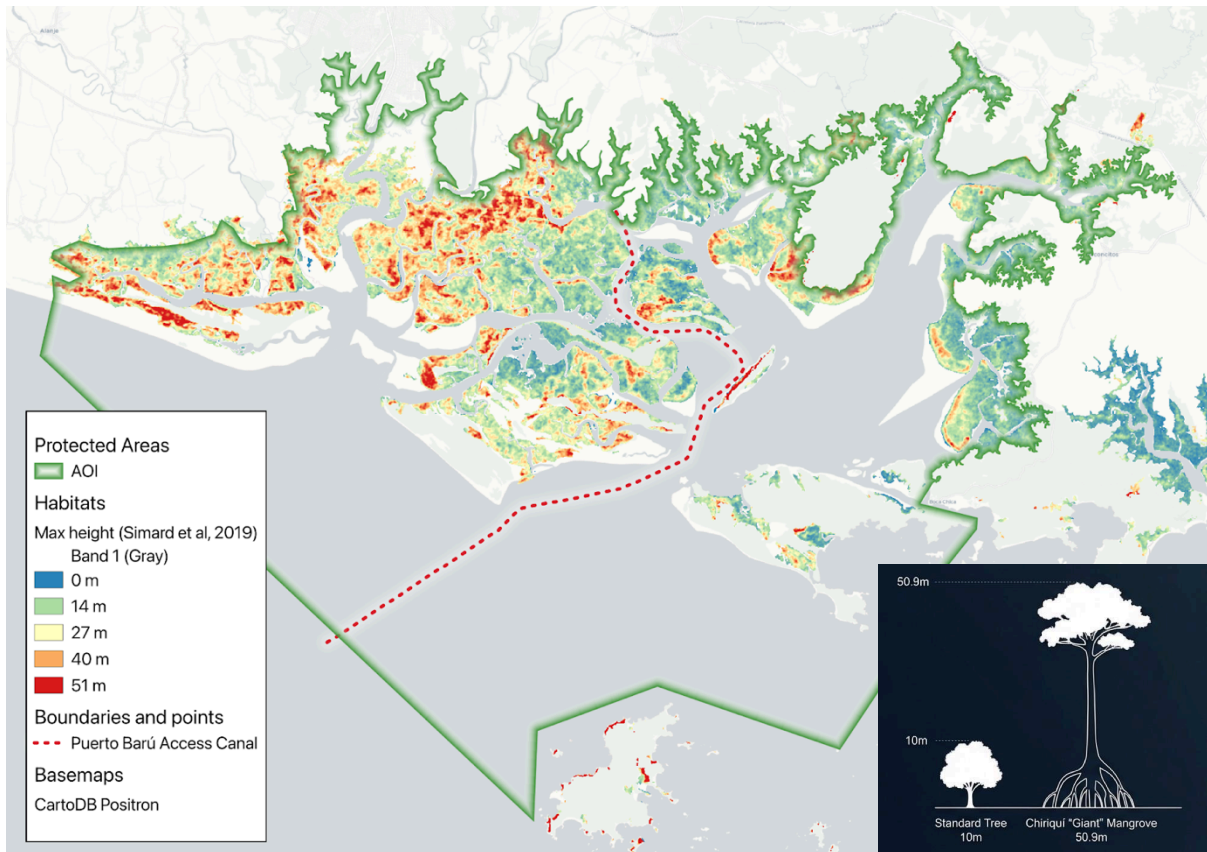


Figura 6: Distribución espacial de las alturas máximas del dosel a resolución de 30m (Simard *et al.*, 2019)

- **Contexto:** Las alturas de árboles de manglar >45m solo se encuentran en Gabón y el Río San Juan (Colombia). A nivel nacional, estas son características de un ecosistema de bosque primario estable en etapa sucesional tardía. Estas alturas también indican que la AOI es una "Amazonía del Océano" que ha permanecido intacta frente a la degradación climática o antropogénica durante décadas. Así como no se puede «restaurar» una selva tropical de 500 años, estos manglares de 50 metros de altura no se pueden mitigar ni replantar; su pérdida sería permanente

3.3 Especies del Dosel de Manglar

Descripción del Indicador: Una lista de las especies de árboles de manglar que se encuentran en la AOI puede ser valiosa para comprender la resiliencia ecológica del ecosistema ante los factores de estrés ambiental. Las diferentes especies de manglares habitan distintas zonas dentro del bosque y proporcionan servicios

ecosistémicos esenciales relacionados con la mitigación de inundaciones, los criaderos de peces, la biodiversidad y el almacenamiento de carbono.

- **Análisis:** Se realizó un análisis entre la AOI y los rangos de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en la Lista Roja de la UICN [sitio web](#) (UICN, 2025). Este fue complementado con datos de ocurrencia del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF).
- **Resultados:** Según el análisis de intersección, las 11 especies de árboles de manglar panameños se encuentran en la AOI. Estas se muestran en la Tabla 2 junto con la fuente y la Categoría de la UICN.

Nombre científico	Nombre común	Fuente	Categoría de Amenaza UICN
<i>Acrostichum danaeifolium</i>		UICN 2025	Preocupación Menor
<i>Avicennia bicolor</i>		UICN 2025	Vulnerable
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro	UICN 2025	Preocupación Menor
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle zaragoza	UICN 2025	Preocupación Menor
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	UICN 2025	Preocupación Menor
<i>Mora oleifera</i>		UICN 2025	Vulnerable
<i>Pelliciera rhizophorae</i>		UICN 2025	Vulnerable
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	GBIF 2026	Preocupación Menor
<i>Rhizophora racemosa</i>		UICN 2025	Preocupación Menor
<i>Rhizophora samoensis</i>		UICN 2025	Casi Amenazado
<i>Tabebuia palustris</i>		UICN 2025	Vulnerable

Tabla 2: Especies de manglar que se encuentran en la AOI.

- **Contexto:** Panamá se encuentra en el centro de la diversidad de la flora de manglares occidentales, que alberga 11 especies de árboles de manglar, el número más alto de las Américas, junto con Colombia (Spalding *et al.*, 1997). Las 11 especies están presentes en la AOI, lo que captura la diversidad completa de árboles de manglar de Panamá en un solo sitio.

3.4 Biomasa Total y Reservas de Carbono Azul

Descripción del Indicador: Este indicador cuantifica el Carbono Azul almacenado dentro del ecosistema, incluyendo la Biomasa Sobre el Suelo, la Biomasa Bajo el

Suelo y el Carbono Orgánico del Suelo. La medición de la densidad de carbono nos permite valorar el bosque como un activo de mitigación climática y calcular las emisiones potenciales que se liberarían si el área fuera degradada.

3.4.1 Biomasa Sobre el Suelo (BSS)

Descripción del Indicador: La BSS es toda la materia orgánica viva ubicada sobre el suelo, incluyendo los troncos, ramas y hojas que almacenan carbono a través de la fotosíntesis.

- **Análisis:** Las estimaciones de BSS se calcularon utilizando los modelos de resolución de 30m producidos por Simard *et al.* (2019) para el valor actual y los modelos de 500m de Walker *et al.* (2022) para el valor potencial.
- **Resultados:** La distribución espacial de la BSS dentro de la AOI se ilustra en la Figura 7. Los valores de BSS siguen una distribución espacial similar a las alturas del dosel, como era de esperar.

El valor máximo de densidad de BSS en la AOI fue de 373 Mg C /ha² y el promedio fue de 111 Mg C /ha.

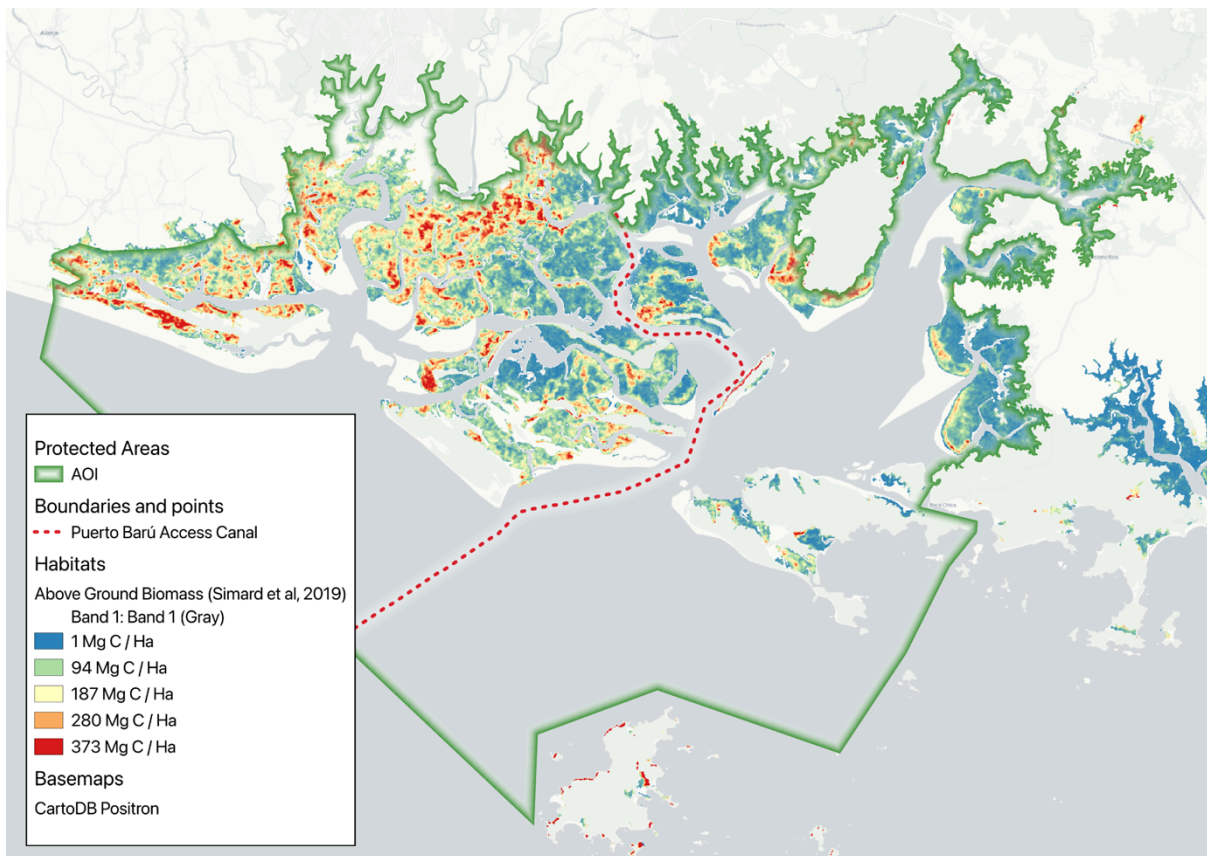


Figura 7: Distribución espacial de la BSS a resolución de 30m (Simard *et al.*, 2019)

Los valores totales para la AOI se muestran en la Tabla 3.

² 1 Megagram (Mg) = 1 tonne

	Actual (Mt C) ³	Potencial (Mt C)
Biomasa Total Sobre el Suelo	2,3	4,53

Tabla 3: BSS total en la AOI (Simard et al., 2019 y Walker et al., 2022).

- **Contexto:** El valor máximo de densidad de BSS es más del doble del promedio global de manglares de 184 Mg C /ha y sitúa el complejo David-Alanje-San Lorenzo entre los ecosistemas más productivos del Pacífico Oriental Ecuatorial y no solo de Panamá.

3.4.2 Biomasa Bajo el Suelo (BBS)

Descripción del Indicador: La BBS son los sistemas radiculares vivos de los árboles, que en los manglares son particularmente extensos para proporcionar estabilidad en suelos inestables e inundados.

- **Análisis:** Las estimaciones de BBS se calcularon utilizando los modelos de resolución de 500m producidos por Walker et al. (2022).
- **Resultados:** La distribución espacial de la BBS se excluye del mapeo debido a su menor resolución y su alto grado de correlación espacial con la BSS.

El valor máximo de densidad de BBS en la AOI fue de 63 Mg C /ha, y el promedio fue de 36 Mg C /ha.

Los valores totales para la AOI se muestran en la Tabla 4.

	Actual (Mt C)	Potencial (Mt C)
Biomasa Total Bajo el Suelo	0,966	1,75

Tabla 4: BBS total en la AOI (Walker et al., 2022).

- **Contexto:** Los bosques de manglar dentro de la AOI almacenan un promedio de 63 Mg C /ha en biomasa bajo el suelo, situándolos dentro del rango típico para los manglares neotropicales.

3.4.3 Carbono Orgánico del Suelo (COS)

Descripción del Indicador: El COS es el carbono almacenado en el barro grueso y anaeróbico bajo los árboles, que representa el mayor reservorio de carbono en los ecosistemas de manglar debido a las lentas tasas de descomposición.

- **Análisis:** Las estimaciones de COS se calcularon utilizando los modelos de resolución de 500 m producidos por Walker et al. (2022).
- **Resultados:** La distribución espacial del COS se excluye del mapeo debido a su menor resolución y su alto grado de correlación espacial con la BSS.

³ 1 Megatonne (Mt) = 1,000,000 tonnes

El valor máximo de densidad de COS en la AOI fue de 620 Mg C /ha, y el promedio fue de 422 Mg C /ha.

Los valores totales para la AOI se muestran en la Tabla 5.

	Actual (Mt C)	Potencial (Mt C)
Carbono Orgánico Total del Suelo	11,2	11,3

Tabla 5: COS total en la AOI (Walker et al., 2022).

- **Contexto:** Los suelos de manglar son reservorios de carbono excepcionales, que almacenan carbono orgánico acumulado durante siglos o milenios. Las condiciones anaeróbicas en los sedimentos de manglar inundados ralentizan las tasas de descomposición, permitiendo el secuestro de carbono a largo plazo. Típicamente, los sedimentos de manglar almacenan varias veces más carbono que los bosques tropicales terrestres en términos por hectárea (Sheehan, 2019), haciendo que su conservación sea crítica para la mitigación del cambio climático. Si este carbono es perturbado sería irrecuperable en una escala de tiempo humana. Si el suelo es perturbado por el dragado, el "colapso de turba" resultante (como se señala en la Figura 5D) convierte un sumidero de carbono milenario en una bomba de carbono inmediata.

3.4.4 Stock Total de Carbono del Ecosistema (STCE)

Descripción del Indicador: La EI STCE representa el reservorio total de carbono protegido por estos ecosistemas de manglar (o Carbono Azul).

- **Análisis:** El STCE se calcula mediante la ecuación $STCE = BSS + BBS + COS$.
- **Resultados:** Los valores totales para la AOI se muestran en la Tabla 6.

	Actual (Mt C)	Potencial (Mt C)
Stock Total de Carbono del Ecosistema	14,5	17,6

Tabla 6: STCE total en la AOI.

- **Contexto:** Para Panamá, el STCE para todos los bosques de manglar es de 58,9 Mt C (Walker et al., 2022), por lo que la AOI representa el 24% del stock total de carbono en los manglares de Panamá.

Los 14,5 Mt C identificados dentro de la AOI representan un masivo reservorio de estabilización climática. Para poner esto en perspectiva, la liberación potencial de este carbono como 53,2 Mt CO₂e supera las emisiones nacionales anuales de Panamá en un factor de 3,6 (ClimateChangeTracker, 2026). Desde el punto de vista de la seguridad climática, el complejo David-Alanje-San Lorenzo funciona como un depósito de carbono; su perturbación generaría una responsabilidad

climática equivalente a añadir 11,6 millones de automóviles a las carreteras simultáneamente.

3.5 Cambio en la Extensión del Manglar

Descripción del Indicador: Este indicador rastrea la ganancia o pérdida de cobertura forestal a lo largo del tiempo y fue analizado utilizando dos conjuntos de datos de teledetección complementarios, cada uno con fortalezas distintas para detectar diferentes tipos de cambio forestal:

3.5.1 Análisis del Global Mangrove Watch (GMW)

- **Análisis:** Las cifras de pérdida/ganancia de manglar se calcularon utilizando el conjunto de datos Global Mangrove Watch (Bunting *et al.*, 2022). Este utiliza imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial para mapear la extensión del manglar de 1996 a 2020. La capacidad del SAR para penetrar las nubes lo hace valioso para las regiones tropicales con cobertura nubosa persistente. Los datos de cambio no están disponibles para cada año, por lo que solo se calcula el cambio global de 1996 a 2020.
- **Resultados:** La distribución espacial de pérdida/ganancia de manglar se muestra en la Figura 8.

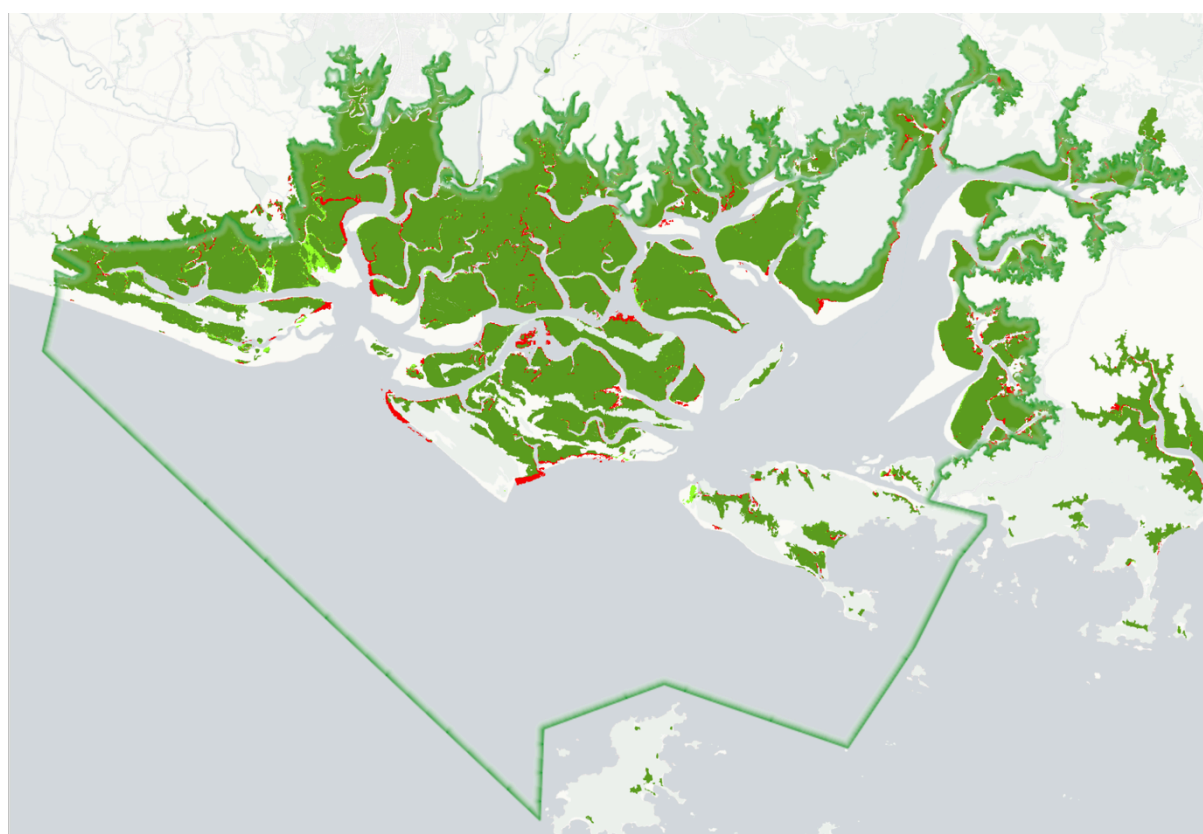


Figura 8: Pérdida/ganancia de cobertura arbórea (rojo/verde) de 1996 a 2020 para la AOI (Bunting *et al.*, 2022).

La pérdida total de 1996 a 2020 fue: **832 hectáreas** (3,9% del área de manglar).

La ganancia total de 1996 a 2020 fue: **415 hectáreas** (1,9% del área de manglar).

=> La pérdida neta de 1996 a 2020 fue: **417 hectáreas** (1,9% del área de manglar).

Los resultados muestran una excelente detección de cambios periféricos a lo largo de los bordes del bosque con una detección más deficiente de los pequeños cambios interiores (mostrados en Hansen), lo cual es típico de los enfoques basados en radar.

3.5.2 Análisis de Cambio Forestal Hansen

- **Análisis:** El conjunto de datos Hansen Global Forest Change utiliza imágenes ópticas Landsat de 2001 a 2024 (Hansen *et al.*, 2013) para detectar la pérdida de cobertura arbórea a resolución de 30 metros. Los datos están disponibles para cada año entre 2001 y 2024.
- **Resultados:** La distribución espacial de pérdida de manglar se muestra en la Figura 9.

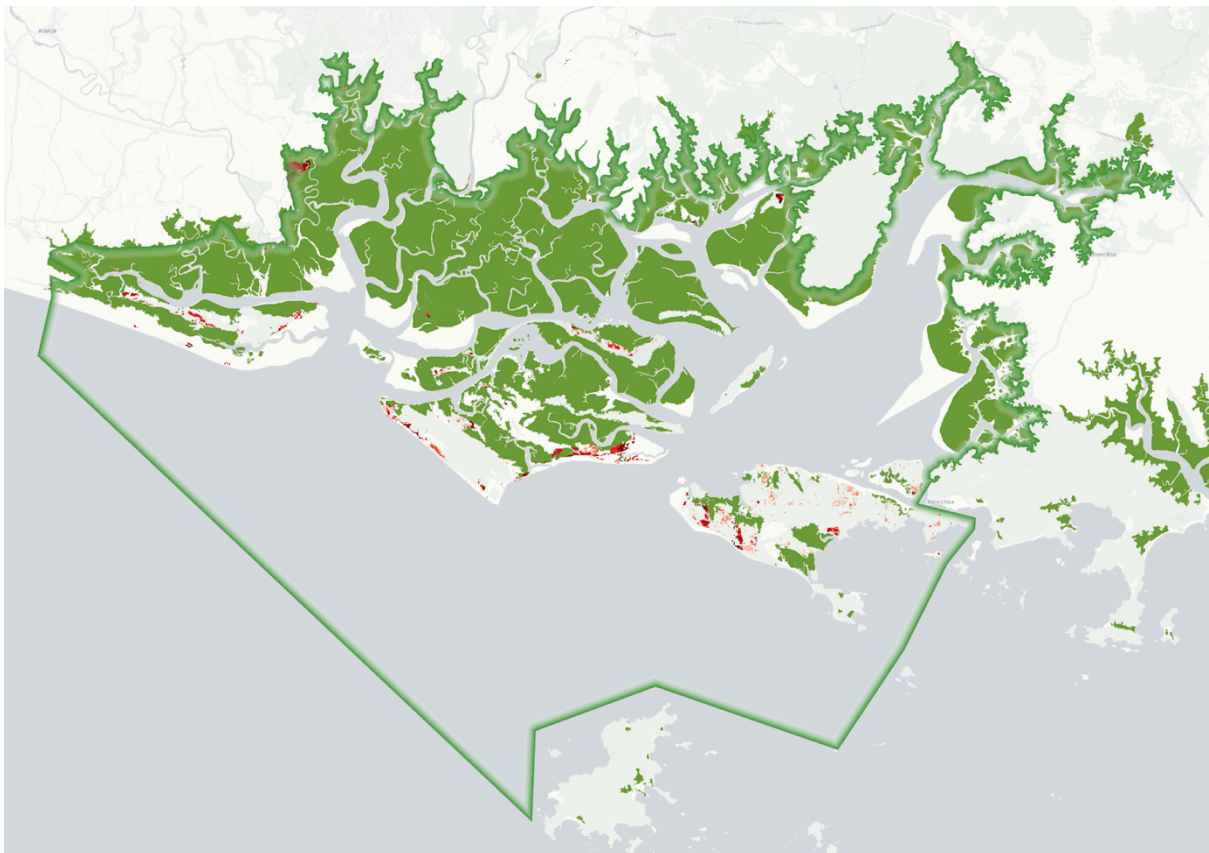


Figura 9: Pérdida de cobertura arbórea de 2001 a 2024 (Hansen et al., 2013). Las áreas rojo oscuro son más recientes.

Los datos anuales de pérdida de cobertura arbórea se muestran en la Figura 10.

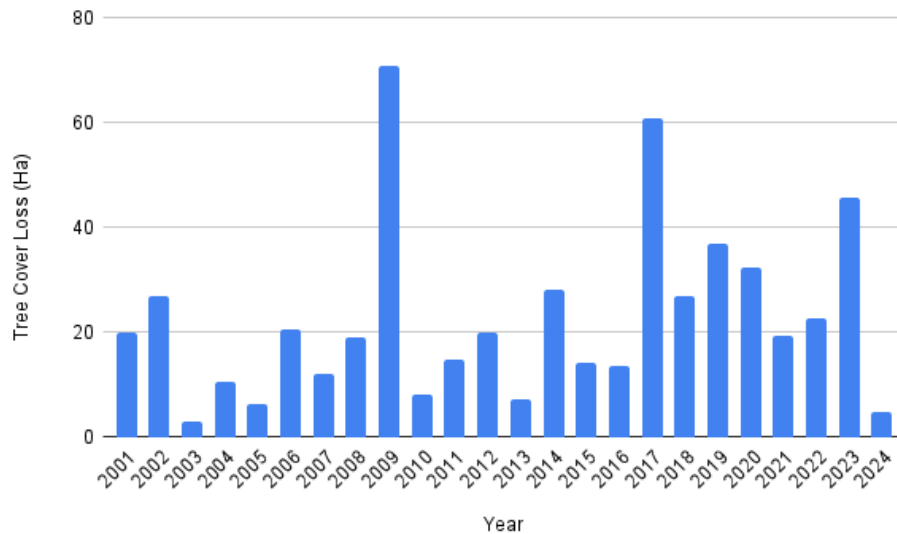


Figura 10: Pérdida de cobertura arbórea de 2001 a 2024 (hectáreas) para la AOI (Hansen et al., 2013)

Este conjunto de datos es excelente para identificar cambios en la cobertura del dosel y la degradación forestal interior, incluidos los eventos de muerte súbita documentados en el área de estudio. Las bandas espectrales de Landsat capturan cambios en la salud de la vegetación y las condiciones del dosel no detectables por radar.

La pérdida total de 2001 a 2024 fue: **544 hectáreas** (2,5% del área de manglar)

3.5.3 Evaluación Integrada del Cambio

Al integrar ambos conjuntos de datos, emerge una imagen integral: los bosques de manglar han experimentado principalmente dinámicas naturales de borde (detectadas por GMW) y eventos de perturbación interior localizados atribuibles a la disrupción hidrológica inducida por tormentas (detectados por Hansen). El patrón general confirma una perturbación antropogénica limitada y procesos de cambio predominantemente naturales. Para poner esto en un contexto global, hasta el 82% de los bosques mundiales están ahora degradados en cierta medida (Watson *et al.*, 2018), por lo que estos bosques intactos son refugios cada vez más escasos que representan el nivel más alto de integridad ecológica y prioridad de conservación.

3.6 Valor de la Biodiversidad

3.6.1 Riqueza de Especies

Descripción del Indicador: La riqueza de especies mide el número total estimado de especies de plantas, anfibios, aves y mamíferos para un área. Para las plantas, se basa en modelaje ambiental (Kreft y Jetz, 2007) para producir la riqueza de especies al nivel de 1 grado de latitud/longitud (aprox. 12.100 km²). Para los demás taxones se basa en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Jenkins *et al.*, 2013 y Pimm *et al.*, 2014) para producir mapas de riqueza de especies a nivel de 10 km².

- **Análisis:** Se realizó un análisis de intersección espacial entre la AOI y los datos de riqueza de especies para determinar la riqueza máxima de la AOI y cómo se compara con los niveles globales de riqueza.
- **Resultados:** Los indicadores de riqueza de especies para el sitio y cómo se comparan con los niveles globales se muestran en la Tabla 7.

Taxa	Riqueza en la AOI	Percentil Global
Plantas	2.626	96,8%
Mamíferos	133	94,6%
Aves	357	90,6%
Anfibios	18	76,6%

Tabla 7: Valores de riqueza de especies para plantas, mamíferos, aves y anfibios en la AOI

- **Contexto:** Los manglares de la AOI exhiben una biodiversidad excepcional, particularmente para plantas y mamíferos, que se ubican en los percentiles globales 96 y 94 respectivamente. Aunque la riqueza de aves se mantiene alta en el percentil 90, los anfibios muestran una posición global comparativamente menor del 76,6%. Esta AOI también es reconocida globalmente por su valor de biodiversidad al ser tanto un **Área Importante para Tiburones y Rayas** (ficha técnica [aquí](#)) como también un **Área Clave de Biodiversidad** (ficha técnica [aquí](#)).

3.6.2 Lista de especies en peligro crítico

Descripción del Indicador: La lista de especies en peligro crítico para la AOI proporciona una valiosa herramienta de comunicación para promover el valor del sitio ante el público en general.

- **Análisis:** Se realizó un análisis entre la AOI y los rangos de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en el [sitio web](#) (UICN, 2025).
- **Resultados:** Las Especies en Peligro Crítico se muestran en la Tabla 8.

Taxa	Nombre Científico	Nombre común
Peces cartilaginosos	<i>Carcharhinus cerdale</i>	Tiburón de Cola Pequeña del Pacífico
Peces cartilaginosos	<i>Pristis pristis</i>	Pez sierra dentón
Peces cartilaginosos	<i>Sphyrna corona</i>	Cornuda coronada
Peces cartilaginosos	<i>Sphyrna lewini</i>	Tiburón martillo
Peces cartilaginosos	<i>Sphyrna media</i>	Cornuda cuchara
Peces cartilaginosos	<i>Sphyrna mokarran</i>	Gran tiburón martillo
Reptiles	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortuga carey

Tabla 9: Especies en Peligro Crítico que se encuentran en la AOI (UICN, 2025)

- **Contexto:** La presencia de estas nueve especies en peligro crítico destaca estos manglares como un área de importancia global para la supervivencia marina y costera, particularmente para las especies de tiburones. El área es parte del reconocido **Área Importante para Tiburones y Rayas de Panamá, Bahía Muertos**. Para más información consulte la Ficha Técnica [aquí](#).

3.7 Riesgo Costero y Resiliencia

Los bosques de manglar de Chiriquí actúan como un indispensable "escudo verde", proporcionando una defensa costera insustituible para la ciudad de David, su aeropuerto internacional y el entorno agrícola circundante.

La evaluación del riesgo de inundación y el análisis del impacto costero potencial se realizaron con dos conjuntos de datos diferentes: los Mapas de Peligro de Inundación Aqueduct del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) (WRI Aqueduct, 2020) y la herramienta de Índice de Riesgo Climático (Ocean Risk and Resilience Action Alliance Inc., 2024). Los hallazgos clave muestran:

- **Valoración de Daños Evitados (Ahorro Anual de \$17M):** Utilizando la herramienta de Índice de Riesgo Climático (escenario 2050, RCP4.5), hemos cuantificado el valor protector de este ecosistema específico. Actualmente, con los manglares intactos, los daños económicos anuales por inundaciones se limitan a \$1M. Sin esta barrera natural, los daños estimados se dispararían hasta \$18M, un aumento del 1.700% en la responsabilidad económica.
- **Protección Física y Riesgo de Inundación:** La presencia de estos manglares reduce el riesgo de inundaciones de 2,7 m de profundidad a solo 0,1 m (ver Figura 11). Esta función protectora es especialmente crítica durante las intensas tormentas estacionales de Panamá."
- **El Multiplicador del Cambio Climático:** A medida que el nivel del mar sube y la intensidad de las tormentas aumenta, los \$17M en "daños evitados" son una línea base conservadora. El modelo WRI Aqueduct confirma que bajo escenarios de altas emisiones (RCP8.5), el propio sitio propuesto de Puerto Barú se encuentra dentro de una zona de alto riesgo de inundación. Mantener este cinturón protector de 79.686 hectáreas no es solo una prioridad ambiental sino un requisito fundamental para la seguridad económica regional.

3.7.1 WRI Aqueduct

- **Análisis:** El análisis de riesgo de inundación se realizó utilizando los Mapas de Peligro de Inundación WRI Aqueduct Versión 2, que modelan la inundación costera bajo diversos escenarios climáticos y períodos de retorno.

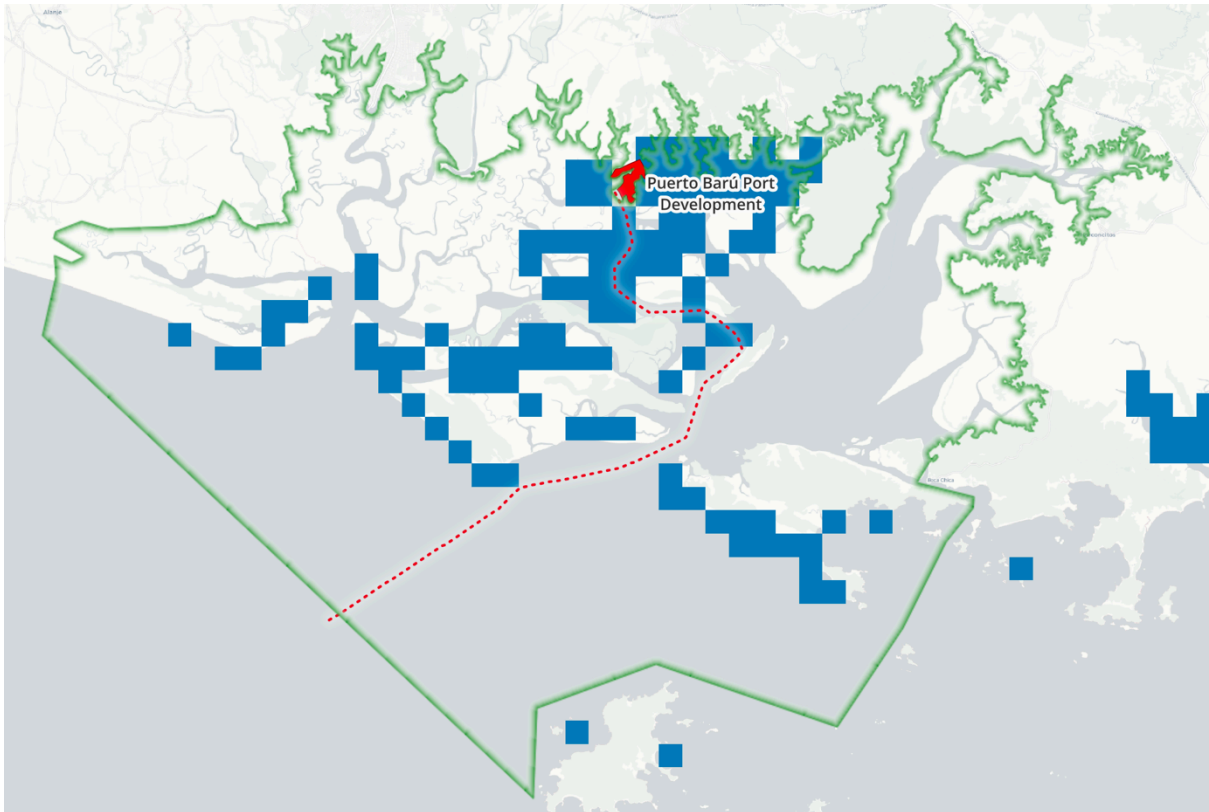


Figura 11: Áreas de inundación predichas utilizando el conjunto de datos WRI Aqueduct a resolución de 1 km (2050, RCP8.5 y período de retorno de 1000 años) (World Resources Institute, 2020)

- **Contexto:** Las áreas de inundación predichas utilizando el conjunto de datos WRI Aqueduct muestran inundaciones generalizadas dentro de la AOI bajo el escenario RCP8.5 en 2050 con un período de retorno de 1000 años. Esta área de inundación incluye parte del propio Desarrollo Portuario de Puerto Barú.

3.7.2 Herramienta del Índice de Riesgo Climático

- **Análisis:** Se realizó un análisis del valor de los manglares y arrecifes de coral en la AOI en términos de protección costera y prevención de inundaciones utilizando la herramienta de Índice de Riesgo Climático (Ocean Risk and Resilience Action Alliance Inc., 2024).
- **Resultados:** La Tabla 9 resume la profundidad de inundación y los probables impactos poblacionales y económicos utilizando el año 2050, RCP4.5 y un período de retorno de 1000 años.

Indicador	Con Ecosistemas	Sin Ecosistemas
Profundidad de inundación	0,1m	2,7m
Daño económico estimado	\$1M	\$18M
Impacto poblacional estimado	41	590

Tabla 10: Indicadores del Índice de Riesgo Costero para la AOI (Ocean Risk and Resilience Action Alliance Inc., 2024)

- **Contexto:** La herramienta del Índice de Riesgo Costero proporciona calificaciones generales para los riesgos climáticos asociados con la degradación de los ecosistemas de manglar y arrecife de coral. Para la AOI, el índice de riesgo poblacional, el beneficio del ecosistema y el índice de riesgo de daños son todos Bajos, reflejando el hecho de que gran parte del interior (con áreas urbanas y tierras agrícolas) se encuentra a mayor elevación y, por lo tanto, es menos susceptible a las inundaciones y daños por inundación. El beneficio general del ecosistema se califica como Medio.

4 Conclusiones

Los ecosistemas de manglar de la Provincia de Chiriquí representan un activo ecológico y climático de valor excepcional. Esta evaluación ha documentado:

- **Reservas Excepcionales de Carbono:** El almacenamiento de carbono azul varias veces mayor que los bosques tropicales terrestres, representando un valor sustancial de mitigación climática
- **Alto Valor de Biodiversidad:** Sustentando diversas especies terrestres y marinas, incluyendo tortugas marinas amenazadas, tiburones, rayas y pesquerías de importancia comercial
- **Protección Costera Crítica:** Proporcionando atenuación de olas insustituible, reducción de marejadas ciclónicas y control de la erosión para la costa al sur de la ciudad de David
- **Condición Prístina:** El análisis de teledetección a largo plazo demuestra una perturbación humana mínima y dinámicas de cambio predominantemente naturales
- **Extensión y Conectividad Únicas:** Representando uno de los bloques de manglar contiguos más grandes de la costa del Pacífico de Panamá con una conectividad ecológica insustituible

Una conclusión central de esta evaluación involucra el principio de precaución. El proyecto Puerto Barú propone dragar un canal de 100m de ancho y 11m de profundidad y disponer de masivos volúmenes de sedimento en el corazón de este ecosistema de alto valor. Nuestro análisis de casos históricos de muerte regresiva muestra que incluso impedimentos menores al flujo mareal o el encharcamiento de sedimentos pueden desencadenar una mortalidad forestal rápida e irreversible. Dado que los efectos a largo plazo del vertido de sedimentos en un área tan sensible son en gran medida desconocidos pero potencialmente catastróficos para el 24% del carbono de los manglares de Panamá y el interior agrícola, el perfil de riesgo sugiere una amenaza fundamental para la seguridad ambiental regional. En ausencia de certeza científica de que tales impactos pueden evitarse, el principio de precaución debería aplicarse a este activo insustituible.

Las metodologías desarrolladas para este análisis de Chiriquí, específicamente nuestro modelado de biomasa y riesgo de inundación de alta resolución, sirven como un piloto poderoso. Al estandarizar estos conjuntos de datos, vemos un camino claro para escalar este enfoque de "análisis profundo" a otras ecorregiones

críticas, proporcionando los datos transparentes que los inversores internacionales en carbono y resiliencia actualmente carecen

5 Referencias

5.1 Artículos de Revistas y Libros

- Friess, D. A. (2019). Where the tallest mangroves are. *Nature Geoscience*, 12(1), 4-5. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0280-8>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Mancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Jenkins, C. N., Pimm, S. L., & Joppa, L. N. (2013). Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 110(28), E2602-E2610. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302251110>
- Kreft, H., & Jetz, W. (2007). Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 104(14), 5925-5930. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608361104>
- Lee, S. Y., Primavera, J. H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J. O., Cannicci, S., Diele, K., Fromard, F., Koedam, N., Marchand, C., Mendelssohn, I., Mukherjee, N., & Record, S. (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: A reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), 726-743. <https://doi.org/10.1111/geb.12155>
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M., & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344(6187), 1246752. <https://doi.org/10.1126/science.1246752>
- Sheehan, L., Sherwood, E. T., Moyer, R. P., Radabaugh, K. R., & Simpson, S. (2019). Blue carbon: An additional driver for restoring and preserving ecological services of coastal wetlands in Tampa Bay (Florida, USA). *Wetlands*, 39, 1317-1328. <https://doi.org/10.1007/s13157-019-01137-y>
- Simard, M., Fatoyinbo, L., Smetanka, C., Rivera-Monroy, V. H., Castañeda-Moya, E., Thomas, N., & Van der Stocken, T. (2019). Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*, 12, 40-45. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0279-1>
- Spalding, M. D., Blasco, F., & Field, C. D. (Eds.). (1997). *World Mangrove Atlas*. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) & World Conservation Monitoring Centre (WCMC).
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). *World Atlas of Mangroves* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849776608>
- Walker, W. S., Gorelik, S. R., Cook-Patton, S. C., Baccini, A., Farina, M. K., Solvik, K. K., Ellis, P. W., Sanderman, J., Houghton, R. A., Leavitt, S. M., Schwalm, C. R., & Griscom, B. W. (2022). The global potential for increased storage of carbon on land. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 119(23), e2111312119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2111312119>
- Watson, J. E. M., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., Stewart, C., Thompson, I., Ray, J. C., Murray, K., Salazar, A., McAlpine, C., Potapov, P., Walston, J., Robinson, J. G., Painter, M., Wilkie, D., Filardi, C., Laurance, W. F.,

Houghton, R. A., & Lindenmayer, D. B. (2018). The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, 2, 599-610.
<https://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x>

5.2 Informes Institucionales y Documentos Legales

- Concejo Municipal de David. (2007). Acuerdo Municipal No. 21, Por medio del cual se adoptan disposiciones para la protección del ambiente y los manglares en las costas del distrito de David. Gaceta Oficial de la República de Panamá, No. 25.884 (Publicado el 24 de septiembre de 2007).
- Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAmbiente). (2021a). Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo de la República de Panamá 2021. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).
- Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAmbiente). (2021b). Informe de Resultados del Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo 2021. Dirección de Información Ambiental.
- Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAmbiente). (2024). Borrador de Resolución Ministerial, Que crea el Área de Recursos Manejados Manglares de Alanje, David y San Lorenzo. Ciudad de Panamá, Panamá.

5.3 Bases de Datos Digitales y Herramientas

- ClimateChangeTracker. (2026). Panama: Progress and recent impact. <https://climatechangetracker.org/nations/greenhouse-gas-emissions/panama/progress-and-recent-impact> (Consultado el 10 de febrero de 2026).
- GBIF.org. (2026). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.zuh4qj>
- UICN. (2025). La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Versión 2025-1). <https://www.iucnredlist.org>.
- Ocean Risk and Resilience Action Alliance Inc. (2024). Herramienta del Índice de Riesgo Costero. <https://frontend.prod.coastalriskindex.com/> (Consultado el 10 de febrero de 2026).
- WRI Aqueduct. (2020). Aqueduct Floods Hazard Maps (Version 2). World Resources Institute. Consultado a través de Google Earth Engine (Consultado el 10 de febrero de 2026).