



Cambios en la Cobertura Terrestre y su impacto en el almacenamiento y procesamiento del Carbón.

(Proyecto en Marcha)

Juliette Barrios Rivero (10°), Alejandro Cifuentes Vargas (9°), Aurora del Río Dager (10°), Angie Escudero Coneo (11°), Paula Hernández Castillo (9°), Andrés Pabón Anillo (10°), Samuel Rodríguez Osorio (10°)

Grupo de Investigación Biontessori

Colegio Montessori de Cartagena

Juan Felipe Restrepo Mesa

Katherine Velandia Ricardo

Cartagena de Indias

Colombia

Región de América Latina y el Caribe

2024-2025



Tabla de contenido	
RESUMEN .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	5
INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	7
METDOLOGÍA .....	8
Fases o etapas de la investigación .....	9
Recolección de información .....	13
Organización de la información .....	14
Interpretación y análisis de la información recolectada .....	15
RESULTADOS .....	17
CONCLUSIONES .....	20
BIBLIOGRAFÍA .....	21



## RESUMEN

La presente investigación se lleva a cabo en la Localidad Histórica y del Caribe Norte, de la ciudad de Cartagena de Indias. Busca establecer mediante el uso de mediciones directas de los árboles, el uso de la herramienta “árboles” de GLOBE Observer, el tratamiento de imágenes satelitales y los llamados índices espectrales: NDVI, SAVI NDWI2, así como la observación de aves en campo y la toma de parámetros fisicoquímicos del agua, el impacto de los cambios del uso del suelo, con la tala de Relictos de Bosques de Manglar en las inmediaciones del Parque Espíritu del Manglar. Se estimó la cantidad de carbón almacenado y procesado, tanto para el Parque Espíritu del Manglar como para ocho barrios de la Localidad. Con la comparación de las imágenes de radar y los datos arrojados por la herramienta i-Tree Canopy, se pudo determinar las pérdidas en cada uno de estos dos importantes servicios ecosistémicos. Esta es una investigación en marcha que espera aportar un algoritmo para proyectar mezclas de especies de árboles, que maximicen estos beneficios y minimicen los riesgos asociados a cada una de estas especies. La presente investigación recoge los datos recabados por esta Unidad Investigativa en un período de seis años: 2018-2024. Se propone una conversación en torno de los beneficios en términos de los llamados “Servicios Culturales Ecosistémicos” que conllevó por una parte la tala de una parte del del bosque, pero de otro lado, el embellecimiento y el acondicionamiento de estos espacios, para el disfrute de la comunidad.

Palabras Claves: Bosques Urbanos, Manglar, Servicios Culturales Ecosistémicos



## AGRADECIMIENTOS

Queremos hacer un reconocimiento al programa GLOBE de NASA, y las herramientas de software y de protocolos que nos brinda, y por la oportunidad que nos da contribuir con nuestras observaciones a la solución de los grandes problemas que aquejan a nuestro planeta. A las Doctoras Rebecca Boger y Rebecca Lewis, GIO directors, y a los científicos que nos han acompañado en este proceso desde que nos hicimos parte de la Campaña Los árboles alrededor de GLOBE en 2021. Un especial agradecimiento por su liderazgo y apoyo a Mariana Savino RC de LAC, las entrenadoras Andrea Ventoso, Ana Prieto, y Claudia Caro, igualmente a Brian Campbell TAG Campaign Lead, Peder Nelson, TAG Campaign Co-Lead, Dorian Janney, Dr. Christopher Shuman and Peter Falcon.

Agradecer a la Dra María del Pilar Arroyave Maya, Coordinadora de Ecología Urbana del Servicio Forestal de los Estados Unidos, quien nos brindó formación en el uso de la suite i-Tree (Imagen 3, Anexo 2) y además asesoramiento en el desarrollo del proyecto. Igualmente, agradecer al Dr. Mauricio Rodríguez, Director del Establecimiento Público Ambiental del Distrito de Cartagena, quienes nos abrieron las puertas del Parque Espíritu del Manglar, así como al Biólogo Aquiles Meza de la Subdirección de Investigaciones y Educación Ambiental del EPA, quien nos acompañó en nuestras salidas de campo al Parque Espíritu del Manglar y nos brindó valiosa información sobre el listado de especies arbóreas presentes en el Parque (Imagen 6, Anexo 2). A la Dra Karina Ojeda, Directora del Grupo de Investigación IDAB del Programa de Ingeniería Química, de la Universidad de Cartagena, con quienes hemos venido trabajando de la mano, en el desarrollo de modelos de indicadores de sostenibilidad para los Bosques Urbanos.

Agradecer también a nuestros compañero investigadores que se graduaron en diciembre de 2024: Diego Luna Vélez y Gabriela Olmos Tejeda.

Agradecer a Merité García, nuestra Rectora y a Piedad Rojas, directora ejecutiva de la Fundación Niños de la Tierra, a nuestros maestros coinvestigadores Juan Felipe Restrepo y Kathy Velandia, y a nuestras familias que nos apoyan y animan a seguir adelante en nuestro camino como investigadores.



Esta investigación representó a Colombia en el encuentro regional de GLOBE LAC en Santo Domingo – República Dominicana, el pasado mes de octubre 2024.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La cobertura de árboles y arbustos de una ciudad, sus bosques urbanos, como los denomina Benavides, 1989 citado por Mizerit Trivi, L. y Rojo Negrete, 2018, se constituyen en importantes unidades ecológicas, con servicios ecosistémicos ambientales, que tienen una fuerte incidencia en la calidad de vida de las personas.

De acuerdo con Mizerit Trivi, L. y Rojo Negrete, 2018, la calidad de vida la definen cinco dimensiones: Seguridad, Recursos para el Bienestar, la Salud, las Buenas relaciones sociales, y la libertad de elección y acción. En tal sentido, para Bolund y Hohummmar, citados por Mao y colaboradores (2020), los servicios ecosistémicos que prestan los Bosques Urbanos pueden definirse como servicios que elevan el bienestar de las personas que disfrutan estos servicios.

Igualmente, son los llamados “Servicios Culturales Ecosistémicos” (Qizheng Mao et al, 2020), que representan estos bosques urbanos, los responsables del placer y el esparcimiento, la educación cultural, la apreciación estética, y la satisfacción de las necesidades espirituales, de los ciudadanos.

De otro lado, estos bosques urbanos son responsables de una serie de servicios ecosistémicos de la mayor importancia, tales como el procesamiento y el secuestro de carbón, la escorrentía evitada y la contaminación procesada.

Es por todo lo anterior que esta Unidad Investigativa (UI), frente a las dinámicas de cambio que ha tenido la ciudad de Cartagena en sus últimos diez años, y ante las recientes reformas e intervenciones realizadas por la actual administración del Distrito de



Cartagena, llevadas a cabo durante el último año, en el Parque Espíritu del Manglar, quiso responderse la siguiente pregunta de investigación.

***¿Cuál ha sido el impacto de los cambios en la cobertura terrestre/ usos del suelo, en la captura y almacenamiento de carbón, durante el período 2015 a 2023, en la "Localidad Histórica y Caribe Norte", caso Parque Espíritu del Manglar?***

Es de señalar que esta pregunta se anida en la gran pregunta de investigación de la Campaña Los árboles de GLOBE a nivel global y regional en América Latina y el Caribe: ***¿Por qué hay o por qué no hay árboles en mi ambiente local?***; igualmente, este trabajo apunta a la recientemente lanzada campaña “Comparando los datos pasados y presentes de GLOBE” con motivo de la celebración de los 30 años del Programa GLOBE de NASA, y propone como alcance futuro del presente trabajo, un estudio de monitoreo permanente de nuestros Bosques de Manglar Urbanos y Periurbanos, con la constitución de una Red de colegios/grupos GLOBE, para el Monitoreo del Manglar, en aquellos países del Caribe y del Pacífico, que hemos sido bendecidos con ese ecosistema maravilloso que es el Bosque de Manglar.

Este trabajo de investigación tiene como Objetivo General, hacer una evaluación del impacto que los cambios en las coberturas de los Bosques Urbanos de la ciudad de Cartagena, particularmente los Bosques de Manglar que rodean los barrios de la Localidad del Histórica y Caribe Norte: Chambacú, Chino, Espinal, Manga, Martínez Martelo, Pie de la Popa y Pie del Cerro han tenido en los servicios ecosistémicos Almacenamiento y Procesamiento de Carbón.

Para dar alcance al objetivo general que se plantea esta UI, se busca alcanzar tres objetivos específicos:

- Caracterizar el estado de los servicios ecosistémicos de los Bosques Urbanos en la Localidad Turística y Caribe Norte, en la ciudad de Cartagena.



- Medir los cambios en la cobertura terrestre en el área de estudio, cuantificando la pérdida en términos de Carbón Almacenado y Procesado.
- Diseñar un algoritmo matemático que permita la planificación de la composición ideal de siembra que maximice los servicios ecosistémicos en el área elegida, (esta es una investigación en marcha, y este objetivo de mediano plazo, se encuentra aún desarrollo).

Este trabajo hace parte del Proyecto Ambiental Escolar -PRAE del Colegio Montessori de Cartagena, en la línea Mitigación de los Impactos del Cambio Climático y coadyuva el alcance de tres de los 17 objetivos de desarrollo sostenible: #11 Ciudades y comunidades sostenibles, #13 Acción por el clima, y #15 Vida en Ecosistemas Terrestres y (Plan 4 C, 2014)

## INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

De acuerdo con la UNESCO, los ecosistemas de manglar se encuentran entre los más productivos de la biósfera. “Estos ecosistemas extraordinarios contribuyen al bienestar, la seguridad alimentaria y la protección de las comunidades costeras” (MAB, UNESCO, 2024).

Según cifras de la autoridad ambiental regional Cardique, citadas por el Observatorio del Caribe Colombiano en GEO Cartagena, en 2009 el Distrito de Cartagena contaba con 2045 hectáreas de ciénagas costeras, y 299 hectáreas de bosque de manglar, lo cual reafirma la importancia de estos relictos de Bosque de Manglar urbanos que representan alrededor de 9 % de estos bosques.

Una de las maneras válidas de recoger información sobre cobertura de manglares es a través de sensores remotos. Estas prácticas resultan mucho más económicas y prácticas que otros métodos de campo más tradicionales, particularmente en zonas inundadas y de difícil acceso (Biswas et al, 2020, Hickey, M & Radford, Ben, 2022)



Estos mismos autores señalan que las hojas perennes de los manglares tienen la tendencia a absorber más las longitudes de onda en el azul y rojo, y a reflejar más luz en el espectro del verde, lo cual resulta en diferencias altas en reflectancia entre el verde y las bandas rojas/azules. De otro lado, la vegetación parcialmente senescente, particularmente en tiempo seco, tienen pequeñas diferencias en las reflectancias entre las bandas verdes y las rojas/azules (Ibid.)

El uso de fotografías satelitales y el aprendizaje de máquina se han convertido en prácticas comunes para el análisis de las coberturas terrestres y su dinámica, como lo señalan Wasniewski, A y colaboradores (2020). Estos autores trabajaron en Gabón, sobre cubiertas de Bosque Húmedo Tropical, aplicando el uso de fotografías de la constelación de satélites Sentinel 2, calculando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Modelos de Elevación Digital (DEM) y clasificación de coberturas, usando Random Forest (RF), usando bandas espectrales con precisiones de 10 y 20 m (Wasniewski, A et al, 2020)

De gran utilidad en el estudio de las coberturas terrestres resulta ser la herramienta I-Tree Canopy de la suite I-Tree, desarrollada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos para la evaluación y cuantificación de los servicios ecosistémicos de los Bosques Urbanos. I-Tree Canopy ha venido siendo utilizado en estudios en los que se hace necesario estimar el porcentaje de la cobertura arbórea y herbácea/gramíneas, en contraste con otras cubiertas presentes, como lo demostraron en un trabajo en Granada, España, Maradiaga-Marin, M y Cariñanos, P., 2021.

## METODOLOGÍA

La presente investigación es mixta y descriptiva. De acuerdo con Sampieri (2018), “el Enfoque Mixto se caracteriza por la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, su integración y análisis conjunto. Los métodos cualitativo y cuantitativo son implementados en secuencia, en paralelo, o mezclados desde el planteamiento” (p. 3). Es



descriptiva, de acuerdo con el mismo autor, “porque pretende especificar propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos, o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p. 148).

“En el método descriptivo, se miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o problema a investigar (ibid.)”

Esta investigación se lleva a cabo en Cartagena de Indias, ciudad ubicada al noroccidente de Colombia (ver Mapa, Figuras 1 y 2, Anexo 1), en el departamento de Bolívar, a 10° 26' latitud Norte y 75°33' longitud Oeste y una altitud media sobre el nivel del mar de 2 m. Es una ciudad puerto sobre el mar Caribe (PNUMA, 2009, p.26).

Cartagena de Indias es una ciudad de 1 millón de habitantes, con una superficie de 623 kilómetros cuadrados, de los cuales 76 son de suelo urbano. El paisaje predominante es marino costero. La Zona de Convergencia Intertropical – CZI, genera dos periodos climáticos: la estación seca, entre diciembre y abril, con predominio de vientos fuertes y escasas precipitaciones, y la estación húmeda, de agosto a noviembre, caracterizada por vientos débiles y abundantes lluvias. El presente estudio se llevó a cabo en la localidad Turística y Caribe Norte del Distrito de Cartagena.

## Fases o etapas de la investigación

### 1.1.1. Fase I Planeación de la Investigación

#### **Etapas Establecer el Camino**

#### **Revisión Bibliográfica**

A partir de los referentes teóricos, se establecieron las imágenes que se consultarían, el software a utilizar, y los índices espectrales que se medirían.



Desde la literatura consultada, se reconoció el nivel de uso de las tecnología adoptadas.

### **1.1.2. Fase II Desarrollo de la Investigación**

#### **Etapa Recoger la Información**

Salidas de campo: Medición de campo de los parámetros establecidos como prerequisites para el cálculo de los servicios ecosistémicos que se tendrán en cuenta en el presente análisis.

#### **Etapas Sistematizar y Organizar los Datos, e Interpretar los datos y escribir los resultados**

**Análisis de datos:** Procesamiento, análisis de datos, cálculos de índices, y tendencias.

Con base en los índices y tendencias de los servicios ecosistémicos calculados, se procedió a estimar las coberturas actuales y las pérdidas con relación a los años anteriores y el impacto que estas pérdidas podían tener sobre los servicios ecosistémicos.

#### **Validación y Evaluación**

Validación del indicador con expertos.

#### **Ajustes y mejoras**



Con base en el concepto de los expertos, se hicieron los correspondientes ajustes a los índices y los cálculos propuestos.

### **1.1.3. Fase III Divulgación y Comunicación de Resultados**

#### **Etapas Compartir la solución y Comunicar los avances y resultados**

Se hará la Comunicación de Resultados en encuentros escolares y feriales, en comunidades de aprendizaje (IVSS 2025 del Programa GLOBE de NASA, Encuentros GLOBE LAC, y ONDAS), en seminarios y simposios (Ej. Encuentro de Jóvenes comprometidos con el Medio Ambiente), en la página web institucional, y en las diferentes redes sociales con las que cuenta el grupo Biontessori y el Colegio.

### **1.2. Diseño de instrumentos**

- 1.2.1. Kit de Oxígeno Disuelto: Medición de la concentración de Oxígeno Disuelto en agua medido en mg/litro; Protocolo del Programa GLOBE de NASA.
- 1.2.2. Kit de Nitratos: Medición de la concentración de Nitratos en agua, medidos en ppm de NO<sub>3</sub>-N; Protocolo del Programa GLOBE de NASA..
- 1.2.3. Kit de Alcalinidad: Medición de la concentración de CaCo<sub>3</sub> en ppm.; Protocolo del Programa GLOBE de NASA.
- 1.2.4. Salinómetro / Refractómetro: Medición de la concentración en PPT de solutos en agua de mar.
- 1.2.5. Termómetro de Alcohol: Medición de la temperatura libre del aire y superficial del agua. Protocolo del Programa GLOBE de NASA.



- 1.2.6. Disco Secchi: Medición de la transparencia del agua, medida en cm.; Protocolo del Programa GLOBE de NASA.
- 1.2.7. PH metro: Medición del PH del agua. Protocolo del Programa GLOBE de NASA.
- 1.2.8. Protocolo y Formato para el registro de las aves: Conteos por especies, por estación de muestreo; datos de cobertura del cielo, estado de las mareas, flora emergente y flotante, especies entre puntos, y otros seres vivos observados.
- 1.2.9. Clinómetro Manual: Medición de la altura de los árboles. Protocolo del Programa GLOBE de NASA.
- 1.2.10. Clinómetro Digital (app Globe Observer/Trees): Medición de la altura de los árboles.
- 1.2.11. Guía MUC (Modified Unesco's Classification): Caracterización del Bioma; Protocolo del Programa GLOBE de NASA..
- 1.2.12. Imágenes Landsat y Sentinel. Cálculo de Índices de reflectancia, áreas, caracterización de coberturas terrestres, medición de polígonos, serie de imágenes a través del tiempo; anexo 1
- 1.2.13. i-Tree eco, i-Tree canopy y i-Tree My Tree, del Servicio Forestal de los Estados Unidos. Cálculo en cantidades y valoración económica de los servicios ecosistémicos a partir de las alturas, circunferencias, y especies de árboles, presentes en las zonas de estudio.



- 1.2.14. Software Google EARTH, SNAP y ArcGIS PRO, para el procesamiento de imágenes satelitales.
- 1.2.15. GLOBE Observer del Programa GLOBE de NASA. Tomar de datos en campo de altura de los árboles, cobertura del cielo, cobertura del suelo, App digital móvil.

#### Recolección de información

En las áreas de estudio se identificaron la totalidad de los árboles y arbustos cuando fue posible, y se hicieron mediciones de altura y circunferencia con la herramienta “Árboles” de la App GLOBE Observer; igualmente se registró la cobertura del cielo, y en los caños y ciénagas la concentración de Oxígeno Disuelto, Nitratos, Carbonato de Calcio, Salinidad, la Transparencia, la Temperatura libre del aire y la temperatura superficial del agua, aplicando los protocolos de GLOBE de NASA para Biósfera, Atmósfera e Hidrósfera. Adicionalmente, se hicieron registros del estado de salud y de la presencia de nidos de aves, panales de abejas o avisperos, u otros hechos biológicos de interés

Se hicieron conteos de aves aplicando la metodología de punto y radio fijo, descrita por D’Graff (Glenn et al., 2003), por espacio de 10 minutos en un radio de 100 metros. Para los conteos desde canoas, se tomaron datos en cuatro estaciones: Ciénaga de las Quintas, Caño de Bazurto a la altura del Centro Cultural del Pie de la Popa, Laguna de San Lázaro y Ciénaga de Chambacú; entre estaciones solo se anotó la presencia/ausencia, como especies entre puntos. Para los conteos en tierra, se eligieron 12 puntos de muestreo distribuidos así: cuatro puntos en el Parque Román, tres en el Parque Lácidez, uno en la Rotonda del Pastelillo, y cuatro en el Parque espíritu del Manglar. Entre estaciones se hicieron pausas de 15 minutos, anotando solo la presencia/ausencia, como especies entre puntos.



A estas salidas asistieron tanto maestros coinvestigadores como estudiantes, con el apoyo del personal de Servicio Generales, y acompañamiento de científicos del Establecimiento Público Ambiental de Cartagena -EP, autoridad ambiental para el caso del Parque Espíritu del Manglar.

### Organización de la información

Los datos de campo se organizaron en libros de trabajo de Excel de Microsoft, por grupos de vida: árboles, para aves, y para parámetros fisicoquímicos (Tabla 6, Anexo 1).

Para el cálculo de las variables producción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Eliminación de la Contaminación, Almacenamiento de Carbono, Secuestro de Carbono, Producción de Oxígeno, Escurrimiento Evitado y el Área de las diferentes categorías de cobertura, se utilizaron los programas iTree Eco y I-Tree Canopy, del Servicio Forestal de los Estados Unidos (Ver Tabla 11, Anexo 1). En I-Tree Canopy se hicieron dos corridas de “machine learning”, uno en el Parque Espíritu del Manglar y el otro en los ocho barrios de la zona de estudio, con 1000 puntos cada uno, usando las categorías Árboles/Arbustos, Gramíneas/Herbáceas, Espejo de Agua, Infraestructura Gris, y Otras Superficies Impermeables. Para el caso del Parque Espíritu del Manglar, y dado el alto nivel de intervención, se tomó un relicto de mangle del bosque original con un área (no regular) aproximada de 250 m<sup>2</sup> (Ver Imagen 2, Anexo 2); los resultados obtenidos se guardaron de acuerdo con las posibilidades de cada aplicativo, en PDF, en Excel y en archivos del tipo KMZ.

Se hizo un simulacro con el listado total de especies observadas en las áreas de estudio, asignándosele a cada una un DAP de 50 cm. El listado se subió a I-Tree ECO. Los valores obtenidos a partir del programa i-Tree ECO para cada una especie se consolidaron en una gran base de datos en el programa Excel de Microsoft; usando la función “tabla dinámica” se generaron tablas de datos por indicador, y por especies. Como continuación a la presente investigación, se pretende con estos datos construir escenarios de siembra testeando diferentes mezclas de árboles y se propondrá un modelo matemático, basado en



la programación lineal y la investigación de operaciones, que permita maximizar los servicios ecosistémicos, y beneficios, y minimizar los riesgos asociados al uso de algunas de estas especies.

Igualmente, se generaron composiciones RADAR a partir de Imágenes Sentinel 1 en modo de adquisición predeterminado “**Interferometric Wide Swath**” con anchos de swath de 250 Km, con resolución geométrica moderada (5 m x 20 m), para el área de estudio, años 2023 y 2034, que posteriormente se alojaron en el programa Google EARTH Pro.

#### Interpretación y análisis de la información recolectada

A partir de los datos obtenidos en campo, se calculó la riqueza (S), la abundancia (N) y los índices de diversidad de Margalef (dMg) y Shannon (H), para las comunidades de árboles y aves, por especie y por grupos funcionales, por localidad y por parque (Tablas 1, 2, 3, 7 y 8, Anexo 1); los datos de los índices de diversidad muestran que los relictos de Bosque de Manglar y Bosque Seco Tropical, en el área de estudio están en un buen estado de salud, todos los valores se encuentran más o menos dentro el mismo orden. Lo mismo ocurre con los grupos funcionales. Todo lo anterior muestra una diversidad de aves que acompaña la diversidad de árboles, demostrando que donde hay bosques urbanos sanos, hay una diversidad de aves abundante. Solo merece una nota el caso de las diversidades de plantas del Parque Espíritu del Manglar, particularmente baja, y es que solo da cuenta de las cuatro especies de Manglar: Rojo, Blanco, Negro y Botón, en el relicto de 250 metros cuadrados que se analizó. Como se ha venido señalando este es un proyecto en marcha, y uno de los temas que se pretende para la siguiente entrega es completar la información con unas parcelas de árboles en otros sectores del Parque que incluyan especies del Bosque Seco.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos (Tabla 6, Anexo 1), estos fueron tomados de noviembre de 2022 a mayo del 2024, en las temporadas secas y lluviosas. Estos fenómenos del clima se reflejan en los datos; las lluvias se asocian a cielos quebrados, bajas salinidades, temperaturas del aire y del agua más altas, y concentraciones más bajas de oxígeno disuelto. Con los tiempos secos se tienen cielos descubiertos, transparencias



del agua más altas dado que el fitoplancton se ubica más profundo en la columna de agua, salinidades más altas. pH ligeramente básico, concentraciones de Nitratos bajas, lo cual es muy bueno, particularmente tratándose de cuerpos de agua que cruzan la ciudad, un solo dato puntual 0,5 en la estación del Centro Cultural, asociado a unos dragados que se estaban llevando a cabo. En general, valores bastante típicos de alcalinidad de aguas estuarinas, con gran influencia de Carbonatos de Calcio.

Con los datos de campo del Relicto de 250 m<sup>2</sup> de área del Parque Espíritu del Manglar se hicieron proyecciones para las áreas obtenidas a partir de i-Tree ECO (Tabla 11, anexo 1) y Google EARTH.

Con las imágenes satelitales Sentinel 1 y Sentinel 2, usando el software SNAP de la Agencia Aeroespacial Europea, se hicieron imágenes en paralelo (cortina) en falso color del “infrarrojo” (Imagen 4, Anexo 1), que permite comparar de manera cualitativa el estado del Parque Espíritu del Manglar entre el 2023 y el 2024.

Así mismo, se obtuvieron los gráficos de Líneas Espectrales, correspondiente a los Puntos de muestreo: Las Quintas, Centro Cultural, San Lázaro, Chambacú y Parque espíritu del Manglar (10°25'13" N y 75°32'31" W, 10°25'05" N y 75°32'12" W, 10°24'30" N y 75°32'32" W, 10°25'29" N y 75°32'32" W, 10°25'41" N y 75°32'37" W, 10°25'40" N y 75°32'36" W, 10°25'40" N y 75°32'39" W), a partir de Imágenes Sentinel 2, en color real del área de estudio, comparando los años 2023 y 2024 (Imágenes 5 a 11, Anexo 1), mostrando las longitudes de onda características de cada tipo de cubierta.

Se calcularon los índices espectrales de Vegetación de Diferencia Normalizada, Índice de Vegetación de Superficie del Suelo Ajustada - SAVI y Índice del Agua de Diferencia Normalizada -NDWI2 para el área de estudio, a partir de Imágenes Sentinel 2, en color real del área de estudio, comparando los años 2023 y 2024 (Imágenes 12 a 17), para evaluar de forma cualitativa, por comparación de colores, los cambios en las cubiertas del parque Espíritu del Manglar.



Con el archivo de puntos en Excel que arroja el i-Tree Canopy, se hizo un filtrado y una selección de aquellos puntos que corresponde a los Árboles y Arbustos, tanto para el caso del Parque Espíritu del Manglar, como de los ocho barrios de la Localidad Histórica y del Caribe Norte. Dichos archivos en Excel se importaron al programa Google EARTH (Figuras 18 y 21, anexo 1).

Superponiendo en Google Earth las imágenes de RADAR de 2023, con los puntos de los árboles muestreados en i-Tree Canopy para el Parque Espíritu del Manglar, se pudo estimar el porcentaje de esta cobertura que fue talado por parte de la presente administración calculándose la pérdida en términos de Carbón Almacenado y Carbón Procesado (Imágenes 18-20, Tabla .4, Anexo 1) a partir de los datos arrojados por la herramienta i-Tree Canopy. Igualmente, se superpusieron los puntos de I-Tree Canopy, para los ocho barrios, sobre la imagen satelital de Google Earth, y se contaron aquellos puntos que corresponden al manglar y los puntos que se han perdido (Imágenes 21-23, Tabla 5, Anexo 1).

## RESULTADOS

Los bosques de manglar urbano, a la vera de ciénagas, lagunas y caños internos asociados a la Bahía de Cartagena, en el área de estudio, de acuerdo con datos obtenidos por esta UI a partir Imágenes Sentinel 1 y 2, y la app I-Tree Canopy, representan alrededor de un 7% de las 382 hectáreas que tiene el área de estudio, es decir aproximadamente 75 hectáreas.

Según el programa MIDAS de la Alcaldía Mayor del Distrito de Cartagena, los ocho barrios en estudio tienen una población de 23356 habitantes, quienes disfrutan de un área verde promedio de 35,82 metros cuadrados (Tabla 7, Anexo 1), un 74% más que el promedio del resto de habitantes de Cartagena (8,29 m<sup>2</sup>) según datos del “Colectivo Cartagena Cómo Vamos”. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, cada habitante debería gozar de un promedio de 21 m<sup>2</sup> aproximadamente.



## **Imágenes Sentinel 2, de Reflectancia en el Infrarrojo y perfiles de líneas espectrales**

En las imágenes en falso/color “infrarrojo” de la Figura 3 (Anexo 1) se puede apreciar el cambio de cobertura en el Parque Espíritu del Manglar, (recuadro naranja); en la imagen de la izquierda correspondiente al año 2023, se observa que la cubierta boscosa del parque es mayor que en el 2024 (derecha); árboles/arbustos se observan en color rojo intenso.

En los perfiles de línea espectral de las figuras 5 – 8 (Anexo 1) se puede apreciar que la región de la gráfica correspondiente a los 750 a1000 nm (abscisas) alcanza valores de reflectancia hasta de 0,35 unidades (ordenadas) para el caso de Centro Cultural y las Quintas y 0,30 para el relicto de Manglar de la Laguna San Lázaro, en Chambacú y en el Parque Espíritu del Manglar, estos valores caen 0,25, lo que demuestra que los Bosques de Manglar de Chambacú y el Parque Espíritu del Manglar presentan mayores grados de senescencia e intervención. .

## **I-tree Canopy y las áreas de las cubiertas**

Se crearon dos procesos en la app i-Tree Canopy, con 1000 puntos de entrenamiento de máquina en cada proyecto, de acuerdo con las categorías: Árboles/Arbustos, Gramíneas/Herbáceas, Espejo de Agua, Infraestructura Gris, Otras superficies impermeables. Los resultados que arrojó el estudio se pueden ver en las Figuras 24 y 25, y en la Tabla 8, del anexo 1

En las tablas 4 y 5 del Anexo 1, se relacionan las pérdidas que generó las intervenciones al Parque Espíritu del Manglar en la presente administración; estos se estimaron superponiendo imágenes Radar, los Puntos de I-Canopy e Imágenes de Google Earth. Los datos que se obtuvieron dan cuenta de una pérdida de 1,21 hectáreas, aproximadamente 92 toneladas de carbón que estaban almacenadas en los árboles talados y una pérdida de la capacidad de procesar alrededor de 13,53 toneladas/año de CO<sub>2</sub> equivalente. Llama la atención que el mismo ejercicio hecho a partir de los 1000 puntos analizados en los ocho barrios de la localidad Histórica y Caribe Norte, que incluyen al Parque Espíritu del



Manglar, resultan ser más conservadores, arrojando cifras de 2,3 hectáreas, 176,2 toneladas de Carbón almacenado, y 25,73 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año; ambos son datos tomados sobre los Bosques de Manglar, en este caso, el doble. Es de señalar que las únicas pérdidas en el territorio analizado son por cuenta de los Bosques talados en el Parque. Es preciso indicar que todos estos datos son cálculos indirectos de la realidad, y que conllevan errores estándar intrínsecos, que se minimizan, según nos lo indicó la experta del Servicio Forestal de los Estados Unidos, haciendo como mínimo 1000 puntos por proceso.

## **Índices Espectrales**

### **Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado - NDVI**

Las imágenes 13 y 14 (Anexo 1) corresponden al Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, con una rampa de colores del amarillo (vegetación senescente) y colores verdes intensos (vegetaciones densas y sanas), nuevamente en una comparación cualitativa se puede apreciar las diferencias en el parque entre los años 2023 y 2024, como control tenemos el sector del Caño Bazurto y la Ciénaga de las Quintas, datos que respaldan las observaciones en campo y los datos calculados.

### **Índice de Vegetación con Superficie del Suelo Ajustado – SAVI**

Las imágenes 15 y 16 (Anexo 1) para el mismo sector, muestran el índice de vegetación con Superficie del Suelo Ajustado – SAVI, que como su nombre lo indica reduce el efecto suelo. De la misma forma que con el índice anterior, la rampa de colores del amarillo (vegetación senescente) y colores verdes intensos (vegetaciones densas y sanas), muestra una comparación cualitativa para el parque entre los años 2023 y 2024, y como control tenemos el sector del Caño Bazurto y la Ciénaga de las Quintas, datos que respaldan las observaciones en campo y los datos calculados.

### **Índice de Agua de Diferencia Normalizado - NDWI2**

En las imágenes 16 y 17 (Anexo 1), se aprecia el Índice del Agua de Diferencia Normalizado, que busca enfatizar los espacios cubiertos por espejo de agua. Igual que las



imágenes anteriores en la zona de la rampa de colores del café, izquierda, se ven diferencias notables entre las cubiertas del Parque Espíritu del Manglar en los años 2023 y 2024, datos que respaldan las observaciones en campo y los datos calculados.

## CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos y de los análisis realizados se puede concluir que se dio respuesta a la pregunta de investigación, calculando el impacto de la intervención en el Parque Espíritu del Manglar, estimado dicho impacto en una pérdida de carbón almacenado y de la capacidad de procesar Carbón, en la forma de Dióxido de Carbón equivalente.

Fue posible medir los cambios en la cobertura del bosque de manglar, combinando diferentes métodos de análisis, por un lado, destacar el papel de análisis de los índices de reflectancia, las curvas espectrales y las imágenes de radar, y el uso de las herramientas de la suite I-Tree del Servicio Forestal de los Estados Unidos. Destacar la versatilidad que ofrece la app Globe Observer para la medición de alturas y capturas de datos en campo, datos que es posible recuperar por medio del Sistema Avanzado de Acceso de Datos – ADAT de la Pagina de GLOBE (Capturas de Pantalla 1-3, Anexo 2).

Igualmente, importante el complemento que resulta el estudio de las comunidades de aves, los índices de diversidad y el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos como medio de diagnóstico de estado del Bosque, y de las dinámicas que en él se llevan a cabo.

Por ser este trabajo un proyecto en marcha, esta unidad investigativa espera poder desarrollar un algoritmo basado en la programación lineal, los llamados problemas de mezclas, de la Investigación de Operaciones, la combinación de especies para un determinado terreno urbano, que permita maximizar los beneficios por cuenta de los Servicios Ecosistémicos asociados a cada especie, así como minimizar los riesgos que cada una de ellas conlleva. Para este desarrollo será de vital importancia un simulador de



servicios ecosistémicos de las especies presentes en este territorio, y una tabla de valoración del índice de importancia por especie que esta UI viene desarrollando.

Como reflexión señalar que a pesar de que las intervenciones del Parque Espíritu del Manglar que comprometieron un cantidad importante de Carbón que se tenía almacenado en dichos bosques, y de su capacidad de procesamiento de CO<sub>2</sub> (Imágenes 1, 5 y 6, Anexo 2), en una ciudad con una condición deficitaria de árboles y espacio público per cápita, valdría la pena aplicar una encuesta de percepción que mida lo que el ciudadano siente acerca de sus parques, los llamados servicios culturales ecosistémicos. De destacar la afluencia masiva de público visitando el parque, como viene ocurriendo desde su reapertura (Recortes de prensa 1 y 2, Anexo 2). Solamente, en dos horas del viernes 30 de agosto, entre las 10 am y las 12 pm, esta UI pudo constatar en el Parque, la visita de no menos de siete colegios de la ciudad, cada uno con cuatro cursos, en edades desde preescolar hasta grado once de la media. Hay que decir que el parque se ve hoy más limpio, da la sensación de orden (Imagen 5, Anexo 2), y las personas pueden acercarse más a los manglares, cumpliendo de esa manera el parque su objeto misional de ser un “resignificante del manglar”. Esto es de la mayor importancia, máxime en una ciudad que es de “amores y odios” con este importante ecosistema.

## BIBLIOGRAFÍA

Biswas, H., Zhang, K., Ross, M. S., & Gann, D. (2020). Delineation of Tree Patches in a Mangrove-Marsh Transition Zone by Watershed Segmentation of Aerial Photographs. *Remote Sensing*, 12(13), 2086. <https://doi.org/10.3390/rs12132086>

Cartagena como vamos. 2022. Informe de Calidad de Vida 2022. Recuperado en <https://cartagenacomovamos.org/como-vamos-en/> el 1 de marzo de 2024



Díaz Granados, P. & Vergara, B. (editores). 2009. *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEP Cartagena*. PNUMA, Alcaldía de Cartagena, Establecimiento Público Ambiental de Cartagena – EPA y el Observatorio del Caribe Colombiano. 2009.

Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com.banrep.basesdedatosezproxy.com/?il=6443>

Hickey, S. M., & Radford, B. (2022). Turning the Tide on Mapping Marginal Mangroves with Multi-Dimensional Space–Time Remote Sensing. *Remote Sensing*, 14(14), N.PAG. <https://doi.org/10.3390/rs14143365>

Maradiaga-Marín, M. & Cariñanos, P. 2021. An Indicator-Based Approach to Assess the Readiness of Urban Forests for Future Challenges: Case Study of a Mediterranean Compact City. *Forests* 2021, 12, 1320. <https://goi.org/10.3390/f12101320>.

Mao Q, Wang L, Guo Q, Li Y, Liu M, and Xu G (2020) Evaluating Cultural Ecosystem Services of Urban Residential Green Spaces from the Perspective of Residents' Satisfaction with Green Space. *Front. Public Health* 8:226. Doi: 10.3389/fpubh.2020.00226

Melles, S., Glenn, S. & K. Martin (2003). Urban Bird Diversity and Landscape Complexity Species environment associations Along a Multiscale Habitat Gradient. *Conservation Ecology* 7 (1):5 (on line) <http://www.consecol.org/vol7/iss1/art5>

Midas Cartagena. Recuperado de <https://midas.cartagena.gov.co/>, el 21 de septiembre de 2024.



Mizerit Trivi, L, & Rojo-Negrete, A. Percepción sobre los servicios ecosistémicos del bosque urbano y periurbano de la Ciudad de México Perception about the ecosystem services provided by the urban and peri-urban forest of Mexico City, en Libro 2021 Teoría y Educación Ambiental, reflexiones en tiempo de Pandemia. Universidad Autónoma de Chapingo

Qizheng Mao, et al. (2020). Evaluating Cultural Ecosystem Services of Urban Residential Green Spaces from the Perspective of Resident's Satisfaction with green Space. *Frontiers in Public Health*, 17 July 2020

UNESCO, 2024, recuperado de <https://www.unesco.org/es/mab/mangres>, el 21 de septiembre de 2024.

Waśniewski, A., Hościło, A., Zagajewski, B., & Moukétou-Tarazewicz, D. (2020). Assessment of Sentinel-2 Satellite Images and Random Forest Classifier for Rainforest Mapping in Gabon. *Forests* (19994907), 11(9), 941. <https://doi.org/10.3390/f11090941>



## Anexo 1

### Tablas y Figuras

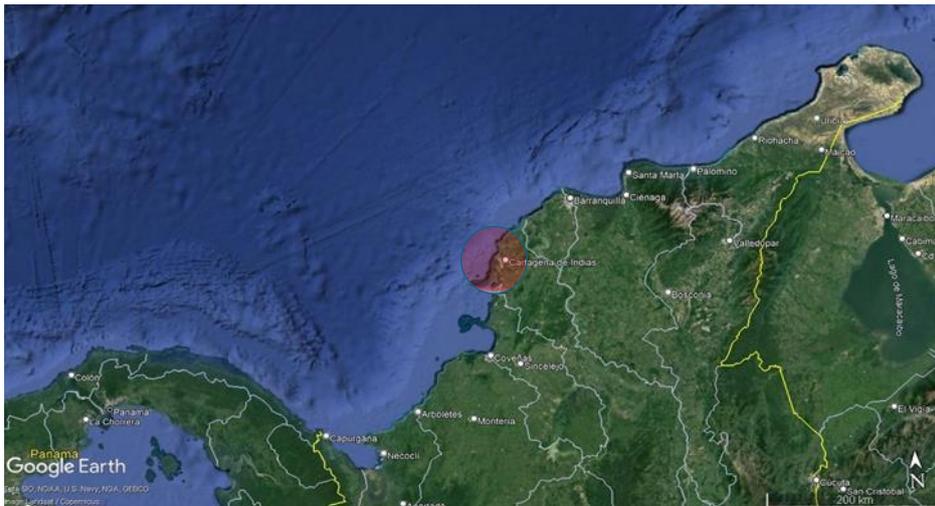


Figura 1

Cartagena de Indias, Norte de Colombia. Recuperado Google Earth Pro, el 9 de septiembre del 2024.



Figura 2

Isla de Manga, Cartagena. Recuperado de Google EARTH Pro, el 11 de septiembre de 2023



Figura 4. Imágenes Sentinel 2, falso color, infrarojo, de Cartagena, su bahía y sus cuerpos de agua aledaños; a la izquierda 1° de enero de 2023, y a la derecha 29 de julio de 2024. Fuente: Capernicus, Sentinel 2.

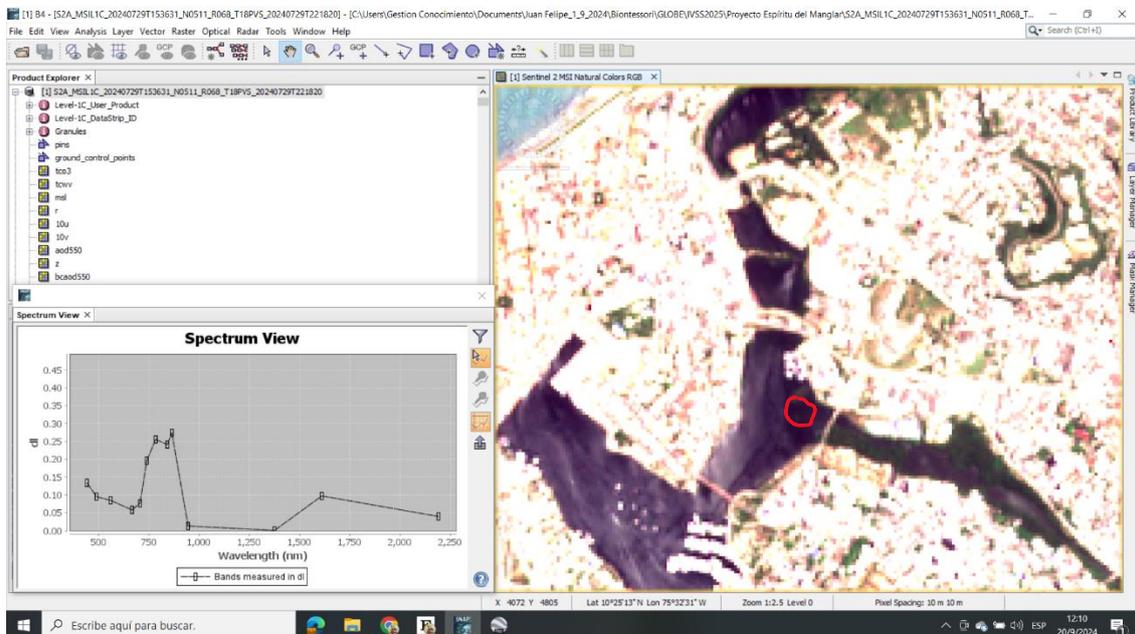


Figura 5. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente a la estación San Lázaro, un relicto de Mangle en la Laguna San Lázaro, que sirve de garcero para Garzas, Pelícanos



y Cormoranes (Punto Lat.  $10^{\circ}25'13''$  N y Long.  $75^{\circ}32'31''$  W). (Der) Imagen Sentinel 2, en color real del área de estudio, 29 de julio de 2024.

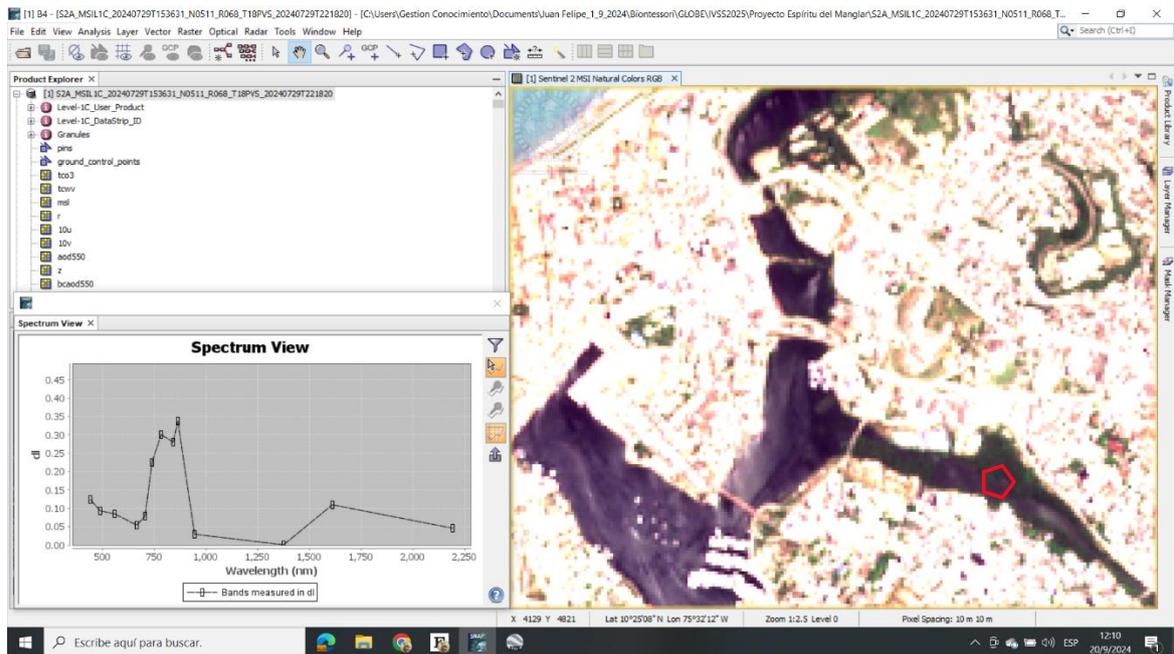


Figura 6. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente al punto denominado Centro Cultural, (Punto Lat.  $10^{\circ}25'05''$  N y Long.  $75^{\circ}32'12''$  W). (Der) Imagen Sentinel 2, en color real del área de estudio, 29 de julio de 2024.

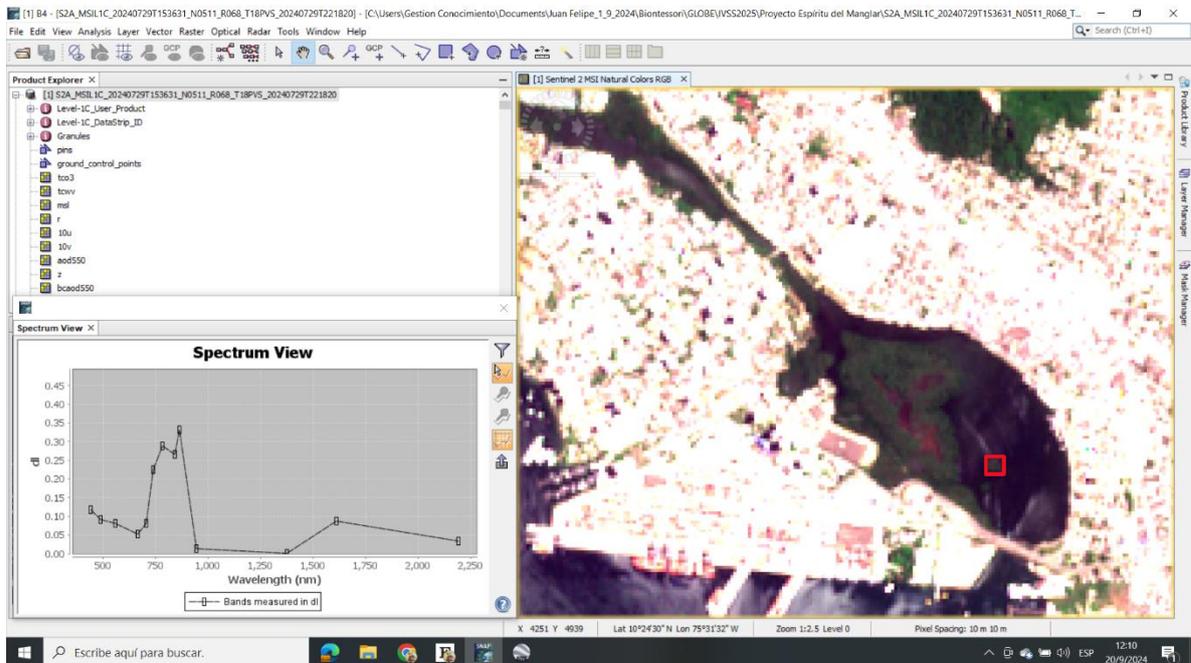


Figura 7. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente a la estación Las Quintas; este es un pequeño relicto de mangle que también sirve de garcero para la especies de Garza Real (*Ardea alba*), Garza patiamarilla (*Egretta thula*) y Pelícanos (*Pelecanos occidentalis*) (Punto Lat. 10°24'30" N y Long. 75°32'32" W). (Der) Imagen Sentinel 2, en color real del área de estudio, 29 de julio de 2024.

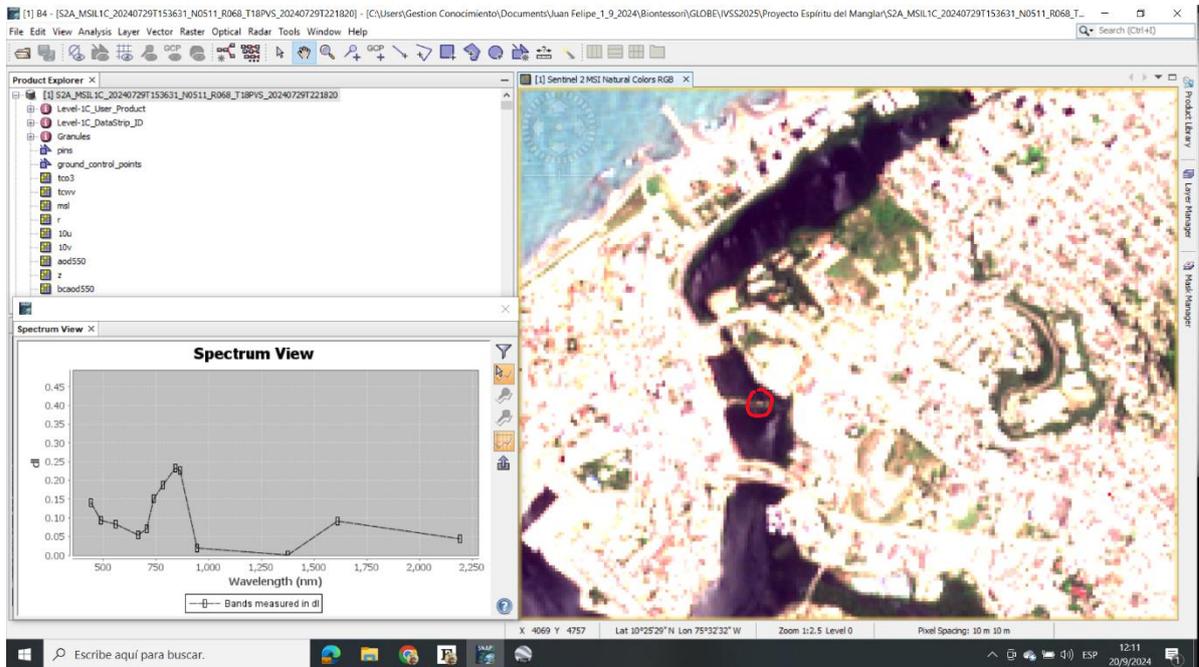


Figura 8. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente al punto denominado Chambacú, donde se ha podido evidenciar una colonia activa reproductiva de Ibis blanco (*Eudocimus albus*), Punto Lat.  $10^{\circ}25'29''$  N y Long.  $75^{\circ}32'32''$  W. (Der) Imagen Sentinel 2, en color real del área de estudio, 29 de julio de 2024.

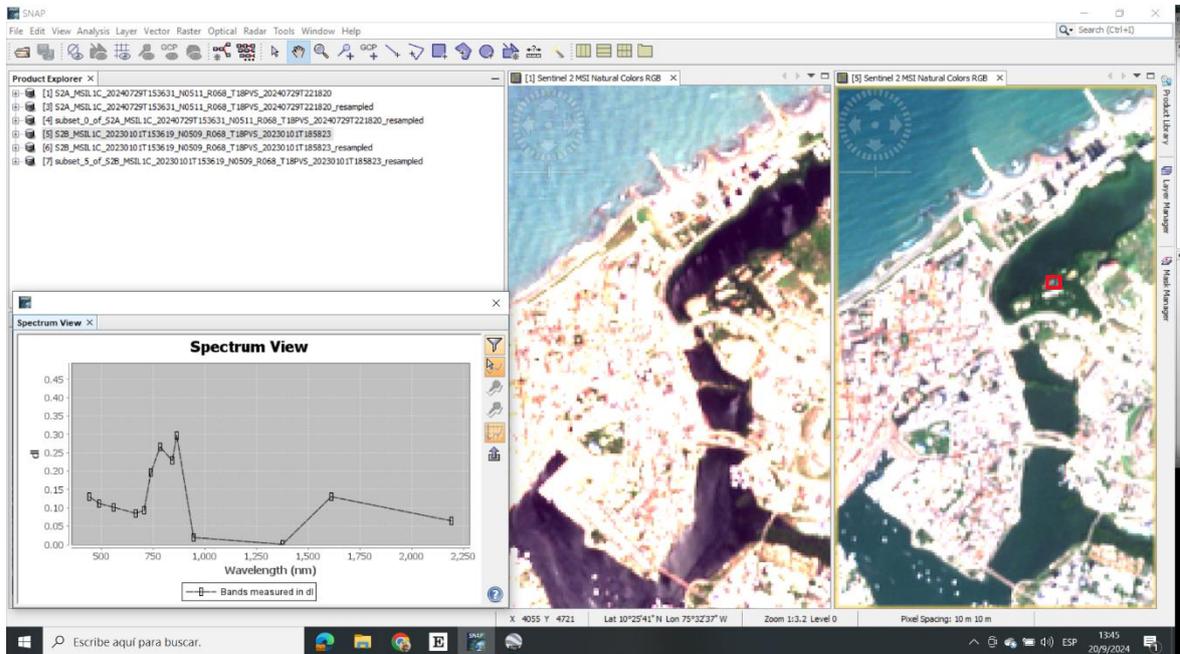


Figura 9. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente al Parque Espíritu de Manglar, hacia el borde que linda con la Laguna del Cabrero, una barrera de Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) Punto Lat.  $10^{\circ}25'41''$  N y Long.  $75^{\circ}32'37''$  W, en relación con la imagen del extremo derecho, del 01 de enero de 2023. En cortina, la imagen en color real del 29 de julio de 2024 (centro).



# THE GLOBE PROGRAM

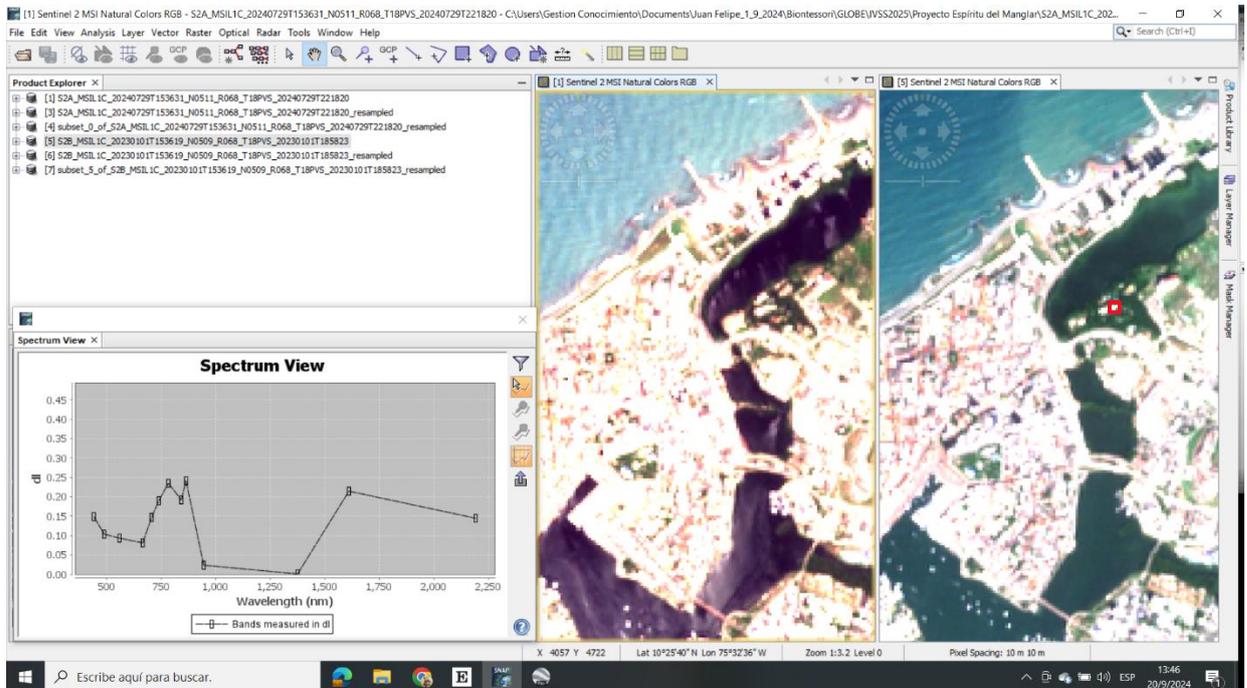


Figura 10. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente al un relicto de manglar que hemos tomado como parcela de referencia no regular, de un área aproximada de 250 m<sup>2</sup> (Punto Lat. 10°25'40" N y Long. 75°32'36" W), en relación con la imagen de la derecha, del 01 de enero de 2023. En cortina, la imagen en color real del 29 de julio del 2024 (Centro).

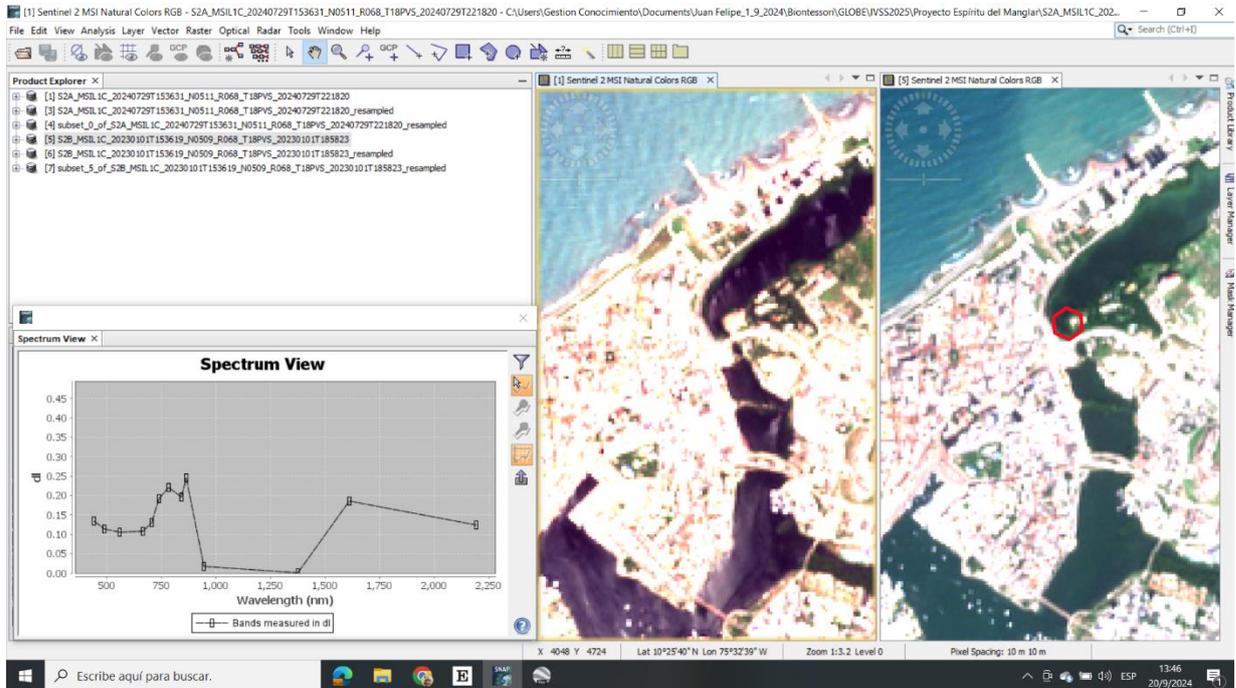


Figura 11. (Izq.) Gráfico de Línea Espectral, correspondiente al Punto más occidental del Parque que da a la Laguna del Cabrero, (Lat. 10°25'40" N y Long. 75°32'39" W), en relación con la imagen de la derecha, del 01 de enero de 2023. En cortina, la imagen en color real del 29 de julio del 2024 (Centro).

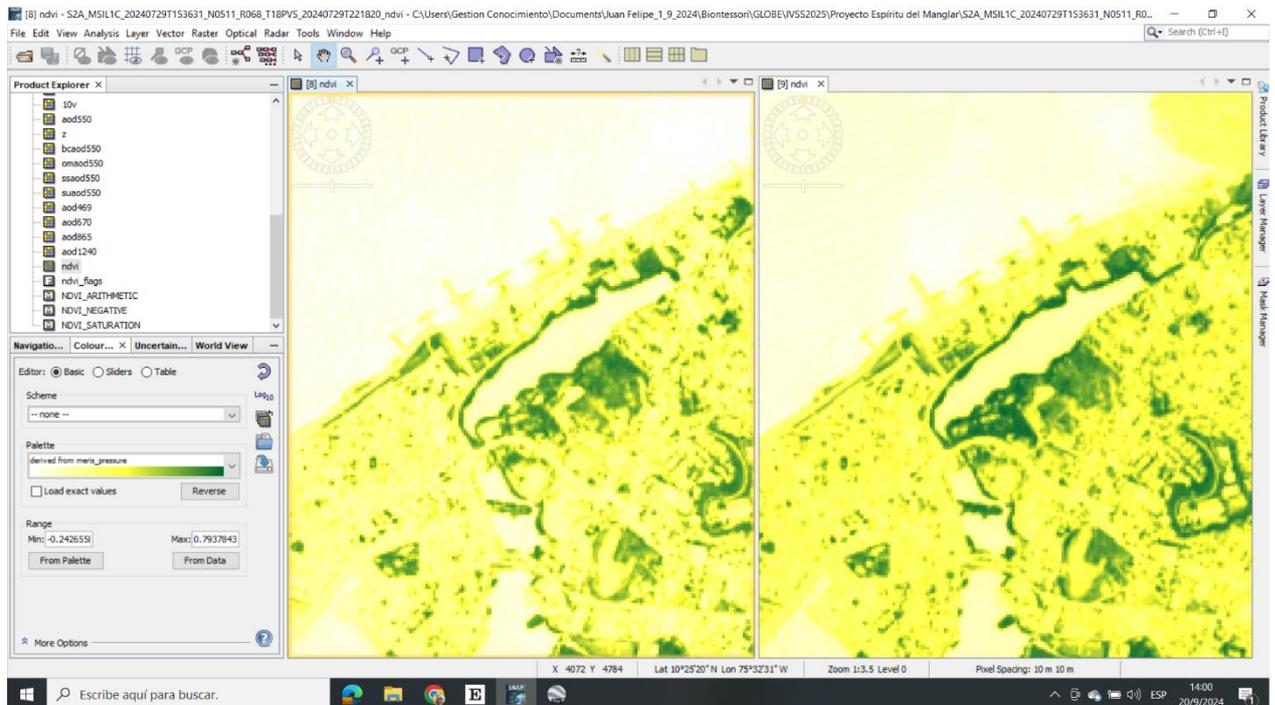


Figura 12. (Izq.) Índice NDVI, de la zona de estudio, Localidad Histórica y Caribe Norte, Cartagena de Indias; gráfico en cortina comparando las imágenes de la izquierda 29 de julio de 2024, y (derecha) 01 de enero de 2023. Fuente: Copernicus, Sentinel 2. Imagen procesada con software SNAP, resolución 20 metros real, y 5 metros artificial.

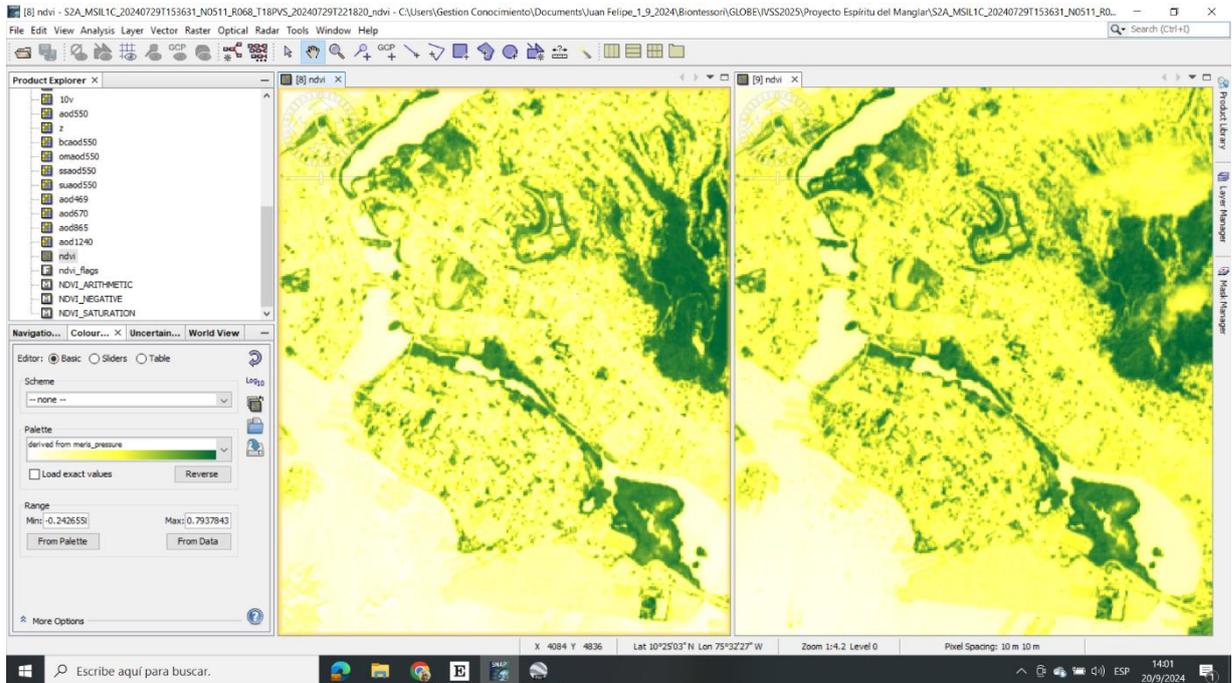


Figura 13. (Izq.) Índice NDVI, de la zona de estudio, Localidad Histórica y Caribe Norte, Cartagena de Indias, representando el caño de Bazurto y la Ciénaga de las Quintas; gráfico en cortina comparando las imágenes de la izquierda 29 de julio de 2024, y (derecha) 01 de enero de 2023. Fuente: Copernicus, Sentinel 2. Imagen procesada con software SNAP, resolución 20 metros real, y 5 metros artificial.

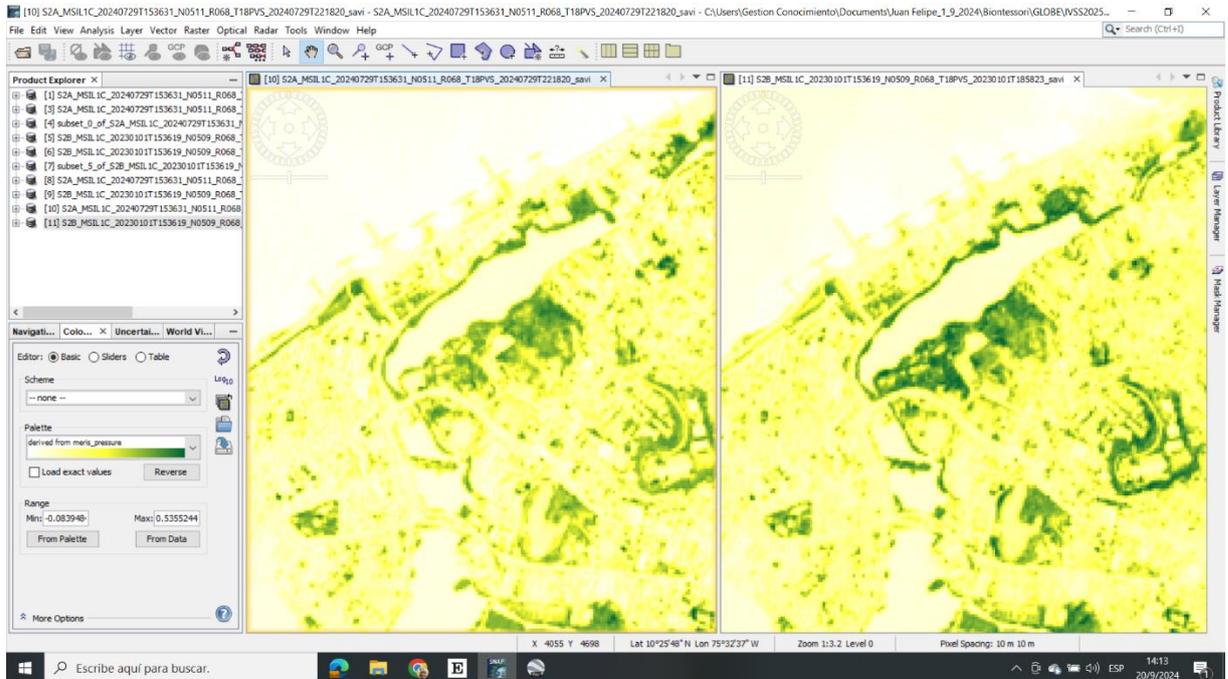


Figura 14. (Izq.) Índice del Superficie del Suelo Ajustado - SAVI, de la zona de estudio, Localidad Histórica y Caribe Norte, Cartagena de Indias; barrio Chambacú, Parque Espíritu del Manglar; gráfico en cortina comparando las imágenes de la izquierda 29 de julio de 2024, y (derecha) 01 de enero de 2023. Fuente: Copernicus, Sentinel 2. Imagen procesada con software SNAP, resolución 20 metros real, y 5 metros artificial.

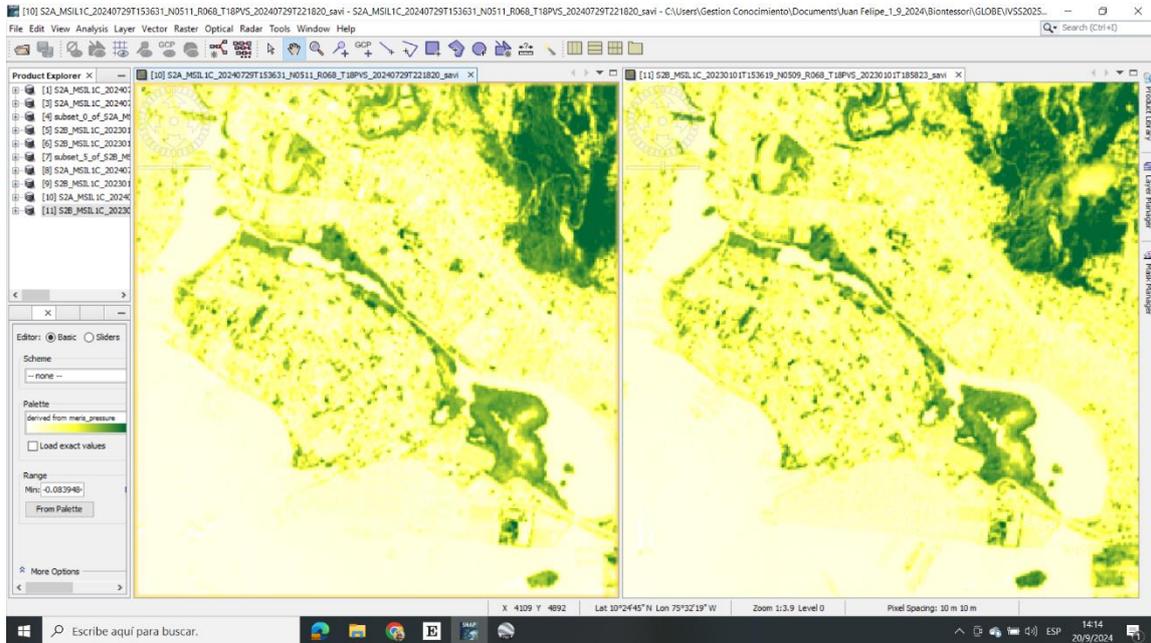


Figura 15. (Izq.) Índice SAVI, de la zona de estudio, Localidad Histórica y Caribe Norte, Cartagena de Indias, representando el caño de Bazurto y la Ciénaga de las Quintas; gráfico en cortina comparando las imágenes de la izquierda 29 de julio de 2024, y (derecha) 01 de enero de 2023. Fuente: Copernicus, Sentinel 2. Imagen procesada con software SNAP, resolución 20 metros real, y 5 metros artificial.

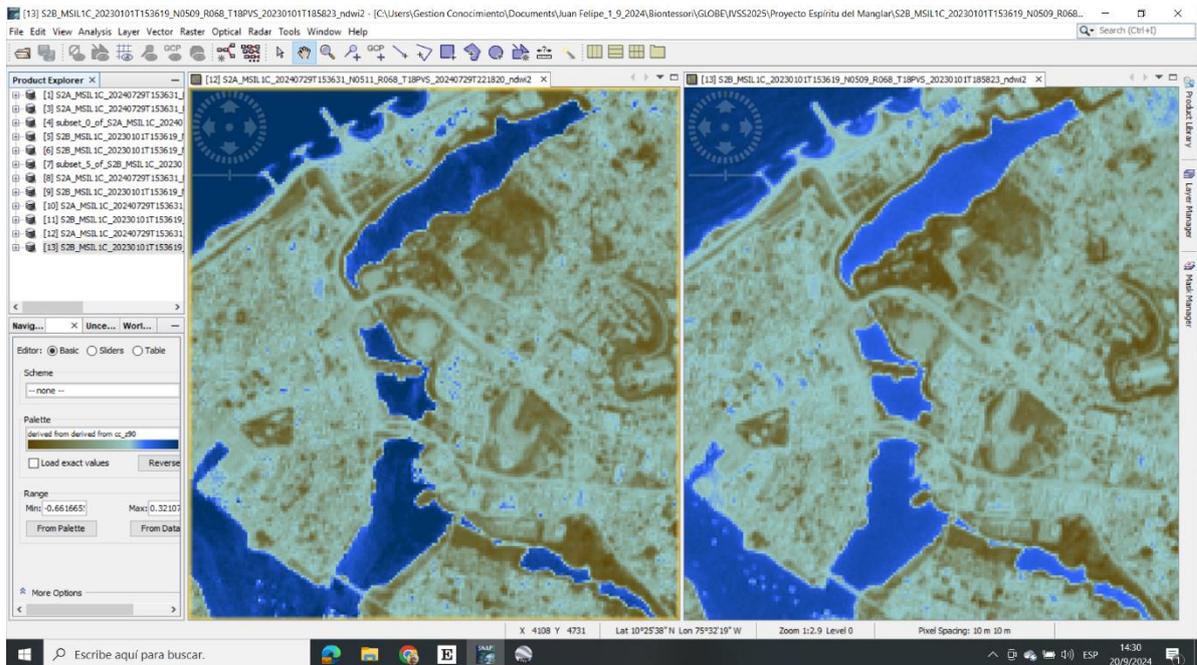


Figura 16. (Izq.) Índice de Agua Normalizado - NDWI2, de la zona de estudio, Localidad Histórica y Caribe Norte, Cartagena de Indias; barrio Chambacú, Laguna del Cabrero y Parque Espíritu del Manglar; gráfico en cortina comparando las imágenes de la izquierda 29 de julio de 2024, y (derecha) 01 de enero de 2023. Fuente: Copernicus, Sentinel 2. Imagen procesada con software SNAP, resolución 20 metros real, y 5 metros artificial.



# THE GLOBE PROGRAM

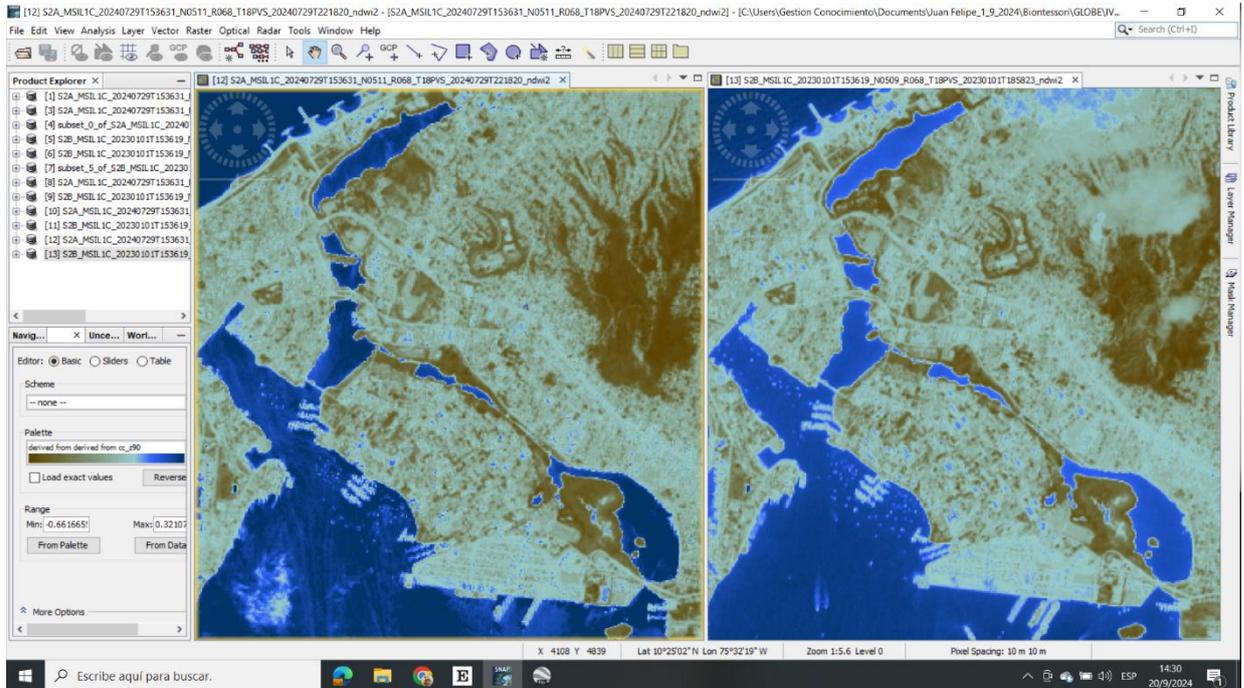


Figura 17. (Izq.) Índice NDWI2, de la zona de estudio, Localidad Histórica y Caribe Norte, Cartagena de Indias; barrio Chambacú, Laguna del Cabrero y Parque Espíritu del Manglar; gráfico en cortina comparando las imágenes de la izquierda 29 de julio de 2024, y (derecha) 01 de enero de 2023. Fuente: Copernicus, Sentinel 2. Imagen procesada con software SNAP, resolución 20 metros real, y 5 metros artificial.



Figura 18. Parque Espíritu del Manglar, Cartagena de Indias. Imagen de Google EARTH, enriquecida a partir del resultado de un estudio utilizando i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos de 1000 puntos, de los cuales 670 corresponden a Árboles y Arbustos. Fuente: Google Earth, i-Tree Eco, compilador Biontessori 2024.



Figura 19. Parque Espíritu del Manglar, Cartagena de Indias. Imagen de Google EARTH, enriquecida a partir del resultado de un estudio utilizando el software i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos de 1000 puntos, de los cuales 670 corresponden a Árboles y Arbustos, superpuesta sobre Imagen de Radar, del satélite Sentinel 1, correspondiente al 29 de agosto de 2023. Fuente: Google Earth, i-Tree Eco, compilador Biontessori 2024.

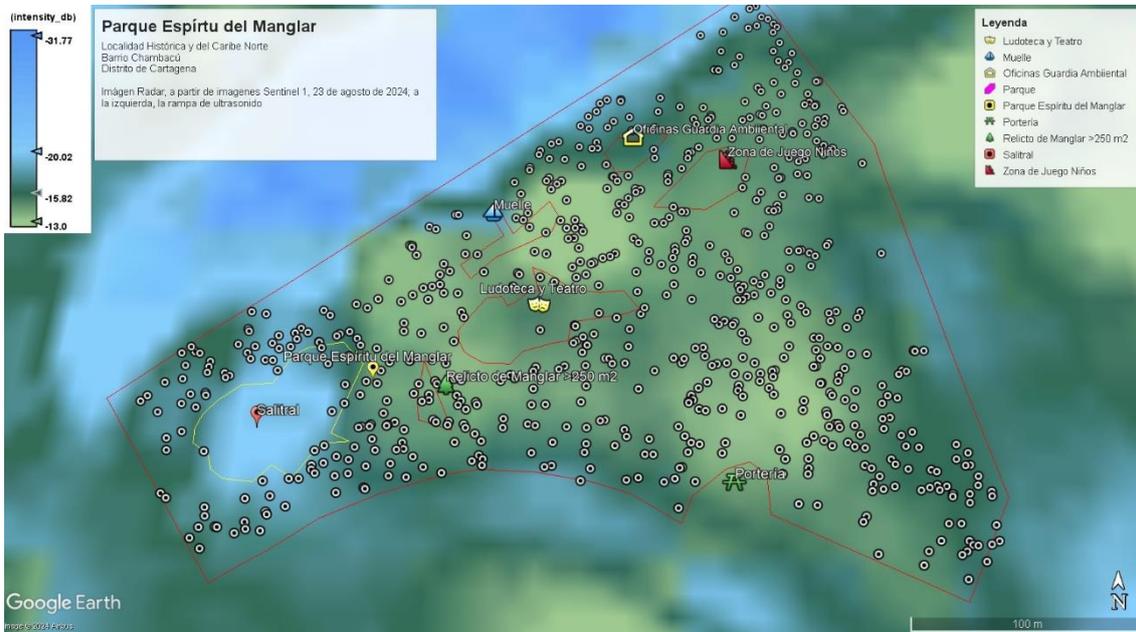


Figura 20. Parque Espíritu del Manglar, Cartagena de Indias. Imagen de Google EARTH, enriquecida a partir del resultado de un estudio utilizando el software i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos de 1000 puntos, de los cuales 670 corresponden a Árboles y Arbustos, superpuesta sobre Imagen de Radar, del satélite Sentinel 1, correspondiente al 23 de agosto de 2024. Fuente: Google Earth, i-Tree Eco, compilador Biontesori 2024.



Figura 21. Localidad Histórica y Caribe Norte: Barrios Chambacú, Chino, Espinal, Getsemaní, Manga, Martínez Martelo, Pie del Cerro y Pie de la Popa, Cartagena de Indias. Imagen de Google EARTH, enriquecida a partir del resultado de un estudio utilizando i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos de 1000 puntos, de los cuales 198 puntos corresponden a Árboles y Arbustos. Fuente: Google Earth, i-Tree Eco, compilador Biontessori 2024.

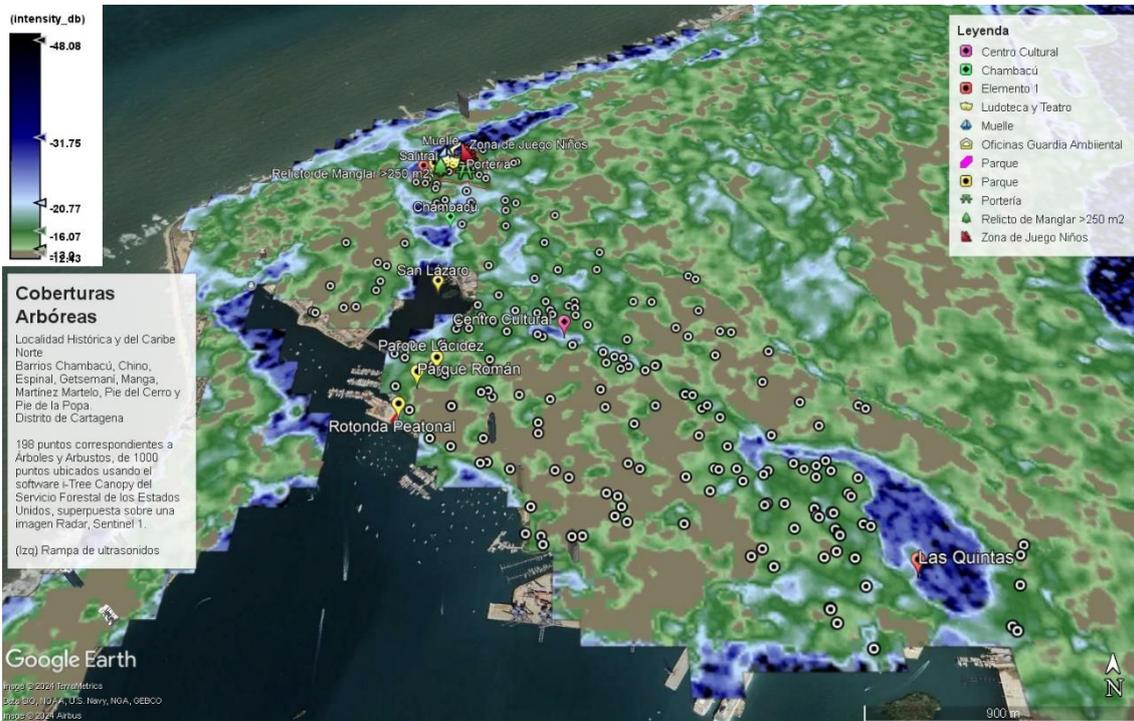


Figura 22. Pa Localidad Histórica y Caribe Norte: Barrios Chambacú, Chino, Espinal, Getsemaní, Manga, Martínez Martelo, Pie del Cerro y Pie de la Popa, Cartagena de Indias. Imagen de Google EARTH, enriquecida a partir del resultado de un estudio utilizando el software i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos de 1000 puntos, de los cuales 198 puntos corresponden a Árboles y Arbustos, superpuesta sobre Imagen de Radar, del satélite.



Figura 23. Localidad Histórica y Caribe Norte: Barrios Chambacú, Chino, Espinal, Getsemaní, Manga, Martínez Martelo, Pie del Cerro y Pie de la Popa, Cartagena de Indias. Imagen de Google EARTH, enriquecida a partir del resultado de un estudio utilizando el software i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos de 1000 puntos, de los cuales 198 corresponden a Árboles y Arbustos, superpuesta sobre Imagen de Radar, del satélite Sentinel 1, correspondiente al 23 de agosto de 2024. Fuente: Google Earth, i-Tree Eco, compilador Biontessori 2024.



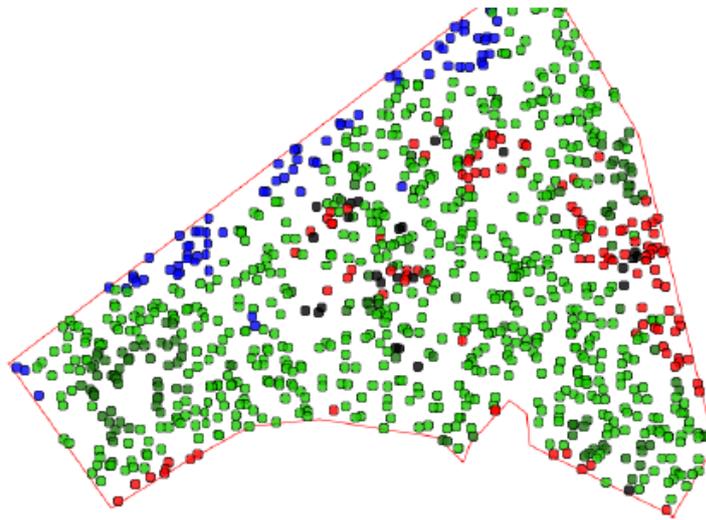
Figura 24

Nube de 1000 puntos en una modelación de i-Tree Canopy, en los ocho barrios de la zona de estudio, correspondientes a la localidad Histórica del Caribe Norte; a la derecha superior, la gráfica con bigotes, con las coberturas de las diferentes cubiertas definidas: Árboles/arbustos, Gramíneas/herbáceas, Espejo de Agua, Infraestructura Gris, Otras superficies impermeables. El mayor porcentaje lo tiene la infraestructura gris con un 41%, seguida de otras superficies impermeables con un 30.5%, y árboles/arbustos se sitúa en un tercer lugar con un 19.8%

i-Tree Canopy

Cover Assessment and Tree Benefits Report

Estimated using random sampling statistics on 9/13/2024



©Google

Land Cover

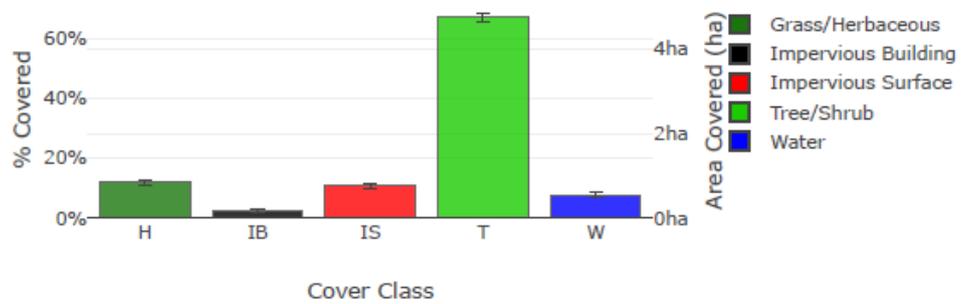


Figura 25



Nube de 1000 puntos en una modelación de i-Tree Canopy, en el Parque Espíritu del Manglar,; en la parte inferior un gráfico de barras con bigotes, con las coberturas de las diferentes cubiertas definidas: Árboles/arbustos, Gramíneas/herbáceas, Espejo de Agua, Infraestructura Gris, Otras superficies impermeables. El mayor porcentaje lo tiene la árboles/arbustos con un 67%, seguida de Gramíneas/Herbáceas con un 12%, es de señalar que la imagen que se tomó de base para el análisis corresponde al parque antes de las intervenciones de las que fue objeto en el presente año y que son materia de análisis en el presente trabajo.



# THE GLOBE PROGRAM

Tabla 1

**Abundancia (N), Riqueza (S), Índice de Diversidad de Margalef (dMg), e Índice de Shannon (H'), por especie y por Barrios de la Localidad Histórica y Caribe Norte, en Cartagena Colombia, período de observación 2018-2024**

Especie	Bazurto	Chambacú	Espinal	Manga	Pie de la Popa	Pie del Cerro	Suma total
<i>Actitis macularius</i>		1	1	5	4		11
<i>Amazilia tzacatl</i>			6	34	1	1	42
<i>Amazona ochrocephala</i>			1	40	6		47
<i>Anas bahamensis</i>					1		1
<i>Ara macao</i>			1		3		4
<i>Aramides cajanea</i>					1		1
<i>Ardea alba</i>	26	2	9	242	66	137	482
<i>Ardea cocoi</i>					1	1	2
<i>Ardea herodias</i>		1					1
<i>Brotogeris jugularis</i>	2		4	417	23	1	447
<i>Bubulcus ibis</i>		2	2	4	6	145	159
<i>Buteo albonotatus</i>			1				1
<i>Butorides spp</i>					1		1
<i>Butorides striata</i>	1	1	2	4	4	6	18
<i>Butorides virescens</i>	1		3	3	9	3	19
<i>Campylorhynchus griseus</i>				18	1		19
<i>Caracara plancus</i>				2			2
<i>Cathartes aura</i>			3	87	4	6	100
<i>Chloroceryle amazona</i>					3		3
<i>Coereba flaveola</i>				58	1		59
<i>Colaptes punctigula</i>				3			3
<i>Columba livia</i>			2	296	25		323
<i>Columbina passerina</i>				35			35
<i>Columbina talpacoti</i>				5			5
<i>Conirostrum bicolor</i>					3	2	5
<i>Coragyps atratus</i>	110		21	433	40	11	615
<i>Daptrius chimachima</i>	2	1	8	49	12	5	77
<i>Egretta caerulea</i>				4	1		5
<i>Egretta thula</i>	10	1	95	410	142	114	772
<i>Egretta tricolor</i>	1	3	58	40	46	15	163
<i>Elaenia flavogaster</i>				41			41
<i>Eudocimus albus</i>	13	1	87	408	76	50	635
<i>Eudocimus ruber</i>			1				1
<i>Eupsittula pertinax</i>	56		40	1033	1055	3	2187
<i>Falco columbarius</i>					1		1
<i>Fregata magnificens</i>	1		7	158	9	4	179
<i>Himantopus mexicanus</i>				6			6
<i>Icterus nigrogularis</i>			2	5	1		8
<i>Leucophaeus atricilla</i>	4		9	41	16	11	81
<i>Machetornis rixosa</i>				2	5		7
<i>Megasceryle torquata</i>	3		3	10	8	6	30
<i>Melanerpes rubricapillus</i>			1	70	6		77
<i>Myiozetetes similis</i>				67	2		69
<i>Nannopterum brasilianum</i>	8	2	10	85	16	40	161
<i>Nyctanassa violacea</i>	1		1		5		7
<i>Nycticorax nycticorax</i>	4	1	5	3	11	1	25
<i>Pandion haliaetus</i>				2			2
<i>Patagioenas cayennensis</i>			2	7	16	3	28
<i>Pelecanus occidentalis</i>	58	2	12	231	27	46	376
<i>Phaetusa simplex</i>	19		47	19	8	4	97
<i>Pheucticus ludovicianus</i>				1			1
<i>Phimosus infuscatus</i>			3	2	1		6
<i>Piranga rubra</i>				11			11
<i>Pitangus sulphuratus</i>		1	3	90	2		96
<i>Progne tapera</i>				4			4
<i>Protonotaria citrea</i>				1			1
<i>Quiscalus lugubris</i>	6		5	11	10	1	33
<i>Quiscalus mexicanus</i>	15	1	7	579	88	19	709
<i>Rupornis magnirostris</i>			1	5			6
<i>Rynchops niger</i>	4						4
<i>Sakesphorus canadensis</i>				1	4		5
<i>Saltator olivascens</i>			3	32	2		37
<i>Setophaga castanea</i>				4			4
<i>Setophaga fusca</i>				1			1
<i>Setophaga sp</i>			1				1
<i>Sicalis flaveola</i>				58	6		64
<i>Sternula antillarum</i>				1			1
<i>Tachycineta albiventer</i>	1			7	1		9
<i>Thalasseus maximus</i>			2	18	6	8	34
<i>Thalasseus sandvicensis</i>		1	1	2	1	2	7
<i>Thraupis episcopus</i>			2	46	1		49
<i>Thraupis glaucocolpa</i>				6			6
<i>Thraupis palmarum</i>				8			8
<i>Todirostrum cinereum</i>			1	19			20
<i>Troglodytes aedon</i>					2		2
<i>Turdus grayi</i>				16	1		17



Tabla 2

**Abundancia (N), Riqueza (S), Índice de Diversidad de Margalef (dMg), e Índice de Shannon (H'), por grupo funcional y por Barrios de la Localidad Histórica y Caribe Norte, en Cartagena Colombia; período de observación 2018-2024**

Grupo Funcional	Bazurto	Chambacú	Espinal	Manga	Pie de la Popa	Pie del Cerro	Suma total
Carnívora				17	1		18
Carroñera	110		24	520	44	17	715
Frugívora	58		46	1490	1087	4	2685
Granívora	7		13	1065	111	7	1203
Insectívora		1	11	466	23		501
Limícola		2	1	19	4		26
Marinas continentales	94	5	88	555	83	115	940
Martinetes y Rapaces Acuáticas	3		3	12	11	6	35
Nectarívora			6	92	2	1	101
Omnívora	21	1	20	810	108	20	980
Pájaros Acuáticos	1			7	4	2	14
Patos y Zambullidores					1		1
Pollas de agua					1		1
Rapaz			1				1
Rapaz	2	1	9	56	13	5	86
Vadeadoras	57	12	266	1120	369	472	2296
<b>Abundancia (N)</b>	<b>353</b>	<b>22</b>	<b>488</b>	<b>6229</b>	<b>1862</b>	<b>649</b>	<b>9603</b>
<b>Riqueza (S)</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>16</b>
<b>Índice de Margalef (dMg)</b>	<b>1,36</b>	<b>1,62</b>	<b>1,78</b>	<b>1,37</b>	<b>1,86</b>	<b>1,39</b>	<b>1,64</b>
<b>Índice de Shannon (H')</b>	<b>2,53</b>	<b>2,67</b>	<b>2,34</b>	<b>2,9</b>	<b>2,03</b>	<b>1,45</b>	<b>2,78</b>

Fuente: Biontessori, 2024



**Tabla 3**

*Abundancia (N), Riqueza (S) y Diversidades de Margalef (dMg) y de Shannon (H), de las especies arbóreas en los parques Espíritu del Manglar, Lácidez, Román y Rotonda del Petonal. Período de Observación 2021-2024*

<b>Especie</b>	<b>Lácidez</b>	<b>Román</b>	<b>Rotonda</b>	<b>Espíritu del Manglar</b>	<b>Total general</b>
Albizia saman		1			1
Ceiba pentandra	1				1
Melicoccus bijugatus	1				1
Caesalpinia ebano			2		2
Cassia fistula			2		2
Crescentia cujete		2			2
Guazuma ulmifolia		2			2
Manilkara zapota		1	1		2
Pithecellobium dulce	1		1		2
Plumeria pudica			2		2
Prosopis juliflora		2			2
Simarouba amara	2				2
Terminalia	2				2
Delonix regia		3			3
Gliricidia sepium		2	1		3
Adonidia merrillii	5				5
Avicennia germinans				5	5
Pseudobombax septenatum		5			5
Conocarpus erectus	1		1	4	6
Livistona chinensis	6				6
Cassia	7				7
Cocos nucifera	3	1	3		7
Ficus benjamina		7			7
Ficus elastica	4	3			7
Terminalia catappa		7	2		9
Azadirachta indica		5	6		11
Laguncularia racemosa				16	16
Mangifera indica	1	20			21
Tabebuia rosea	9	16			25
Rhizophora mangle				28	28
<b>Abundancia (N)</b>	<b>44</b>	<b>77</b>	<b>21</b>	<b>53</b>	<b>195</b>
<b>Riqueza (S)</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>31</b>
<b>Diversidad de Margalef (dM)</b>	<b>3,44</b>	<b>3,22</b>	<b>2,96</b>	<b>0,76</b>	<b>5,69</b>
<b>Diversidad de Shannon (H)</b>	<b>3,37</b>	<b>3,19</b>	<b>3,05</b>	<b>1,61</b>	<b>4,25</b>

Fuente: Bionteessori 2024



Tabla 4

*Estimación de la perdidas de Carbón Almacenado, Carbón Procesado, y Dióxido de Carbón equivalente, en el Parque Espíritu del Manglar, a partir de los datos obtenidos en la aplicación i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos, superpuestos sobre Imágenes Radar de Srtinel 1, años 2023 y 2024.*

	Puntos	Area (ha)	%	Carbon almacenado (ton)	Carbón Secuestrado (ton/año)	C02e (ton/año) *
Totales	<b>1000</b>	<b>7,1</b>	100			
Árboles y Arbustos	670	4,75	67	365	14,54	53,31
Perdidos en 2024	170	1,21	25	92,61	3,69	13,53

Fuente: Biontessori, 2024

\* CO2 equivalente

Tabla 5

*Estimación de la perdidas de Carbón Almacenado, Carbón Procesado, y Dióxido de Carbón equivalente, en la Localidad Histórica y Caribe Norte, barrios Chambacú, Chino, Espinal, Gestsemaní, Manga, Martínez Martelo, Pie del Cerro y Pié de la Popa, entre los 2023 y 2024, a partir de los datos obtenidos en la aplicación i-Tree Canopy del Servicio Forestal de los Estados Unidos.*

	Puntos	Area (ha)	%	Carbon almacenado (ton)	Carbón Secuestrado (ton/año)	C02e (ton/año) *
Totales	<b>1000</b>	<b>382</b>	<b>100</b>			
Árboles y Arbustos	198	76	19,8	5813	231	849
Perdidos en 2024	6	2,30	3%	176,2	7,00	25,73

Fuente: Biontessori, 2024

\*CO2 equivalente



Tabla 6

*Parámetros físico-químicos, medidos a partir de los protocolos del programa GLOBE, faenas de nov 2022, febrero 2023, mayo 2023, julio 2023, y mayo 2024*

Estación	Temporada	Oxígeno (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Alcalinidad (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	pH	Salidad (ppt)	Transparencia (cm)	Temp agua (°C)	Temp aire (°C)	Cielo
Chambacú	Lluvioso 1 (Abr-jun)	2,35	0,25	90,7	7,62	25,15	120	31	30,6	Quebrado
	Seco 1 (Jul-Ago)	2,9	<0,25	90,7	7,7	15	109	31	32	Despejado
	Lluvioso 2 (Ago-Nov)	1,67	<0,25	108	7,2	15	116	30,5	32,5	Quebrado
	Seco 2 (Dic-Mar)	NA	<0,25	NA	7,5	36	236	NA	NA	Despejado
San Lázaro	Lluvioso 1 (Abr-jun)	3,5	0,25	82,7	7,8	26,15	120	30,4	30,1	Quebrado
	Seco 1 (Jul-Ago)	2,7	0,25	88	7,8	21,3	114	30	29,2	Despejado
	Lluvioso 2 (Ago-Nov)	4,6	<0,25	102	7,7	21	150	29,5	29	Quebrado
	Seco 2 (Dic-Mar)	3,07	<0,25	NA	7,2	32,3	219	NA	NA	Despejado
Centro Cultural	Lluvioso 1 (Abr-jun)	2,5	<0,25	104	7,8	26	71	30	29,7	Quebrado
	Seco 1 (Jul-Ago)	1,9	0,5	107,3	7,6	20	70	30	29,3	Despejado
	Lluvioso 2 (Ago-Nov)	2,47	<0,25	122	7,4	21	95	28,8	28	Quebrado
	Seco 2 (Dic-Mar)	3,4	<0,25	NA	7,4	35	205	28	NA	Despejado
Las Quintas	Lluvioso 1 (Abr-jun)	3,75	0,25	112	7,9	27	88	29,7	29,5	Dispersas
	Seco 1 (Jul-Ago)	2,7	0,25	106	7,7	24	75	29,5	30,2	Despejado
	Lluvioso 2 (Ago-Nov)	2,47	<0,25	100	7,1	24,6	106	28,5	NA	Quebrado
	Seco 2 (Dic-Mar)	3,4	<0,25	124	7,7	33,6	233	28	NA	Despejado

Fuente: Biontesori, 2024



Tabla 7

*Estimación de área de Bosque Urbano, y cubiertas verdes, el Carbon y el CO2 almacenado, en Kg, per cápita en ocho barrios de la Localidad Histórica y Caribe Norte*

<b>Barrio</b>	<b>Población</b>		<b>Total</b>
	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	
Barrio Chino	486,00	554,00	1.040,00
Chambacú	11,00	3,00	14,00
Espinal	1.074,00	1.110,00	2.184,00
Getsemaní	641,00	749,00	1.390,00
Manga	5.516,00	7.145,00	12.661,00
Pié del Cerro	342,00	407,00	749,00
Pié de la Popa	2.335,00	2.883,00	5.318,00
<b>Total</b>			<b>23.356,00</b>
Cobertura Arbórea (m2)			836.500,00
Almacenamiento de Carbon (Kg)			5.813.803,00
Almacenamiento en CO2 equivalente (Kg)			21.317.279,00
Cobertura Arbórea (m2)/per capita			35,82
Almacenamiento de Carbon (Kg)/per cápita			248,92
Almacenamiento en CO2 equivalente (Kg)/per cápita			912,71

Fuente: Midas, I-Tree Canopy del USFS, compilado por Biontessori, 2024



Tabla 8

***Coberturas en hectáreas y porcentaje, calculados a partir de 1000 puntos, con la herramienta i-Tree Canopy, del Servicio Forestal de los Estados Unidos***

<b>Cubiertas</b>	<b>Parque Espíritu del Manglar</b>		<b>Ocho barrios localidad Histórica y Caribe Norte</b>	
	<b>Hectáreas (Ha)</b>	<b>%</b>	<b>Hectáreas (Ha)</b>	<b>%</b>
Árboles/Arbustos	4,75	67	75,6	20%
Gramíneas/Herbáceas	0,84	11,9	10,7	3%
Espejo de agua	0,56	7,79	7,64	2%
Infraestructura Gris	0,18	2,5	171,67	45%
Otras superficies impermeables	0,77	10,9	116,5	30%
<b>Total</b>	<b>7,1</b>	<b>100</b>	<b>382,11</b>	<b>100%</b>

Fuente: i-Tree

Canopya, compilado  
por Biontessori, 2024



Tabla 9

**Abundancia (N), Riqueza (S), Índice de Diversidad de Margalef (dMg), e Índice de Shannon (H'), por especie y por Parques: Román, Lácidéz, Espíritu del Manglar, y Rotonda del Puente, 2018-2024**

<i>Especie</i>	<i>Parque Espíritu</i>	<i>Parque Lácidéz</i>	<i>Parque Román</i>	<i>Rotonda Puente</i>	<i>Total</i>
Amazilia tzacatl	6	5	26	1	38
Amazona ochrocephala	1	31	8		40
Ara macao	1				1
Ardea alba	1	45	28	1	75
Brotogeris jugularis	4	185	97		286
Bubulcus ibis			4		4
Butorides striata	2		2		4
Butorides virescens	1				1
Campylorhynchus griseus		1	12	2	15
Caracara plancus		1	1		2
Cathartes aura		19	66	1	86
Coereba flaveola		22	22	2	46
Colaptes punctigula				1	1
Columba livia		83	110	3	196
Columbina passerina		16	4		20
Columbina talpacoti			4		4
Coragyps atratus		121	155	18	294
Daptrius chimachima	5	11	6	3	25
Egretta thula	5	145	22	4	176
Egretta tricolor	5	6	6	1	18
Elaenia flavogaster		7	28	6	41
Eudocimus albus	1	5	92		98
Eupsittula pertinax	34	286	365	69	754
Fregata magnificens		45	43	5	93
Icterus nigrogularis	2			1	3
Leucophaeus atricilla	3	2	2		7
Megaceryle torquata	2	1	4		7
Melanerpes rubricapillus	1	25	40	3	69
Myiozetetes similis		28	26	7	61
Nannopterum brasilianum			23		23
Nycticorax nycticorax	1				1
Patagioenas cayennensis		2	2		4
Pelecanus occidentalis	4	13	25		42
Phaetusa simplex	5	4			9
Pheucticus ludovicianus		1			1
Phimosus infuscatus	1		1		2
Piranga rubra		4	7		11
Pitangus sulphuratus	1	29	30	6	66
Progne tapera			3		3
Protonotaria citrea		1			1
Quiscalus lugubris	5	4			9
Quiscalus mexicanus	5	85	111	8	209
Rupornis magnirostris		2	1	2	5
Saltator olivascens	2	15	10	3	30
Setophaga castanea			4		4
Setophaga fusca		1			1
Setophaga sp	1				1
Sicalis flaveola		24	12	8	44
Tachycineta albiventer			2	2	4
Thalasseus maximus	1				1
Thraupis episcopus	1	28	7	6	42
Thraupis glaucocolpa		2	4		6
Thraupis palmarum			8		8
Todirostrum cinereum	1	4	13	1	19
Turdus grayi		8	6	1	15
Tyrannus dominicensis		4	9		13
Tyrannus melancholicus	4	55	127	14	200
Vanellus chilensis		3			3
Zenaida auriculata	8	128	309	15	460
<b>Abundancia (N)</b>	<b>114</b>	<b>1507</b>	<b>1887</b>	<b>194</b>	<b>3702</b>



Tabla 10

**Abundancia (N), Riqueza (S), Índice de Diversidad de Margalef (dMg), e Índice de Shannon (H'), por grupo funcional y por Parques: Lácides, Román, Espíritu del Manglar y Rotonda del peatonal; período de observación 2018-2024**

Grupo Funcional	Parque Espíritu	Parque Lácidez	Parque Román	Rotonda Puente	Total
Carnívora		9	6	1	16
Carroñera		140	221	19	380
Frugívora	40	502	470	69	1081
Granívora	9	253	441	26	729
Insectívora	6	122	224	31	383
Limícola		3			3
Marinas continentales	13	64	93	5	175
Martinetes y Rapaces Acuáticas	2	1	4		7
Nectarívora	6	27	48	3	84
Omnívora	16	171	215	27	429
Pájaros Acuáticos			2	2	4
Rapaz	5	14	8	5	32
Vadeadoras	17	201	155	6	379
<b>Abundancia (N)</b>	<b>114</b>	<b>1507</b>	<b>1887</b>	<b>194</b>	<b>3702</b>
<b>Riqueza (S)</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>13</b>
<b>Índice de Margalef (dMg)</b>	<b>1,69</b>	<b>1,5</b>	<b>1,46</b>	<b>1,9</b>	<b>1,46</b>
<b>Índice de Shannon (H')</b>	<b>3,11</b>	<b>2,81</b>	<b>2,86</b>	<b>2,99</b>	<b>2,85</b>

Fuente Biontessori, 2024

Tabla 11

**Servicios Ecosistémicos de cuatro especies de Mangle (*R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus*), en un relicto de 250 m<sup>2</sup>, en el Parque Espíritu del Manglar. Estos valores han sido calculados a partir de mediciones de DAP en campo, y posterior**

Especies	Captura de Carbón (Kg)	Escurrimiento		Oxígeno Producido (Kg/año)	Captura de CO <sub>2</sub> (kg/año)	Eliminación de la contaminación (g/año)
		evitado (m <sup>3</sup> /año)	Almacenamiento de carbono (Kg)			
<i>Avicennia germinans</i>	22,3	0,9	327,7	59,4	81,841	711,7
<i>Conocarpus erectus</i>	21,2	2	633,5	56,9	77,804	1462,7
<i>Laguncularia racemosa</i>	45,9	2,2	463,7	121,9	168,453	1567,9
<i>Rhizophora mangle</i>	136,4	7,4	1908,6	364,3	500,588	5704,4
<b>TOTAL</b>	<b>225,8</b>	<b>12,5</b>	<b>3333,5</b>	<b>602,5</b>	<b>828,686</b>	<b>9446,7</b>

Fuente: I-Tree Eco, Compilación Biontessori, 2024



## Anexo 2

Imágenes Fotográficas, Capturas de Pantalla y Recortes de Prensa asociados al proyecto.

The screenshot shows the GLOBE Advanced Data Access Tool interface. The page title is "THE GLOBE PROGRAM Advanced Data Access Tool". The interface includes a navigation bar with "Sign Out" and "Seleccionar idioma". Below the navigation bar, there are buttons for "Apply Filter", "Clear", "Load", and "Save", along with the text "Data Last Updated: 2024-09-21".

The main content area displays "39 Sites Found" and includes a table of site data. The table has columns for "School Name", "Site Name", "Latitude", "Longitude", and "Elevation". The table is filtered to show sites with "Biometry - Trees" and "Biometry - Tree Heights" protocols. The table shows 39 rows of data, all of which are checked.

The table data is as follows:

Site Name	Site Name	Latitude	Longitude	Elevation
18PVS411518	18PVS411518	10.4191	-75.53813	4.5
18PVS408513	18PVS408513	10.41457	-75.54086	6.9
18PVS409513	18PVS409513	10.41457	-75.53995	8.3
18PVS411517	18PVS411517	10.41819	-75.53813	4.3
18PVS412517	18PVS412517	10.4182	-75.53721	3.6
18PVS407510	18PVS407510	10.41886	-75.54177	3.9
18PVS355486	18PVS355486	10.39007	-75.58923	-3.1
18PVS405511	18PVS405511	10.41278	-75.5436	2
18PVS405514	18PVS405514	10.41547	-75.5436	2.8
18PVS405513	18PVS405513	10.41457	-75.5436	3.6
18PVS406514	18PVS406514	10.41547	-75.54269	3.4
18PVS404515	18PVS404515	10.41547	-75.54452	0
18PVS404514	18PVS404514	10.41547	-75.54452	0.8
18PVS405515	18PVS405515	10.41638	-75.5436	0.7
18PVS404512	18PVS404512	10.41366	-75.54451	0.3
18PVS508687	18PVS508687	10.57208	-75.44973	28.6
18PVS405512	18PVS405512	10.41366	-75.5436	0.9

Captura de Pantalla 1. Filtro Protocolo Biometrías de Árboles con y sin imágenes.





Captura de Pantalla 3. Dataset con los 750 registros descargados desde el repositorio de GLOBE usando el sistema avanzado de acceso a datos.



Imagen 1. Caminos adoquinados dentro del Parque. Estos son terrenos que hasta el año pasado estaban cubiertos por bosques de Mangle. Foto: JFRestrepo, 2024





Imagen 2. Relicto de Mangle de 250 m2 de área, irregular. Tal y como estaba antes de la intervención. Foto: JFRestrepo, 2024



Imagen 3. Taller impartido a los estudiantes de Biontessori en el uso de la suite i-tree, Parque Román, 31 de agosto de 2024. Foto: JRestrepo, 2024





Imagen 5. Así luce el Parque Espíritu del Manglar hoy en día. Se pueden apreciar los espacios que se entresacaron del Bosque de Manglar. Al fondo, espacios de juegos para niños. Foto: JFRestrepo, 2024



Imagen 6. Todavía se aprecian evidencias de la tala del manglar. Foto: JFRestrepo, 2024.





Imagen 7. El Biólogo Aquiles Meza, funcionario del Establecimiento Público Ambiental de Cartagena – EPA, que nos acompañó durante la salida de campo, y que además nos proporcionó invaluable información sobre listas de especies de árboles presentes en el parque, y Arianna Castro Caleño (8°) grabando la explicación. Foto: JFRestrepo, 2024.

MULTIMEDIA

## Conoce lo mejor de Cartagena en el Parque Espiritu del Manglar

El Parque Espiritu del Manglar ofrece actividades para todas las edades, desde kayak hasta zonas infantiles y culturales, a solo cinco minutos del Centro Histórico.



El Parque Espiritu del Manglar está abierto para todo público. (Foto: Diego Alonso Rosales Negrete - Ecoarte CD)

Diego Alonso Rosales Negrete, Juan Sebastián Ramos 20:40G 2024 - 11:17 AM

Compartir



Cartagena de Indias es una ciudad conocida por su historia, su cultura y su sabor, plasmados en su Centro Histórico, las playas que adornan su costa y la gastronomía que caracteriza a su gente, pero en medio de todo esto se encuentra el Parque Espiritu del Manglar, un paraíso natural que es solo una muestra más de la variada oferta turística de la ciudad. [También te puede interesar: Así va Cartagena si la campaña que se tomó a la ciudad](#)

Te puede interesar:

Video: Las veces que La Gorda Fabiola estuvo cerca de la muerte



**Pilatus PC-12 for Sale**

Veteran



Recorte de Prensa 1. El Universal de Cartagena, 2024. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.co/multimedia/2024/08/20/conoce-lo-mejor-de-cartagena-en-el-parque-espiritu-del-manglar/> el 21 de septiembre de 2024

CARTAGENA

### Todo listo para la reapertura del Parque Espiritu del Manglar

El parque reabrirá sus puertas al público este viernes 26 de julio tras haber sido recuperado por la Alcaldía de Cartagena.



REDACCIÓN CARTAGENA 25.07.2024 - 09:26:09

Parque Espiritu del Manglar. J. Correda

Comparte Este viernes 26 de julio el Parque Espiritu del Manglar, ubicado en Chimbacú, volverá a abrir sus puertas a cartageneros y visitantes, quienes de forma gratuita podrán disfrutar de toda la oferta de recreación, cultura, deporte y gastronomía del lugar.

Te puede interesar: ¿Transcaribe tendrá problemas por llo con el suministro de gas?

Recorte de Prensa 2. El Universal de Cartagena, 2024. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/2024/07/25/todo-listo-para-la-reapertura-del-parque-espiritu-del-manglar/> el 21 de septiembre de 2024



## **INSIGNIAS GLOBE**

### **Soy un Científico de Datos (I am a data scientist)**

Este trabajo merece la insignia de los científicos que recogen datos, pues recoge la información consignada entre 2022 y 2024 por el grupo Biontessori, alojada en la base de datos de GLOBE, usando para ello el Sistema de Acceso Avanzado de Datos. Se tabulan y se analizan. Adicionalmente, se contrastan con los datos recogidos por esta misma unidad investigativa para Nubes, Cobertura del Cielo, y parámetros fisicoquímicos como cantidad de oxígeno disuelto, nitratos, alcalinidad, pH y temperatura superficial del agua. Esta unidad investigativa incluye, además, datos de los conteos de aves, que en este caso sirven como bioindicadores de la salud de ecosistema. Los datos recogidos son analizados y además tratados con la herramienta i-Tree Canopy del US Forest Service, arrojando importante información acerca de los servicios ecosistémicos que prestan estas cubiertas vegetales urbanas, como también el impacto que la pérdida de estas ha significado en términos de Carbón procesado y secuestrado. Este es un trabajo que incorpora las imágenes satelitales, los índices de vegetación, las firmas espectrales, y los sistemas de información geográficos para el análisis de los cambios en la cobertura terrestre.

### **Trabajamos con un profesional STEM (I work with a STEM Professional)**

Este trabajo merece esta insignia, precisamente porque el trabajo se realizó conjuntamente con la representante del Servicio Forestal de los Estados Unidos, en Colombia, la Doctora María del Pilar Arroyave, quien nos instó a continuar haciendo nuestras observaciones, nos enseñó a usar la plataforma i-Tree y además nos concedió valiosos momentos con ella para discutir los resultados.

Igualmente, la Doctora Karina Sánchez, Directora del grupo de Investigación “Diseño de Procesos y Aprovechamiento de Biomasa” IDAB, con quienes nuestro grupo de Investigación tiene una alianza estratégica, y con ella y con estudiantes de pregrado estamos trabajando en el desarrollo de los índices de sostenibilidad, y



preparación “readiness”, así como en la integración de los datos que arroja el análisis de la cubiertas en dichos indicadores.

Destacar también el trabajo con el Biólogo Aquiles Meza del Establecimiento Público Ambiental EPA, con quien tuvimos la oportunidad de recibir una charla acerca de la resignificación del Parque Espíritu del Manglar, como un espacio de sensibilización a la comunidad, y quien se nos unió a la salida de campo para la toma de datos en el Parque.

## MEDIA RELEASE FORMS

### Aquiles Meza (Image 7)

 **Media Release Form**

**NASA Media Release Form for Adults**  
(Do not use for people under the age of 18)

Event name or description (reason for text, photographs, and/or video recordings):  
2023 International Virtual Science Symposium

Event date(s):  
05/01/2023

Brief description of photograph and/or video recording (if known):  
Salida de campo parque espíritu del manglar

Name of photographer or videographer (if known):  
Juan Felipe Rodriguez Meza

I, the undersigned, hereby give permission to be interviewed, photographed, and/or video-recorded by NASA or its representatives in connection with a NASA production.

I understand and agree that the text, photographs, and/or video recordings thereof, including my name, likeness, and voice, including identifying thereof, may be used in the production of instructional and promotional materials and for other purposes that NASA deems appropriate, and that such materials may be distributed to the public and displayed publicly via or more times and in different formats, including but not limited to websites, advertising, broadcasting, and other forms of communication to the public. I also understand that this permission to use the text, photographs, video-recordings, and names in such materials is not limited to those and that I will not receive any compensation for granting this permission.

I understand that NASA has no obligation to use my name, likeness, or voice in the materials it produces, but NASA reserves the right to use them. I acknowledge that I may still own such materials. I hereby waive the right to inspect or approve any such use, either in advance or following distribution or display.

I hereby conditionally release NASA and its representatives from any and all claims and demands arising out of the activities mentioned under the terms of this agreement.

By signing below, I represent that I am of legal age, have full legal capacity, and agree that I will not revoke or deny this agreement at any time.

1 of 2

---

**NASA Media Release Form for Adults**  
(continued)

Name (First and Last):  
Aquiles De Jesus Meza Arrieta

Signature:  
By signing your name below, you agree that you have read the foregoing and fully understand its contents.  


Today's Date: 05/01/2023

Address: Barrios de San Fernando II, Cartagena, Colombia

Telephone: 3228309466

Email Address: aquilesmeza@gmail.com

2 of 2



Arianna Castro (Image 7 and



**NASA Media Release for Parent and Minor**

I, Jana Marcela Caleño Sosa, am the parent/guardian/legal representative of  
*(Please print your name)*  
Arianna Sofia Castro Caleño and do hereby give permission  
*(Please print name of child)*

for the above-named minor child (hereinafter "Minor") to be interviewed, photographed and/or videotaped by NASA or its representatives. I understand and agree that the text, photographs, and/or videotapes containing the words, image and/or voice of the Minor may be used in the production of instructional and/or promotional materials produced by or on behalf of NASA (hereinafter the "Program") and that such materials may be distributed or broadcast to the public and displayed publicly. I also understand that my permission to use the text, photographs and videotapes is for an unlimited duration and that neither I nor the Minor will receive any compensation for granting this permission or for the use, if any, by NASA of the Minor's words, image and/or voice.

I acknowledge that NASA has no obligation to use the Minor's words, image or voice in connection with the Program.

I hereby unconditionally release NASA and its representatives from any and all claims and demands arising out of the activities authorized under the terms of this agreement.

By signing below, I represent that I am at least 18 years of age and am the parent/guardian/legal representative of the above-named Minor. I have read the foregoing agreement and am familiar with all of the terms and conditions thereof and I consent to its execution by the Minor. I agree that neither I nor the Minor will revoke or disaffirm the this agreement at any time.

Signature of Parent/Guardian/Legal Representative of Minor: Jana M. Calero

Relationship to Minor: Mother Date: 03/03/25

Signature of Minor: Arianna Castro

Name and Location of Event: \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_

Telephone: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_



Juliette Barrios (presentation at the 2024 Santo Domingo's Regional Meeting)



**NASA Media Release for Parent and Minor**

I, MARIA RIVERO, am the parent/guardian/legal representative of  
*(Please print your name)*

JULIETTE BARRIOS RIVERO and do hereby give permission  
*(Please print name of child)*

for the above-named minor child (hereinafter "Minor") to be interviewed, photographed and/or videotaped by NASA or its representatives. I understand and agree that the text, photographs, and/or videotapes containing the words, image and/or voice of the Minor may be used in the production of instructional and/or promotional materials produced by or on behalf of NASA (hereinafter the "Program") and that such materials may be distributed or broadcast to the public and displayed publicly. I also understand that my permission to use the text, photographs and videotapes is for an unlimited duration and that neither I nor the Minor will receive any compensation for granting this permission or for the use, if any, by NASA of the Minor's words, image and/or voice.

I acknowledge that NASA has no obligation to use the Minor's words, image or voice in connection with the Program.

I hereby unconditionally release NASA and its representatives from any and all claims and demands arising out of the activities authorized under the terms of this agreement.

By signing below, I represent that I am at least 18 years of age and am the parent/guardian/legal representative of the above-named Minor. I have read the foregoing agreement and am familiar with all of the terms and conditions thereof and I consent to its execution by the Minor. I agree that neither I nor the Minor will revoke or disaffirm this agreement at any time.

Signature of Parent/Guardian/Legal Representative of Minor: 

Relationship to Minor: MOTHER Date: 03-03-2025

Signature of Minor: \_\_\_\_\_

Name and Location of Event: International Science Symposium - 2025

Address: Cll 28 # 20-36 Edif. BAMBÚ 320

Telephone: 3506225397

Email: marythrivrob@gmail.com