



**ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL JARDÍN  
BOTÁNICO DE BARRANQUILLA, ARMANDO DUGAND GNECCO DURANTE LOS  
ÚLTIMOS 24 AÑOS.**

**LINA MARCELA ARAGÓN BARRIOS**

**DANIELA ZHAREE SALAS POTE**

**Corporación Universitaria Reformada**

**Facultad de Ingeniería**

**Barranquilla-Atlántico**

**2025**

**ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL JARDÍN  
BOTÁNICO DE BARRANQUILLA, ARMANDO DUGAND GNECCO DURANTE LOS  
ÚLTIMOS 24 AÑOS.**

**ESTUDIANTES:**

**LINA MARCELA ARAGÓN BARRIOS**

**DANIELA ZHAREE SALAS POTE**

**Investigación presentada como requisito para optar por el título de Ingeniera Ambiental**

**Tutora:**

**Ruth Yesenia Escorcía Gamarra**

**Cotutora:**

**Martha Mendoza**

**Corporación Universitaria Reformada Departamento de Ingeniería**

**Barranquilla – Atlántico**

**2025**

---

---

---

---

---

**Nota de aceptación**

---

**Firma del Jurado 1**

---

**Firma del Jurado 2**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y darme la fortaleza necesaria para superar cada desafío.

A mis padres, Mónica Barrios y Eguis Aragón, por su amor, valores y enseñanzas, que han sido la base de todo lo que soy.

Y también me lo dedico a mí, porque este resultado es el fruto de mi esfuerzo, disciplina y perseverancia.

*Lina Marcela Aragón Barrios.*

Dedico este trabajo a mis amados padres Dacar y Elena, por su apoyo incondicional y por cada uno de los esfuerzos que han hecho para que lograra alcanzar cada una de mis metas, su fe en mis capacidades me ha dado la confianza necesaria para superar cada obstáculo y alcanzar este logro tan importante, este trabajo es el reflejo de su amor y dedicación, sin ustedes nada de esto hubiese sido posible.

*Daniela Zharee Salas Pote.*

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a Dios, quien con su amor, fortaleza y compañía me permitió llegar hasta esta etapa de mi vida y culminar exitosamente mi carrera profesional.

A mi familia, gracias por su apoyo incondicional y por creer en mí incluso en los momentos en los que yo misma dudaba.

A mis amigas Karen Narváez, Glendys Gámez y Daniela Salas, gracias por acompañarme, por hacer más ligero este camino y recordarme siempre mi valor.

A mi querida profesora y tutora, Ruth Escorcía, gracias por su orientación, paciencia y compromiso, fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

Y a todos mis profesores, gracias por ser guía constante y formarme con dedicación y entrega durante este proceso.

***Lina Marcela Aragón Barrios.***

Agradezco a Dios, por concederme la oportunidad de cumplir uno de los sueños más importantes de mi vida y por darme la fortaleza y sabiduría para continuar en cada paso del camino.

A mis padres y hermanos por el amor incondicional que me brindan, por su apoyo constante y por todo lo que han hecho para que hoy sea la mujer que soy.

A mis amigas y hermanas, gracias por coincidir conmigo en este maravilloso camino, por su amistad sincera y por ser parte de esta etapa tan especial de mi vida.

A mi profesora Ruth Escorcía por la paciencia con la que me enseñó y acompañó durante el proceso.

***Daniela Zharee Salas Pote.***

# Contenido

1	Resumen.....	10
2	Abstract.....	11
3	Introducción .....	12
4	Planteamiento del problema .....	14
5	Justificación .....	16
6	Objetivos .....	17
6.1	Objetivo General .....	17
6.2	Objetivos Específicos .....	17
7	Marco referencial .....	18
7.1	Estado Del Arte.....	18
7.2	Marco Legal:.....	25
7.3	Marco teórico.....	26
7.3.1	Ecosistemas urbanos y servicios ecosistémicos.....	26
7.3.2	Presión antrópica e invasión en áreas verdes urbanas .....	26
7.3.3	Restauración ecológica en contextos urbanos.....	27
7.3.4	Conservación participativa y educación ambiental.....	27
7.3.5	La influencia de la sociedad en los espacios verdes urbanos .....	28
7.3.6	Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la gestión ambiental .....	28
7.3.7	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). .....	29
8	Metodología .....	31
8.1	Tipo de investigación.....	31
8.2	Área de estudio .....	31
8.3	Diseño metodológico y procedimientos .....	33
8.4	Instrumento de recolección de datos .....	35
9	Resultados y discusión.....	36
9.1	Procesamiento y análisis de las imágenes satelitales.....	36
9.1.1	Análisis visual cualitativo .....	36
9.1.2	Procesamiento digital de imágenes .....	38
9.1.3	Cambios en la cobertura vegetal (2000–2024).....	39
9.1.4	Identificación de zonas críticas .....	41
9.1.5	Validación mediante trabajo de campo .....	42
9.1.6	Factores de degradación identificados .....	48
9.1.7	Implicaciones ecológicas y de gestión .....	48
9.2	Percepción ciudadana .....	49
9.3	Estrategias.....	59

9.3.1	Estrategias de restauración ecológica.....	59
9.3.2	Gestión del riesgo y control de especies invasoras. ....	60
9.3.3	Participación ciudadana.....	60
10	Conclusiones.....	62
11	Recomendaciones .....	63
12	Anexos .....	64
12.1	Anexo 1. Encuesta de percepción.....	64
12.2	Anexo 2. Evidencias fotografías de aplicación de encuestas.....	66
13	Referencias Bibliográficas.....	67

## Lista de Tablas y Figuras

### Tablas

<b>Tabla 1.</b> Marco Legal .....	25
<b>Tabla 2.</b> Bandas Satelitales .....	33
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de valores NDVI .....	39
<b>Tabla 4.</b> Árboles del Jardín Botánico Armando Dungand Gnecco.....	45

## **Figuras**

<b>Figura 1.</b> Ubicación del Jardín Bótanico de Barranquilla.....	32
<b>Figura 2.</b> Interfaz gráfica de QGIS en SCP.....	34
<b>Figura 3.</b> Imágenes Google Earth Pro. Año 2000 y 2024 respectivamente .....	36
<b>Figura 4.</b> Imagen resultante de análisis NDVI y tabla de atributos .....	40
<b>Figura 5.</b> Validación de los datos en campo .....	42
<b>Figura 6.</b> Ejemplares de ceiba pentandra (Ceiba blanca) y Terminalia catappa (Almendro) en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco .....	43
<b>Figura 7.</b> Medición del DAP de árboles de mayor parte .....	44
<b>Figura 8.</b> Número de individuos por especies.....	46
<b>Figura 9.</b> Localización geográfica de los individuos arbóreos con DAP mayor a 47.7cm .....	47
<b>Figura 10.</b> Especie arbórea del Jardín Botánico.....	48
<b>Figura 11.</b> Pregunta número 1.....	49
<b>Figura 12.</b> Pregunta número 2.....	50
<b>Figura 13.</b> Pregunta número 3.....	51
<b>Figura 14.</b> Pregunta número 4.....	51
<b>Figura 15.</b> Pregunta número 5.....	52
<b>Figura 16.</b> Pregunta número 6.....	53
<b>Figura 17.</b> Pregunta número 7.....	54
<b>Figura 18.</b> Pregunta número 8.....	56
<b>Figura 19.</b> Pregunta número 9.....	57
<b>Figura 20.</b> Pregunta número 10.....	58

## 1 Resumen

Esta investigación se basó en el análisis de la cobertura vegetal del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco durante los últimos 24 años. Para ello, se utilizaron imágenes satelitales Landsat 8 correspondientes a los años 2000 y 2024, descargadas desde la plataforma USGS Earth Explorer. La metodología aplicada tuvo un enfoque mixto, integrando herramientas cuantitativas y cualitativas. En la parte cuantitativa se empleó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), con el fin de identificar y evaluar los cambios de la cobertura vegetal en el área de estudio. Paralelamente, se realizaron recorridos de campo para validar los resultados obtenidos y comprender de manera directa a las condiciones del terreno. Adicionalmente, se aplicaron encuestas de percepción a la comunidad aledaña, permitiendo identificar las causas sociales relacionadas a la pérdida y transformación de la cobertura vegetal.

Los resultados evidencian una variación significativa en la cobertura vegetal con respecto al año 2000, observándose una disminución del vigor vegetal en sectores específicos del jardín, asociadas principalmente a factores antrópicos como la compactación del suelo, el tránsito peatonal, actividades recreativas, no controladas y la falta de vigilancia. Sin embargo, también se identificaron áreas donde aún permanecen especies nativas de gran importancia ecológica, lo cual representa un potencial para la recuperación y conservación del espacio.

Palabras Clave: Cobertura vegetal, NDVI, análisis multitemporal, conservación, SIG.

## 2 Abstract

This research was based on the analysis of the vegetation cover of the Armando Dugand Gnecco Botanical Garden during the last 24 years. For this, Landsat 8 satellite images corresponding to the years 2000 and 2024, downloaded from the USGS Earth Explorer platform, were used. The applied methodology had a mixed approach, integrating quantitative and qualitative tools. In the quantitative part, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used, in order to identify and evaluate changes in vegetation cover in the study area. At the same time, field tours were carried out to validate the results obtained and directly understand the conditions of the land. Additionally, perception surveys were applied to the surrounding community, allowing to know the social causes related to the loss of vegetation transformation.

The results show a significant variation in vegetation cover compared to the year 2000, observing a decrease in plant vigor in specific sectors of the garden, mainly associated with anthropogenic factors such as soil compaction, pedestrian traffic, recreational activities, uncontrolled and lack of surveillance. However, areas were also identified where native species of great ecological importance still remain, which represents a potential for the recovery and conservation of the space.

Keywords: Vegetation cover, NDVI, multi-temporal analysis, conservation, GIS.

### 3 Introducción

La cobertura vegetal desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la calidad ambiental y el bienestar de la población, al participar en procesos ecológicos tales como: la regulación del microclima urbano, la retención de humedad, la protección del suelo frente a problemas de erosión, la reducción de la contaminación atmosférica, y el soporte para la biodiversidad. Su presencia y distribución constituyen un indicador del equilibrio ecológico y del estado de conservación de un territorio. Considerando lo anterior, las variaciones frente a la pérdida o ganancia influyen de manera directa en la estabilidad de los ecosistemas urbanos (CPA Ingeniería, 2017).

En las últimas décadas, los procesos de urbanización acelerada, el cambio en el uso del suelo y las variaciones climáticas han presentado cambios en la cobertura vegetal en diferentes regiones del país. No obstante, estas modificaciones no siempre representan pérdidas totales, sino que también pueden reflejar procesos de recuperación, revegetación o restauración de ecosistemas urbanos. Analizar estos cambios en la cobertura vegetal permite evaluar el estado ambiental de un territorio, identificar las áreas en deterioro o regeneración, así como orientar acciones de gestión sostenibles (Monserratt et al., 2023)

En Colombia, el monitoreo de cobertura vegetal ha adquirido mayor relevancia debido a la diversidad de ecosistemas presentes y a las presiones derivadas de las actividades humanas. En este sentido, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia y los institutos de investigación ambiental, presentó el primer Mapa de Vegetación Natural en Colombia, una herramienta científica basada en información satelital consolidada cerca de 4.000 inventarios registrados sobre la vegetación natural del país.

Esta herramienta científica ha permitido conocer el estado actual de la vegetación, identificar los efectos de transformación del medio natural y ha apoyado en la implementación de estrategias de conservación, restauración y planificación sostenible. El desarrollo de este tipo de instrumentos tecnológicos evidencia los avances institucionales en el monitoreo ambiental, y resalta la importancia de aplicar herramientas de teledetección y análisis espacial para fortalecer la toma de decisiones y la gestión integral del territorio (Minambiente, 2022).

Dentro de este panorama, el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco, ubicado en la ciudad de Barranquilla, representa un espacio natural de gran valor ecológico, educativo y social, que actúa como pulmón verde y refugio de especies nativas en medio del entorno urbano. Este lugar fue declarado un ecosistema urbano de gran importancia ecológica y ambiental, en reconocimiento a su función en la conservación de biodiversidad y a la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la ciudad de Barranquilla (Alcaldía de Barranquilla, 2018)

No obstante, hasta el momento no se cuenta con información técnica actualizada sobre la evolución de la cobertura vegetal. De acuerdo con esto, realizar esta investigación nos ayudará a evaluar los cambios y transformaciones que se han presentado durante los últimos 24 años.

#### **4 Planteamiento del problema**

Los cambios en la cobertura vegetal responden a las dinámicas propias del paisaje y evidencian el resultado de la interacción constante entre los ecosistemas y las comunidades humanas que los habitan. Las actividades antropogénicas como la expansión de la frontera agrícola, el cambio en el uso del suelo y el crecimiento urbano, transforman de manera continua los ecosistemas naturales y urbanos, afectando sus servicios ambientales esenciales. Asimismo, modifican las relaciones ecológicas de los bosques y demás ecosistemas, generando alteraciones significativas en la estructura y funcionalidad del territorio (Nieto et al., 2016)

No obstante, estas transformaciones han sido objeto de seguimiento por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), a través del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBByC), el cual genera información continua y actualizada sobre la superficie boscosa, las coberturas naturales y los procesos de transformación vegetal. Este sistema, además, facilita el análisis de los cambios en la vegetación, contribuyendo al fortalecimiento de las estrategias de conservación y al control integral de los ecosistemas a nivel nacional (APC-Colombia, 2021).

A pesar de los avances en el monitoreo nacional, la aplicación de estas herramientas tecnológicas en la ciudad de Barranquilla es muy limitada, lo que dificulta la evaluación detallada de los patrones de cambio de cobertura de vegetal en esta área específica.

Por otro lado, el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco enfrenta múltiples presiones derivadas de factores sociales y ambientales, como la inseguridad, el ingreso no autorizado de personas, el arrojamiento de residuos por parte de vecinos del sector, falta de iluminación y el bajo control institucional, los cuales han afectado de manera directa la integridad ecológica del lugar.

Por tanto, se hace necesario realizar un análisis de cobertura vegetal del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco, mediante la implementación de herramientas de Sistemas Información Geográfica, que permita identificar los cambios ocurridos durante los últimos 24 años.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación busca dar respuesta a la siguiente pregunta problema: ¿Cuáles han sido las variaciones de cobertura vegetal en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco en los últimos 24 años y como pueden contribuir las herramientas de Sistemas de Información Geográfica?

## 5 Justificación

El análisis de la cobertura vegetal urbana constituye una herramienta esencial para el desarrollo sostenible de las ciudades, ya que permite comprender las transformaciones y dinámicas ecológicas de los ecosistemas y los territorios. En la ciudad Barranquilla, contar con información detallada sobre la cobertura vegetal del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco resulta fundamental para orientar estrategias de conservación, restauración y planificación ambiental.

La identificación y evaluación de las coberturas vegetales a partir de datos obtenidos mediante sensores satelitales se ha convertido en una de las principales aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que esta es una herramienta clave que facilita la detección de los cambios asociados al uso de cobertura vegetal, permitiendo determinar las modificaciones asociadas con propiedades de uso y cobertura del suelo (Gil Leguizamón & Morales Puentes, 2016).

La investigación se centra en analizar los cambios de cobertura vegetal en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco entre los años 2000 y 2024, combinando el análisis de imágenes satelitales con la percepción de la comunidad para comprender las causas y efectos de dichas transformaciones. Este enfoque integrador busca vincular la información técnica con la realidad social del entorno, promoviendo propuestas de conservación urbana que surjan del conocimiento local y los resultados obtenidos.

Por otro lado, esta investigación busca servir como herramienta de sensibilización sobre la importancia de la cobertura vegetal urbana y su relación directa con la calidad de vida de los habitantes. Desde el punto de vista metodológico, fortalece la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión ambiental urbana, aportando un modelo replicable para futuros estudios sobre cobertura vegetal en contextos urbanos.

## **6 Objetivos**

### **6.1 Objetivo General**

Analizar la cobertura vegetal en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco durante los últimos 24 años, con el fin de proponer estrategias de conservación urbana.

### **6.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los cambios en la cobertura vegetal del Jardín Botánico entre los años 2000 y 2024, utilizando imágenes satelitales y herramientas de análisis del paisaje.
- Determinar la percepción de la comunidad sobre las áreas afectadas por pérdida o ganancia de vegetación y las principales causas del cambio de cobertura.
- Proponer estrategias de conservación participativa, basadas en los resultados del análisis y el contexto socioambiental del área.

## 7 Marco referencial

### 7.1 Estado Del Arte

Cayambe Yánez & Simancas Quizhpe (2020), en su investigación titulada Estudio de cobertura vegetal mediante SIG para formulación de medidas de recuperación de espacios degradados en la cuenca alta del río Jubones, aplicaron el índice NDVI para evaluar el estado de salud de la vegetación. Mediante el uso de herramientas SIG, generaron un mapa temático que clasificó las zonas según la densidad y vitalidad de la cobertura vegetal. Esta clasificación permitió identificar áreas con vegetación degradada o ausente, recomendando su intervención con medidas de remediación ambiental. Este estudio destaca cómo el análisis de imágenes satelitales y el uso del NDVI pueden apoyar la planificación ambiental y la recuperación de ecosistemas deteriorados.

Subia Tito (2020), en su investigación titulada Análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso de suelos en el Parque Nacional Bahuaja Sonene y su zona de amortiguamiento, tuvo como objetivo identificar las transformaciones en la cobertura vegetal y el uso del suelo durante el periodo 1984-2018. Para ello, empleó imágenes satelitales Landsat y herramientas de procesamiento geoespacial mediante Google Earth Engine, utilizando una clasificación basada en Random Forest y el análisis de índices de vegetación. Los resultados evidenciaron que, dentro del Parque Nacional, los cambios en la cobertura vegetal fueron reducidos y asociados principalmente a procesos de sucesión vegetal; sin embargo, en la zona de amortiguamiento se observó un incremento significativo de áreas agrícolas a partir del año 2010. Este comportamiento indica una mayor presión antrópica en las zonas periféricas, lo que puede comprometer la integridad ecológica del área protegida y resalta la necesidad de fortalecer estrategias de gestión y control territorial.

Monroy Hernández 2022, en su artículo titulado *Application and Evaluation of a Deep Learning Architecture to Urban Tree Canopy Mapping*, realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la precisión de un modelo de aprendizaje profundo (U-Net) para mapear la cobertura arbórea en entornos urbanos. Utilizaron imágenes aéreas de alta resolución (8 cm, 16 cm y 32 cm) y entrenaron un modelo U-Net para segmentar automáticamente la copa de los árboles urbanos. La metodología incluyó la comparación del rendimiento del modelo frente a enfoques tradicionales de clasificación, usando métricas de precisión y coeficiente de similitud (Dice). Los resultados indicaron que la arquitectura U-Net alcanzó una precisión superior al 99 % en resoluciones altas, mostrando gran eficacia para la cartografía urbana de vegetación. El estudio resalta el potencial de las técnicas de aprendizaje profundo para generar mapas detallados y actualizados de cobertura vegetal en ciudades densamente construidas.

Monroy Hernández (2022), en su artículo titulado *Transformación del paisaje y pérdida del servicio ecosistémico de regulación hídrica en cuencas urbanas. Casos microcuencas Tintal y Torca en la ciudad de Bogotá, Colombia*, tuvo como objetivo analizar los efectos del cambio de cobertura del suelo en el servicio ecosistémico de regulación hídrica en dos microcuencas urbanas. Para ello, implementó una metodología basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multitemporal de coberturas del suelo, lo cual permitió identificar la transformación del paisaje durante distintos períodos. Los resultados mostraron una pérdida progresiva de cobertura vegetal y un aumento en las áreas impermeables, lo que generó una reducción de la capacidad de infiltración del suelo y un deterioro en la funcionalidad hídrica del territorio.

Segura Gil & Guerra Valle (2023), en su artículo titulado Dinámicas de las coberturas de bosques del Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas, a partir de estudios multitemporales mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), realizaron un estudio con el objetivo de analizar los cambios en la cobertura boscosa del área protegida entre los años 2002 y 2022. Para ello, utilizaron imágenes satelitales Landsat y herramientas SIG para evaluar las transformaciones del paisaje, clasificando las coberturas mediante análisis multitemporal. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de las áreas boscosas en ciertas zonas del parque, atribuidas principalmente a actividades antrópicas como la ganadería extensiva y cultivos ilícitos. El estudio también identificó áreas con procesos incipientes de regeneración natural.

Argel Fernández (2022), en su artículo titulado Análisis multitemporal del paisaje en municipios con remanentes de bosque seco tropical en la franja noroeste de los departamentos de Córdoba y Sucre, Colombia (1985–2020), tuvo como objetivo analizar los cambios en el paisaje asociados a la pérdida y fragmentación del bosque seco tropical en los municipios de Canalete, San Pedro de Urabá, Los Córdoba, Puerto Escondido y Moñitos. Para ello, implementó una metodología basada en el análisis multitemporal de imágenes satelitales Landsat y la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para identificar coberturas vegetales y su evolución espacial durante el periodo de estudio. Los resultados evidenciaron una reducción progresiva del bosque seco tropical, con un aumento significativo de coberturas de uso agropecuario, lo cual refleja una transformación profunda del paisaje natural.

Rodríguez & Chaucanes Tello (2023), en su estudio titulado "Propuesta de identificación de zonas aptas para cultivos en el Municipio de Puracé utilizando análisis con sistema de información geográfica y metodología multicriterio", tuvieron como objetivo identificar áreas aptas para cultivos y zonas de conservación en Puracé, Cauca. Utilizando una metodología

cuantitativa que incorporó Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un análisis multicriterio, integraron datos sobre clima, suelo, y restricciones ambientales. Los resultados identificaron zonas con alto potencial agrícola y áreas que deben ser preservadas para conservación y agroforestería.

Rocha López & Ordóñez Méndez (2023), en el artículo titulado aplicación de SIG para el análisis de la pérdida de la cobertura vegetal asociada a humedales por actividades antropogénicas en la Amazonia Colombiana el cual tiene como objetivo determinar la pérdida de la cobertura vegetal asociada a humedales por actividades antropogénicas en el municipio de Puerto Asís Putumayo, a partir del uso de sistemas de información geográfica (SIG) utilizando una metodología basada en la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección lo cual permitió identificar y cuantificar la pérdida de cobertura vegetal en los humedales mediante el análisis y los geo procesos realizados en SIG apoyando con la capas vectoriales que existen del área de estudio. Como resultado se conoció que las áreas más afectadas por la deforestación y los factores que lo están impulsando entre estos; la expansión de la frontera agrícola, la ganadería extensiva y la extracción de recursos naturales.

Figuerola Uribe & Rivera Moreno (2024), en su estudio titulado Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el recinto Sarapullo, cantón Mejía, tuvieron como objetivo analizar la dinámica de la cobertura vegetal y las transformaciones en el uso del suelo durante el periodo 2017-2022. Para ello, emplearon imágenes satelitales y análisis multitemporal, lo que permitió identificar variaciones en las categorías de uso y establecer tendencias de cambio en el territorio. Los resultados mostraron un incremento en las áreas sin cobertura vegetal y en las zonas antrópicas, así como una disminución en superficies destinadas a actividades agropecuarias. A su vez, se registró un incremento notable en áreas boscosas, lo que

sugiere procesos simultáneos de degradación y recuperación vegetal. Estos hallazgos reflejan la influencia de prácticas humanas sobre la configuración del paisaje y señalan la importancia de una gestión sostenible para la conservación de la vegetación local.

Paniagua-Villada et al., (2024), en el artículo titulado *Built vs. Green cover: an unequal struggle for urban space in Medellín (Colombia)*, desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue analizar los cambios en la cobertura construida y la cobertura verde en el Valle de Aburrá durante las últimas dos décadas. Para ello, aplicaron técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales Sentinel-2 y herramientas SIG en la plataforma Google Earth Engine, lo que permitió realizar un análisis multitemporal de la expansión urbana y la transformación del paisaje vegetal. Los resultados evidenciaron una marcada pérdida de cobertura verde, especialmente en sectores con mayor presión inmobiliaria, lo cual genera desequilibrio ambiental y compromete la calidad de vida urbana. Este estudio se relaciona directamente con la presente investigación, ya que demuestra cómo el análisis multitemporal de imágenes satelitales puede identificar patrones de pérdida de vegetación en entornos urbanos, aportando insumos técnicos clave para el diseño de estrategias de restauración ecológica.

Carranza Callardos & Tasilla Montalvan (2020), en su investigación titulada *Pérdida de cobertura vegetal en el distrito de Morales, San Martín, Perú (periodo 1987–2017)*, tuvo como objetivo analizar los cambios en la cobertura vegetal a lo largo de tres décadas. Para ello, emplearon un análisis multitemporal de imágenes satelitales mediante clasificación supervisada en ArcGIS, evaluando la variación de coberturas en los periodos 1987–1997, 1997–2007 y 2007–2017. Los resultados evidenciaron una disminución progresiva de la cobertura vegetal, con mayores pérdidas durante la primera década analizada, las cuales se asociaron principalmente al crecimiento demográfico y a la expansión de actividades humanas sobre el territorio.

Este estudio demuestra cómo la presión antrópica sostenida puede transformar la estructura del paisaje y reducir la disponibilidad de servicios ecosistémicos, situación que también es observable en espacios verdes urbanos cuando no se implementan estrategias de manejo y conservación adecuadas.

Alvarado Brito & Mainato Mayancela (2021), realizaron un análisis multitemporal de la cobertura vegetal y los cambios en el uso del suelo en el cantón Chunchi durante un periodo de veinte años, empleando imágenes Landsat de 2000, 2010 y 2020 procesadas mediante sistemas de información geográfica. Los autores identificaron un incremento en las áreas descubiertas y zonas antrópicas, acompañado de una disminución significativa de coberturas vegetativas y arbustivas, lo cual asociaron al aumento de actividades agropecuarias y a la presión humana sobre el territorio. Estos resultados evidencian cómo la intervención antrópica sostenida puede ocasionar procesos de degradación y transformación del paisaje, un fenómeno que también se presenta en contextos urbanos donde la cobertura vegetal se encuentra en retroceso.

Montoya Rojas (2020), en su estudio titulado Análisis Multitemporal de Cambio de Uso del Suelo y Cobertura Vegetal en el Área de Conservación Privada Bosques de Palmeras, Ocol - Amazonas (1987-2017), tuvo como objetivo analizar las transformaciones en el uso del suelo y la cobertura vegetal durante un periodo de treinta años. Para ello, se utilizaron imágenes satelitales procesadas mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permitió identificar la evolución de las coberturas y calcular las tasas de cambio en distintos intervalos temporales. Los resultados evidenciaron una pérdida significativa de superficie de bosque, acompañada de un incremento progresivo de áreas destinadas a pastos y cultivos, así como una ligera expansión de zonas artificializadas.

Este comportamiento pone de manifiesto la presión antrópica como principal factor de transformación del paisaje y reducción de la cobertura vegetal original.

Anqi et al., (2025), en su artículo titulado *Multi-temporal analysis of urban vegetation using deep learning and 3D reconstruction*, desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue analizar los cambios en la vegetación urbana a lo largo del tiempo, empleando tecnologías de visión computacional y reconstrucción tridimensional. Para ello, implementaron el índice S3PVI (Season-Specific Street-view Plant Visibility Index), que permite medir de manera detallada la visibilidad y variación estacional de la vegetación a partir de imágenes panorámicas urbanas. La metodología combinó redes neuronales profundas con modelos 3D generados desde imágenes callejeras, lo cual permitió cuantificar la dinámica del verdor urbano por especie y temporada. Los resultados evidenciaron que esta técnica mejora la precisión en el monitoreo de vegetación en entornos urbanos, especialmente en áreas densamente edificadas.

## 7.2 Marco Legal:

El presente marco legal constituye las principales normativas ambientales que sustentan y orientan el desarrollo del proyecto. A continuación, se describen las disposiciones más relevantes aplicables al contexto de la investigación.

**Tabla 1.**

*Marco legal*

NORMA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Ley 23 de 1973	CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	Mediante esta ley se prioriza evitar o prevenir que se presente contaminación ambiental y así mismo frente a los recursos naturales renovables establece buscar la debida preservación de estos mismos.
Ley 99 de 1993	CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	Preservar y cuidar de la biodiversidad del territorio colombiano es parte esencial y esto se debe a que la biodiversidad es de carácter prioritario por todos los factores benéficos que representa.
Decreto 622 de 1977	EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.	Mediante el cual se establecen los Parques Nacionales Naturales como sitios prioritarios para la preservación de la fauna y flora representativo del territorio en el que se encuentre establecido.
DECRETO 2811 DE 1974	PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.	Se establece que el cuidado de los recursos naturales renovables es un compromiso que involucra todas las partes interesadas, es decir lo plantea como un interés social y por el cual se deben tener obligaciones para su preservación.

### **7.3 Marco teórico**

#### **7.3.1 Ecosistemas urbanos y servicios ecosistémicos**

Los ecosistemas urbanos son áreas en donde ocurre una interacción entre poblaciones de especies de fauna y flora y la población humana, en mayor parte la estructura general de estos ecosistemas especialmente el paisaje está influido por acciones de terceros, es decir por intervención humana (CONABIO, 2023).

Los ecosistemas urbanos desempeñan un papel significativo al ofrecer diversos beneficios, denominados como servicios ecosistémicos, los cuales abarcan servicios de aprovisionamiento, regulación, culturales y de soporte. Estos servicios son esenciales para la calidad de vida humana, lo que les confiere un gran valor y así mismo resalta la importancia de salvaguardar y conservar estos entornos. De este modo resulta siendo clave que el vínculo entre las poblaciones humanas y los ecosistemas urbanos sea gestionado de manera responsable, ya que los beneficios que brindan son fundamentales para el progreso y el bienestar de las ciudades (Ramon Revilla, 2016).

#### **7.3.2 Presión antrópica e invasión en áreas verdes urbanas**

La presión antrópica en espacios naturales urbanos se refiere al conjunto de impactos directos o indirectos ejercidos por las personas sobre el medio ambiente. esta presión se materializa en la invasión de individuos sin autorización, actividades ilícitas, extracción de recursos vegetales y acumulación de residuos sólidos, lo que permite que se desencadene una progresiva degradación de la cobertura vegetal y la mortalidad de especies vegetales (Granda Arboleda et al., 2021).

### **7.3.3 Restauración ecológica en contextos urbanos**

La restauración ecológica urbana se centra en la recuperación y rehabilitación de ecosistemas que han sido degradados dentro de las ciudades, con el propósito de restablecer las funciones ecológicas y los servicios ambientales que estos proporcionan a la sociedad. Debido a que los ecosistemas urbanos actualmente tienden a presentar transformaciones desencadenado por las actividades humanas como la expansión de infraestructuras, la contaminación y la fragmentación de hábitats, su restauración requiere de enfoques interdisciplinarios e integrales. Estos deben incorporar dimensiones sociales, económicas y ambientales, permitiendo comprender las dinámicas propias de las ciudades y sus interacciones con la naturaleza. De esta manera, la restauración ecológica urbana no solo busca recuperar la funcionalidad ecológica de los entornos urbanos, sino también promover una relación armónica y sostenible entre las comunidades humanas y los ecosistemas que las sustentan (Macias Amaya, 2023).

### **7.3.4 Conservación participativa y educación ambiental**

La conservación participativa es un enfoque que reconoce la necesidad de involucrar activamente a las comunidades locales y a los actores sociales en los procesos de protección ambiental. En áreas verdes urbanas, la participación ciudadana es fundamental no solo para reducir prácticas dañinas, sino también para fomentar la apropiación social del territorio, la vigilancia comunitaria y la valoración del patrimonio natural (Mantos De Rojas et al., 2018).

En el caso del Jardín Botánico de Barranquilla, los procesos de conservación deben estar acompañados por programas de educación ambiental que promuevan el conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que provee el jardín, su biodiversidad y los impactos de su degradación.

La implementación de estrategias de sensibilización, talleres comunitarios y señalética interpretativa puede fortalecer la corresponsabilidad en la protección del espacio y disminuir la presión antrópica sobre su vegetación.

### **7.3.5 La influencia de la sociedad en los espacios verdes urbanos**

La relación entre la sociedad y la permanencia de los espacios verdes urbanos se refleja en la manera en que las personas se vinculan con estos espacios y en el valor que les otorgan dentro de su vida cotidiana. Cuando los habitantes reconocen los espacios verdes como lugares útiles para la recreación, el descanso, el encuentro social o el aprendizaje ambiental, se genera un sentido de pertenencia que favorece su cuidado y su defensa frente a procesos de deterioro o transformación urbana. Esta apropiación social contribuye no solo a su mantenimiento físico, sino también a la conservación de los beneficios ecológicos que ofrecen, tales como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y la provisión de hábitats para la biodiversidad. Por el contrario, cuando estos espacios no son percibidos como significativos, se reduce la participación comunitaria en su cuidado, lo que facilita el abandono, la pérdida de cobertura vegetal y la disminución de sus funciones ecológicas. En este sentido, la permanencia de los espacios verdes no depende únicamente de la gestión institucional, sino del grado de valoración y uso cotidiano que la sociedad construye en torno a ellos (Iglesias Pascual & Gómez García, 2021).

### **7.3.6 Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la gestión ambiental**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas tecnológicas que permiten recopilar, integrar, analizar y visualizar datos geoespaciales, facilitando la toma de decisiones informadas en temas de planificación y gestión ambiental.

En particular, los SIG permiten identificar patrones de cambio en el uso del suelo, monitorear la pérdida de cobertura vegetal y evaluar la efectividad de intervenciones de conservación (Geoinnova, 2024).

En proyectos de restauración urbana como el del Jardín Botánico de Barranquilla, los SIG juegan un papel esencial para analizar imágenes satelitales multitemporales, generar mapas de cobertura vegetal, evaluar zonas críticas de deforestación y simular escenarios de restauración ecológica. Esta herramienta, además, posibilita el cruce de información ambiental con variables sociales, permitiendo diseñar estrategias integrales que articulen conservación, participación comunitaria y planificación territorial.

### 7.3.7 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se basa en el comportamiento espectral de la vegetación frente a la radiación solar y es calculado mediante la fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

donde **NIR** corresponde al canal infrarrojo cercano y **RED** al canal del espectro rojo.

El **NIR (Near Infrared / Infrarrojo Cercano)** corresponde al canal del espectro electromagnético que capta la radiación infrarroja cercana, normalmente entre 0.76 y 0.90 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de longitud de onda. Las plantas reflejan fuertemente la radiación en esta región porque las células del mesófilo en las hojas (el tejido interno) dispersan la luz infrarroja. Por eso, una vegetación sana devuelve gran parte de esta energía al sensor satelital.

El **RED (Rojo del espectro visible)** por su parte, es el canal que capta la luz roja visible, generalmente entre 0.63 y 0.69  $\mu\text{m}$ . En este rango, la clorofila de las hojas absorbe gran parte de

la radiación para realizar la fotosíntesis, de modo que la reflectancia es baja cuando la vegetación está saludable y alta cuando la vegetación está estresada o degradada.

En ese sentido, al cargar una imagen satelital Landsat, el software de procesamiento digital de imágenes (QGIS o ArcGIS) permite trabajar con las bandas espectrales descargadas, las cuales se numeran del 1 al 7 mediante archivos raster separados (por ejemplo, la banda roja, la infrarroja, la azul, etc.). Cada banda contiene valores digitales (DN o reflectancia) que representan la cantidad de radiación reflejada por la superficie terrestre en una longitud de onda específica. El software realiza un cálculo matemático píxel a píxel entre esas dos bandas (infrarrojo cercano (NIR) y rojo (RED) y cada píxel tiene un valor de reflectancia en el canal rojo y otro en el infrarrojo cercano. El software resta, suma y divide esos valores según la fórmula, generando una nueva capa raster con los valores de NDVI.

El software repite ese cálculo para todos los píxeles del área, y el resultado final es un mapa NDVI, donde cada color representa un valor distinto del índice (por ejemplo, rojo = vegetación baja, verde = vegetación densa) (Moyao Calleja et al., 2021).

## **8 Metodología**

### **8.1 Tipo de investigación**

Este estudio adopta un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para un análisis integral de los cambios de cobertura vegetal en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco durante los últimos 24 años. Desde la perspectiva cuantitativa, se realizará un análisis espacial y temporal mediante imágenes satelitales para identificar y cuantificar las variaciones en la cobertura vegetal. Como complemento, la investigación incluye un enfoque cualitativo a través de encuestas de percepción aplicadas a la comunidad local, con el fin de comprender las posibles causas y problemáticas sociales asociadas a los cambios ambientales observados.

Además, el estudio se enmarca dentro de un diseño exploratorio y descriptivo. Es exploratorio porque busca indagar en factores que no han sido suficientemente estudiados respecto a la transformación de la cobertura vegetal en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco, y descriptivo porque pretende documentar y caracterizar detalladamente los cambios identificados en la cobertura vegetal, las áreas más afectadas y el contexto social relacionado con dichos procesos.

### **8.2 Área de estudio**

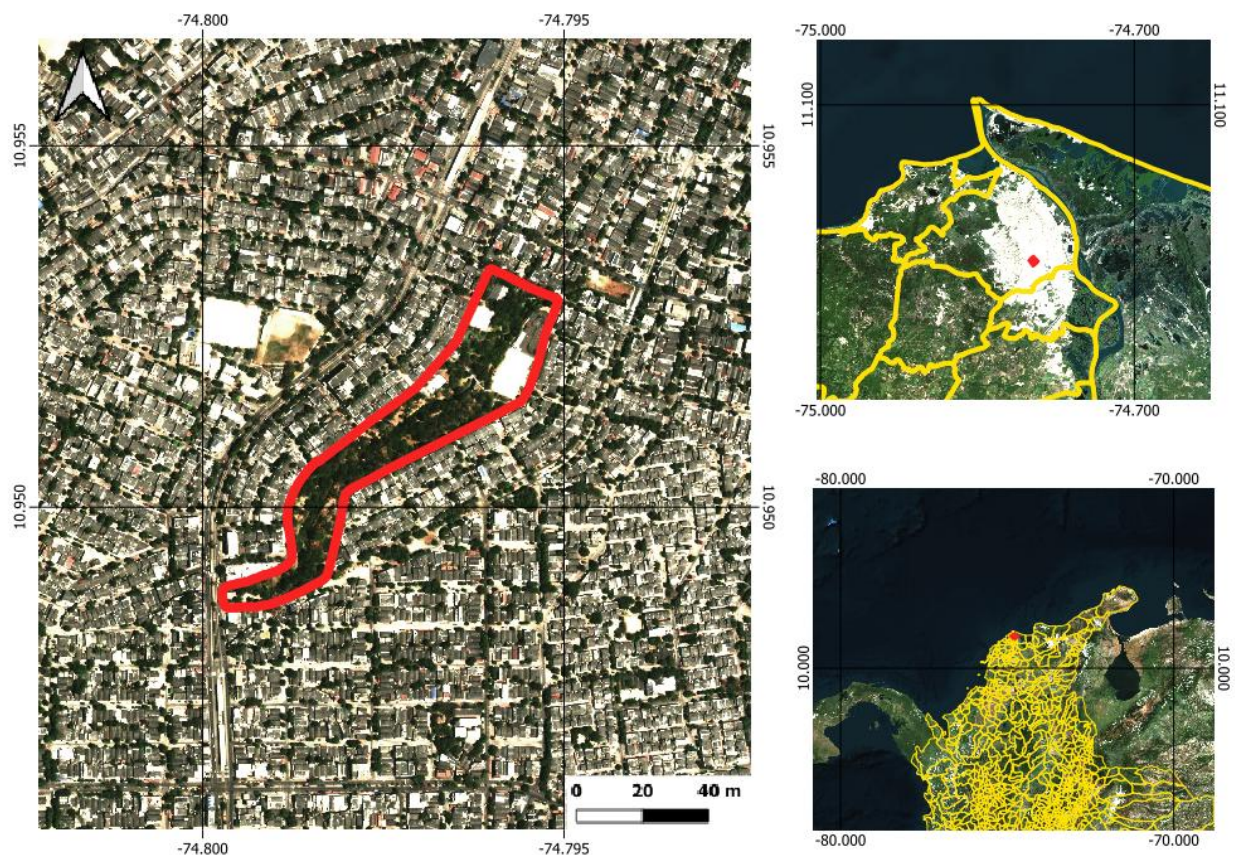
El Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco se encuentra ubicado en la ciudad de Barranquilla, Atlántico, Colombia. Este espacio natural representa un ecosistema de bosque seco tropical, característico de la región Caribe, y sirve como un refugio para especies nativas de flora y fauna, además de proporcionar servicios ecosistémicos esenciales para la ciudad, como regulación climática, conservación de biodiversidad y espacios de recreación.

El área de estudio comprende el perímetro del Jardín Botánico y zonas aledañas que han sufrido presiones antrópicas importantes, entre ellas la invasión y el acceso no autorizado de personas, que han contribuido a la pérdida de vegetación y al deterioro ambiental. La investigación se centrará en evaluar estos impactos ambientales y sociales con la finalidad de aportar información para la conservación y restauración del parque de aportar información para la conservación y restauración del parque (**Figura 1.**

Ubicación geográfica del Jardín Botánico de Barranquilla).

**Figura 1.**

*Ubicación geográfica del Jardín Botánico de Barranquilla*



Fuente: Elaboración propia (2025).

### 8.3 Diseño metodológico y procedimientos

El procedimiento metodológico comenzó con la observación inicial de imágenes satelitales en Google Earth Pro del año 2000 y del año 2024, con el objetivo de realizar una caracterización a simple vista del cambio de la vegetación.

Posteriormente se realizó la adquisición de imágenes satelitales Landsat 8 correspondientes a los años 2000 y 2024, descargadas desde la plataforma USGS Earth Explorer. Las imágenes descargadas fueron procesadas y analizadas mediante el software QGIS, utilizando índices de vegetación como el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) el cual permite detectar, cuantificar y comparar las áreas en dónde se ha presentado pérdida o ganancia de cobertura vegetal en el Jardín Botánico durante el periodo estudiado. Para las imágenes descargadas del satélite Landsat, se utilizan las bandas 4 y 5 descargadas en el paquete de acuerdo con la agencia que diseñó el satélite (en este caso la USGS)

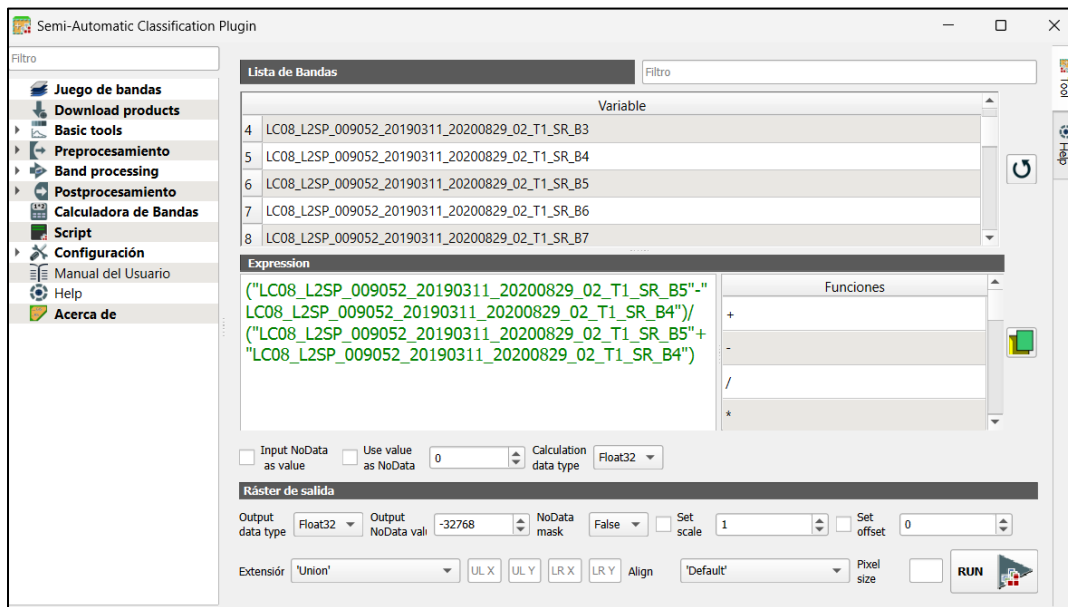
**Tabla 2.** *Bandas satelitales*

<b>Bandas</b>	<b>longitud de onda (micrómetros)</b>
Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45
Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51
Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59
Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67
Banda5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88
Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65
Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29
Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68
Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38
*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19
*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51

Fuente. USGS. Tomado de Google imágenes (2025).

Con ayuda del complemento de QGIS para la Clasificación semiautomática de bandas “Semi-Automatic Classification Plugin” SCP, se ejecutó la fórmula para calcular el índice NDVI:  $(NIR-RED)/(NIR+RED)$ , utilizando únicamente las imágenes de las bandas 4 y 5 y se dejó correr el software hasta que generara los resultados automáticos de la clasificación (**Figura 2**).

**Figura 2.** Interfaz gráfica de QGIS en SCP.



Fuente: Propia (2025).

Con base al análisis multitemporal y espacial, se delimitaron las zonas más afectadas por pérdida de vegetación. Luego estos resultados se contrastaron y validaron mediante una fase de trabajo de campo, donde se realizaron recorridos visuales para corroborar las condiciones reales de las áreas detectadas como críticas y para así lograr identificar los factores físicos y humanos que contribuyeron a la degradación de la cobertura vegetal en esta área.

Adicionalmente, la validación de campo fue complementada con la georreferenciación e identificación de los árboles que tuvieran un Diámetro a la Altura del Pecho -DAP- mayor a

47,7cm lo que corresponde a una Circunferencia a la Altura del Pecho -CAP- de 150cm. Esto con el objetivo de confirmar los datos de NDVI arrojados por el software.

Paralelamente, se aplicaron encuestas de percepción a los habitantes aledaños al Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco, con la finalidad de comprender las causas sociales relacionadas con la falta de conciencia ambiental que han influido en la pérdida de vegetación, incluyendo la identificación de actividades humanas, problemas sociales y dinámicas comunitarias relacionadas con el uso del parque. La información recolectada permitió contextualizar con los datos geoespaciales y enriquecer la interpretación de los resultados.

Finalmente, el proyecto concluyó con la formulación de propuestas de restauración ecológica y conservación urbana desarrolladas en colaboración con la comunidad local y otros actores relevantes. Estas estrategias estarán orientadas a recuperar las zonas degradadas, promover la conservación de las especies afectadas y fomentar la participación ciudadana en la protección del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco mediante talleres que permitan crear en la comunidad conciencia ambiental y sentido de pertenencia de este espacio, asegurando así la sostenibilidad ambiental y social del área a largo plazo.

#### **8.4 Instrumento de recolección de datos**

Para determinar la percepción de la comunidad aledaña a la zona del Jardín se utilizó como herramienta un instrumento que nos permitiera realizar la recolección de datos necesarios (Anexo 1), la cual fue validada por expertos y fue aplicada a 94 personas del barrio, teniendo en cuenta la calculadora de muestra poblacional de SurveyMonkey, bajo un nivel de confiabilidad de 95% y un margen de error del 10%.

## 9 Resultados y discusión

### 9.1 Procesamiento y análisis de las imágenes satelitales

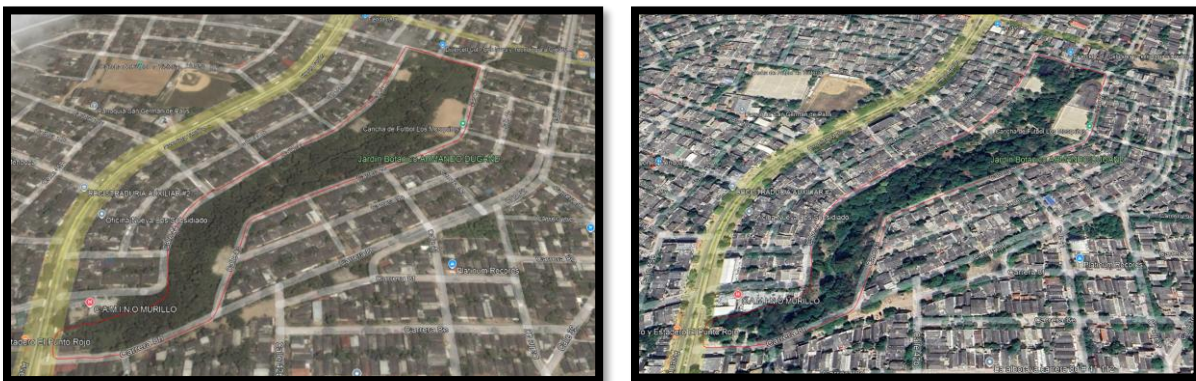
#### 9.1.1 Análisis visual cualitativo

Inicialmente se realizó un análisis visual a través de la plataforma Google Earth Pro y se realizó una comparación visual inicial con el fin de reconocer si a simple vista se podía observar una pérdida vegetal.

Al comparar a simple vista las imágenes de los años 2000 y 2024, se evidencia una reducción notable en la densidad y extensión de la cobertura vegetal del Jardín Botánico.

En la imagen del año 2000 se observa una masa boscosa más homogénea y continua, con tonalidades verde oscuro que representan vegetación arbórea densa, especialmente concentrada en la zona central y occidental del predio. En la imagen correspondiente al año 2024, el área verde conserva su forma alargada, pero se aprecia fragmentación interna, con claros visibles y una disminución del color verde en general, lo que sugiere pérdida de vigor vegetal o sustitución de árboles por vegetación de porte bajo (**Figura 3**).

**Figura 3.** Imágenes Google Earth Pro. Año 2000 y 2024 respectivamente.



Fuente: Google Earth (2000) y (2024).

El análisis visual preliminar, permite diferenciar las siguientes zonas críticas de transformación:

**a. Sector Norte (cercano a la Cancha de Fútbol Los Mosquitos y Calle 44C)**

En el año 2000 presentaba cobertura vegetal arbórea continua, pero en 2024, se observan claros amplios y áreas descubiertas, probablemente asociadas a mantenimiento de la cancha, zonas de recreación y tránsito peatonal. Se estima una reducción en densidad foliar respecto al año 2000.

**b. Sector Occidental (adyacente a la Avenida Murillo)**

El borde occidental se observa parcialmente afectado por la presión urbana y la proximidad a vías de alto tránsito. La vegetación del año 2000 se observa que ha sido reemplazada en algunos tramos por áreas de suelo compactado o arbustos dispersos. Se visualiza una pérdida posiblemente por efectos de polvo, tránsito de personas, contaminación vehicular y/o actividades antrópicas.

**c. Sector Sur (alrededores de Carrera 8H y Calle 42B)**

En el año 2000 se evidenciaba una continuidad verde importante. En 2024 aparecen espacios abiertos y zonas secas, lo cual indica reducción del dosel arbóreo y menor cobertura herbácea. La pérdida puede ser atribuible a compactación del suelo y escasa renovación vegetal.

**d. Zona Central.**

En el sector central se identifican áreas con continuidad de árboles que generan una apariencia visual de mayor densidad foliar, manifestada en tonalidades de verde más intenso. No obstante, ello no necesariamente implica mayor cantidad de individuos o mayor cobertura basal, sino una estructuración vertical más desarrollada, asociada a la presencia de árboles adultos o longevos con copas amplias. Es importante mencionar que este tramo corresponde a zonas

aledañas al cuerpo de agua que nace del mismo jardín, el arroyo que atraviesa todo el centro del polígono y que además se ha convertido en un espacio de alta de transitabilidad peatonal y uso del Jardín, lo cual favorece la permanencia de especies arbóreas establecidas que mantienen un índice de frondosidad elevado.

#### **e. Límite oriental (cercano a la Carrera 51 y calles 43–45)**

Se aprecia una preservación moderada del verdor, posiblemente debido a menor presión urbana directa. El cambio es relativamente bajo, lo cual sugiere que esta zona podría funcionar como núcleo de regeneración o conservación ecológica.

### **9.1.2 Procesamiento digital de imágenes**

El análisis de la cobertura vegetal del Jardín Botánico de Barranquilla se llevó a cabo a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8 OLI/TIRS correspondientes a los años 2000 y 2024, adquiridas desde la plataforma USGS Earth Explorer.

Previo al análisis, se realizaron procedimientos de corrección radiométrica y atmosférica, con el fin de eliminar interferencias ocasionadas por condiciones atmosféricas, variaciones solares y efectos instrumentales. Esto permitió garantizar la comparabilidad entre los datos de ambas fechas.

Posteriormente, se aplicó el NDVI y este índice permitió identificar los cambios en la cobertura vegetal a partir de la reflectancia del follaje, dado que la vegetación sana refleja fuertemente en el infrarrojo y absorbe en el rojo.

Los valores de NDVI obtenidos se clasificaron en intervalos que representan distintos grados de vegetación :

**Tabla 3.** *Clasificación de valores NDVI.*

<b>Rango NDVI</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
-1.0 – 0.0	Superficies no vegetadas	Agua, sombras o suelos desnudos
0.0 – 0.2	Vegetación escasa o degradada	Áreas con cobertura mínima o en proceso de pérdida
0.2 – 0.5	Vegetación moderada	Cobertura herbácea o arbustiva
0.5 – 1.0	Vegetación densa	Bosques, áreas arboladas, vegetación saludable

Fuente: Propia (2025).

### **9.1.3 Cambios en la cobertura vegetal (2000–2024)**

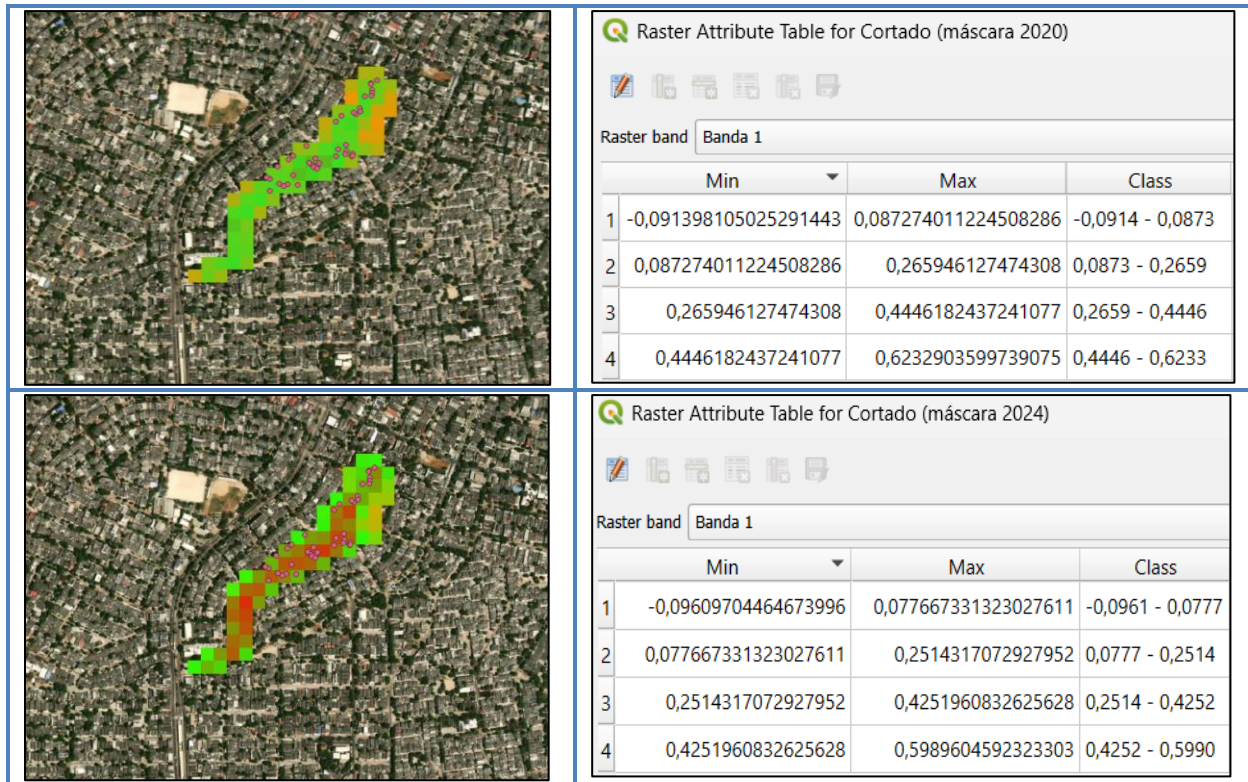
A partir de los rangos de NDVI observados para 2020 y 2024 se pueden identificar cambios en el estado de la vegetación. El NDVI es un indicador del vigor y densidad de la cobertura vegetal, donde valores cercanos a 0 representan suelos desnudos o vegetación muy dispersa, y valores hacia 1 representan vegetación densa y saludable.

Los resultados del análisis multitemporal evidencian una variación significativa en la cobertura vegetal del Jardín Botánico de Barranquilla durante el periodo de 24 años.

A partir de la comparación visual entre las imágenes procesadas y los rangos de NDVI analizados, se evidencia la disminución del vigor de la cobertura vegetal entre 2020 y 2024. En particular, la primera imagen (2020) muestra una mayor presencia de clases con valores medios a altos de NDVI (tonos verdes), mientras que en 2024 prevalecen valores bajos (tonos rojizos y amarillos). Por su parte, los datos de procesamiento de las imágenes demuestran que en el año 2000, predominaban valores de NDVI entre **-0.09 y 0.62**, lo cual indica una vegetación moderada con áreas de vegetación densa y saludable, lo cual es coherente con la función ecológica del jardín como espacio de conservación, educación ambiental y recreación.

Sin embargo, para el año 2024 se observó una disminución generalizada de los valores de NDVI, principalmente en los sectores centro, norte y noroccidental del área de estudio, donde el índice se redujo a rangos entre **-0.09 y 0.59**, representando una pequeña pérdida de cobertura vegetal de entre 2.5% y 4.0% con respecto al año base.

**Figura 4.** Imagen resultante de análisis NDVI y tabla de atributos.



Fuente: Propia (2025).

Los mapas generados en QGIS permiten visualizar la transformación espacial de la vegetación. Las zonas central y sur conservaron una cobertura media-alta, posiblemente por la permanencia de especies arbóreas nativas, mientras que los bordes externos presentan signos de compactación, deforestación y cambio en el uso del suelo hacia áreas de tránsito peatonal, instalaciones recreativas o infraestructura.

Las áreas más impactadas se concentran en el tramo central del corredor. En 2024 se observa un cambio notable hacia tonos rojizos, esto indica disminución del vigor foliar o pérdida de cobertura arbórea en la parte media del corredor. El sector norte del corredor, en 2020 presentaba cobertura vegetal más densa (verdes olivos intensos) muestra en 2024 valores más bajos (verdes fluorescentes y amarillos-anaranjados). Esto sugiere reducción de biomasa vegetal, posiblemente debido a recorte, poda intensiva, o disminución de humedad en el suelo.

Al analizar los valores dados por el software, se observa a nivel general una reducción en el valor máximo del NDVI entre 2020 y 2024 (de ~0.62 a ~0.59). Aunque la diferencia es pequeña, es consistente con una leve disminución en el vigor fotosintético.

#### **9.1.4 Identificación de zonas críticas**

A partir del análisis espacial del NDVI y la comparación de las imágenes de 2000 y 2024, se delimitaron **tres zonas críticas** dentro del Jardín Botánico:

1. **Zona Norte:** Presenta la mayor pérdida de cobertura vegetal, con reducción del NDVI superior al 40 %. Este sector coincide con áreas intervenidas para adecuaciones recreativas y senderos, lo cual generó compactación del suelo y disminución del vigor vegetal.
2. **Zona Occidental:** Mostró una disminución progresiva de la vegetación arbórea, especialmente en los márgenes colindantes con el perímetro urbano. Se observó sustitución de especies nativas por ornamentales y gramíneas de bajo porte.
3. **Zona Central:** Conserva la mayor parte de la vegetación densa, aunque se detectan fragmentaciones puntuales asociadas a estrés hídrico y competencia entre especies introducidas y nativas.

Estas zonas fueron priorizadas para el trabajo de campo, con el propósito de validar los hallazgos satelitales y comprender las causas locales del deterioro.

### 9.1.5 Validación mediante trabajo de campo

Durante los recorridos realizados en el Jardín Botánico, se constató que las áreas clasificadas como de baja vegetación ( $NDVI < 0.25$ ) corresponden efectivamente a sitios con mucho tránsito de personas, muy probablemente debido a los eventos recreativos lo que genera compactación del suelo, factor que limita el desarrollo de especies vegetales.

**Figura 5.** Validación de los datos en campo.



Fuente: Propia (2025).

Asimismo, en las zonas con vegetación moderada ( $NDVI 0.25-0.50$ ) se evidenció presencia de especies invasoras y pérdida de diversidad florística, principalmente de gramíneas exóticas que tienden a colonizar áreas degradadas.

En contraste, las zonas con  $NDVI$  alto ( $>0.50$ ) presentaron cobertura arbórea continua, dominada por especies nativas como *Ceiba pentandra* (Ceiba blanca), *Terminalia catappa* (Almendro) y *Pithecellobium dulce* (Guamúchil), que contribuyen a mantener la estructura ecológica del ecosistema urbano.

**Figura 6.** Ejemplares de *ceiba pentandra* (*Ceiba blanca*) y *Terminalia catappa* (*Almendra*) en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco.



Fuente: Propia (2025).

Al analizar los individuos arbóreos con un DAP superior a 47.7 cm, se registró un total de 40 ejemplares distribuidos principalmente en las zonas central y norte del área de estudio. Se destaca que el sector sur del Jardín no pudo ser muestreado debido a condiciones de inseguridad y bajo tránsito de personal o visitantes, lo que limita parcialmente la cobertura total del inventario. No obstante, los datos recolectados permiten identificar patrones de distribución, dominancia y posible degradación localizada de la vegetación arbórea, útiles para orientar futuras estrategias de restauración y monitoreo ecológico.

**Figura 7.** *Medición del DAP de árboles de mayor parte.*



Fuente: Propia (2025).

Durante la fase de verificación en campo se georreferenciaron un total de 40 individuos arbóreos dentro del Jardín Botánico de Barranquilla Armando Dugand Gnecco, distribuidos principalmente en los sectores central y norte del área de estudio.

Las coordenadas registradas se encuentran dentro del rango comprendido entre los  $74^{\circ}47'44''$  y  $74^{\circ}47'52''$  de longitud oeste, y los  $10^{\circ}57'2''$  y  $10^{\circ}57'10''$  de latitud norte, lo cual confirma una cobertura vegetal representativa en la zona de muestreo.

**Tabla 4.** Árboles del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco

Código	Nombre científico	Nombre común	X	Y
1	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'44.66220"	10°57'9.81230"
2	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Orejero	74°47'44.26610"	10°57'10.55360"
3	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	74°47'44.72470"	10°57'10.32170"
4	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'44.71870"	10°57'10.26150"
5	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'44.66550"	10°57'9.55460"
6	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'44.68800"	10°57'9.35710"
7	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'45.21180"	10°57'9.30570"
8	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'45.57600"	10°57'8.39780"
9	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'45.52960"	10°57'8.16250"
10	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'45.85070"	10°57'7.95850"
11	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'46.03990"	10°57'8.05710"
12	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	74°47'46.94840"	10°57'7.84110"
13	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	74°47'47.39660"	10°57'7.38100"
14	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'46.63580"	10°57'5.57610"
15	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'47.21870"	10°57'5.23900"
16	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	74°47'46.57320"	10°57'5.11730"
17	<i>Desconocido</i>	Desconocido	74°47'46.66990"	10°57'4.88550"
18	<i>Desconocido</i>	Desconocido	74°47'46.13630"	10°57'4.89110"
19	<i>Gliricidia sepium</i>	Matarraton	74°47'46.19910"	10°57'4.70440"
20	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'46.14410"	10°57'4.75600"
21	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	74°47'47.38920"	10°57'4.68250"
22	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'48.96520"	10°57'4.51700"
23	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'49.13980"	10°57'4.03980"
24	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'49.39160"	10°57'4.20620"
25	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'48.78630"	10°57'3.99430"
26	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'49.08040"	10°57'3.87650"
27	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'48.82950"	10°57'3.74690"
28	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'48.63610"	10°57'4.16930"
29	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'50.64580"	10°57'3.26670"
30	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'50.29540"	10°57'2.49800"
31	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	74°47'51.04580"	10°57'2.55780"
32	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	10°57'2.40200"	74°47'51.36570"
33	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	10°57'2.56210"	74°47'51.69000"
34	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	10°57'2.02320"	74°47'52.39640"
35	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	10°57'2.94290"	74°47'52.39490"
36	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	10°57'3.08200"	74°47'52.66050"
37	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	10°57'3.90320"	74°47'51.82460"
38	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba blanca	10°57'4.43920"	74°47'50.97390"
39	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	10°57'4.72760"	74°47'50.64100"
40	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	10°57'5.51370"	74°47'49.63430"

Fuente: Propia (2025).

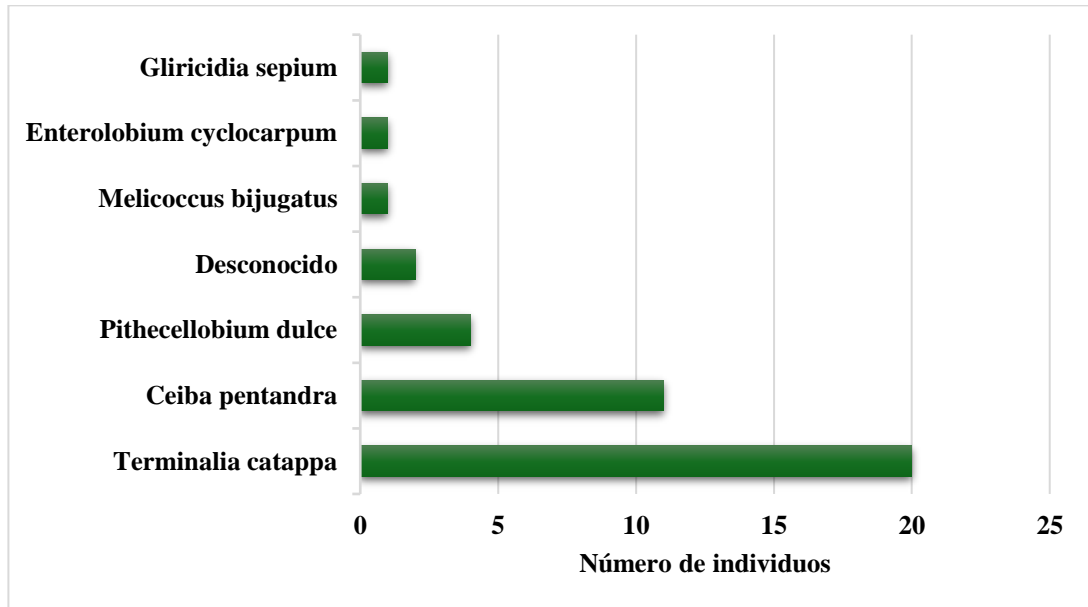
Las especies más frecuentes corresponden a *Terminalia catappa* (almendro), con 18 individuos registrados (45 % del total), seguida por *Ceiba pentandra* (ceiba blanca) con 10 individuos (25 %), *Pithecellobium dulce* (guamúchil) con 4 individuos (10 %), y otras especies de menor representación como *Enterolobium cyclocarpum* (orejero), *Gliricidia sepium* (matarratón) y *Melicoccus bijugatus* (mamón).

Dos individuos no pudieron ser identificados taxonómicamente debido a su estado fenológico o falta de estructuras diagnósticas visibles (**Figura 8.**

Número de individuos por especies.**8**).

**Figura 8.**

*Número de individuos por especies.*



Fuente: Propia (2025).

La distribución espacial de las especies muestra una dominancia de *Terminalia catappa* hacia el sector nororiental y central del jardín, probablemente debido a su uso ornamental y a su

alta tolerancia al estrés hídrico y al suelo compacto. En contraste, los individuos de *Ceiba pentandra* se concentraron en la zona central y suroccidental, asociados a microambientes con mejor drenaje y mayor cobertura de suelo natural. La presencia puntual de especies como *Gliricidia sepium* y *Pithecellobium dulce* indica procesos de regeneración secundaria y adaptación a condiciones de borde o áreas intervenidas (**Figura 9**).

Localización geográfica de los individuos arbóreos con DAP mayor a 47.7cm.).

**Figura 9.**

Localización geográfica de los individuos arbóreos con DAP mayor a 47.7cm.



Fuente: Propia (2025).

### 9.1.6 Factores de degradación identificados

El contraste entre el análisis satelital y las observaciones de campo permitió determinar que los principales factores asociados a la pérdida de cobertura vegetal son:

- Expansión y adecuación de senderos y zonas de tránsito peatonal.
- Compactación y erosión del suelo por pisoteo y escasa cobertura orgánica.
- Introducción de especies ornamentales con bajo aporte ecológico y limitada capacidad de regeneración.
- Acumulación de residuos y prácticas inadecuadas de mantenimiento, que impiden el desarrollo de nueva vegetación.

### 9.1.7 Implicaciones ecológicas y de gestión

La reducción de la cobertura vegetal en el Jardín Botánico implica una disminución en los servicios ecosistémicos urbanos, tales como la regulación micro climática, la captura de carbono, la filtración de contaminantes atmosféricos y la provisión de hábitat para aves e insectos polinizadores.

#### Figura 10.

*Especie arbórea del Jardín Botánico.*



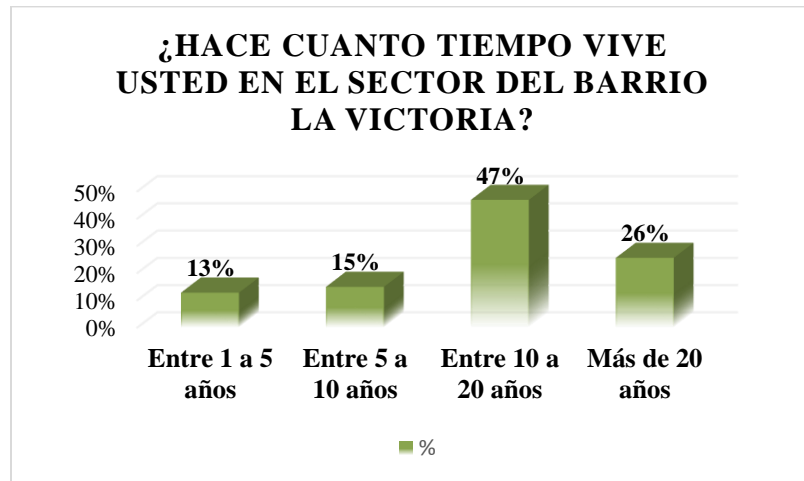
Fuente: Propia (2025).

## 9.2 Percepción ciudadana

Para comprender las causas sociales que han influido en los cambios por ganancia o pérdida de la vegetación en el área del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco, se realizaron encuestas de manera aleatoria a la comunidad aledaña del sector.

Para el ítem 1, ¿Hace cuánto tiempo vive usted en el sector del barrio La Victoria?, se encontró que de los habitantes encuestados el 47% de estos manifestó haber vivido en el sector entre 10 y 20 años, seguido de un 26% que reside desde hace más de 20 años, algunos afirmando que nacieron y crecieron en este mismo sector durante toda su vida. Por su parte, un 15% indicó llevar entre 5 y 10 años viviendo en el barrio, mientras que el 13% afirmó tener una permanencia de 1 a 5 años.

**Figura 11.** *Pregunta número 1*

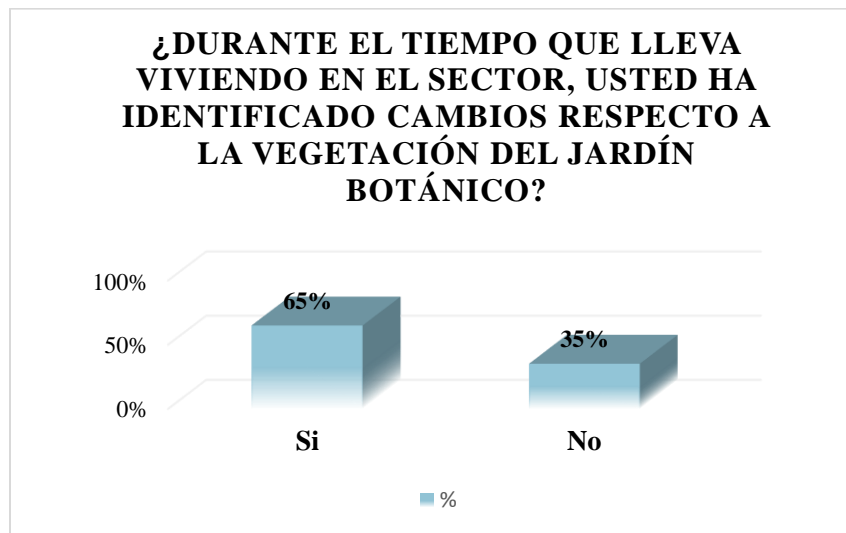


Fuente: Propia (2025)

Vidal Moranta & Pol Urrútia (2005), en su artículo titulado “La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares” hacen referencia a la apropiación que se puede generar debido al tiempo que se permanezca en este mismo sitio o lugar, lo cual tiene influencia en la parte emocional del individuo, llegando a generar un apego que les permite sentir este espacio que habitan como parte de sí mismo.

Mediante la pregunta número dos (2) ¿Durante el tiempo que lleva viviendo en el sector, usted ha identificado cambios respecto a la vegetación del Jardín Botánico?, se identificó que el 65% de la comunidad encuestada reconoce la ocurrencia de cambios respecto a la vegetación del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco y un 35% niega haber presenciado algún cambio en esta zona. Esta percepción de la comunidad es probable debido a la cercanía que tienen con el área del Jardín Botánico lo que les permite con facilidad tener alta atención en los factores de ocurrencia que se den en esta área.

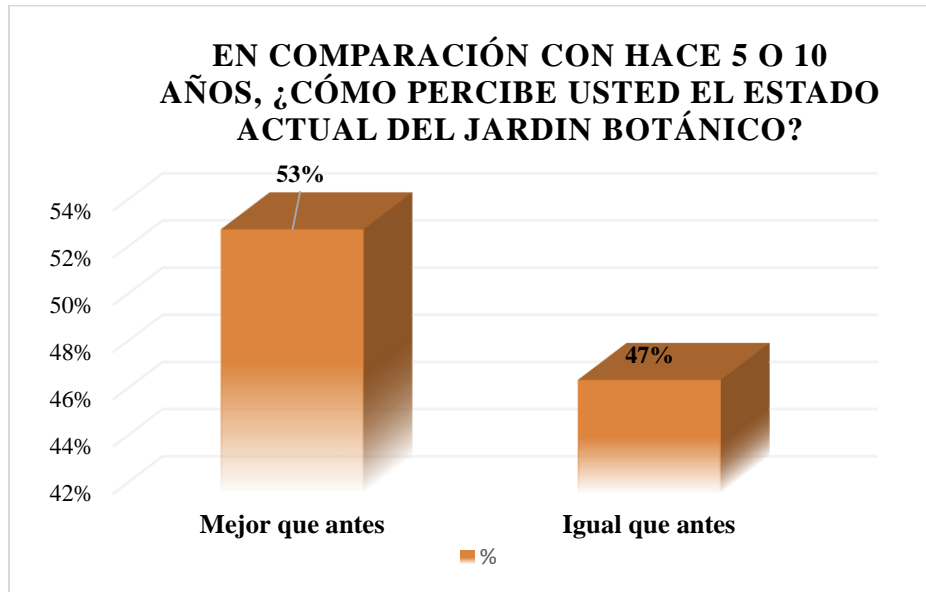
**Figura 12.** *Pregunta número 2*



Fuente: Propia (2025).

La pregunta número tres (3) En comparación con hace 5 o 10 años, ¿cómo percibe usted el estado actual del Jardín Botánico?, se logró identificar que el 53% de la comunidad reconoce que el estado actual del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco es mucho mejor que en comparación con el tiempo de hace 5 años atrás y el 47% recalca que el estado sigue siendo el mismo. Los cambios positivos mayormente son afirmados por habitantes que son pioneros o fundadores del sector y esto se relaciona con que se encuentran involucrados y apropiados de la historia y del proceso que ha llevado el jardín botánico para llegar a estar en el estado actual.

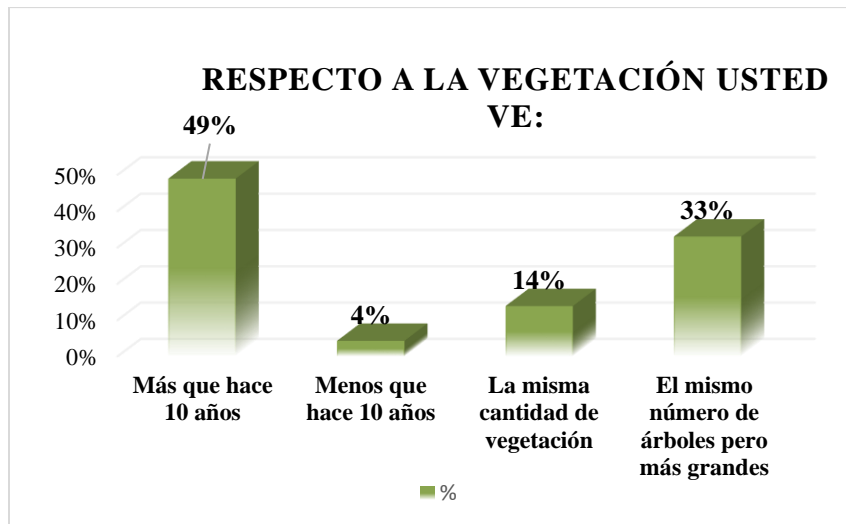
**Figura 13. Pregunta número 3**



Fuente: Propia (2025).

La pregunta número cuatro (4), respecto a la vegetación que ellos observan, se identifica que el 49% de los encuestados manifestó que actualmente observa más vegetación que hace una década, mientras que el 23% percibe el mismo número de árboles, pero de mayor tamaño.

**Figura 14. Pregunta número 4**



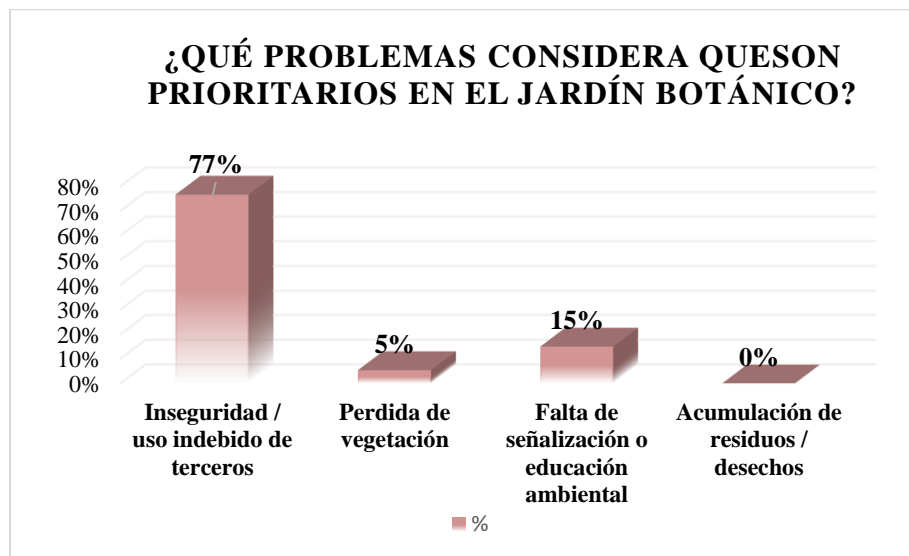
Fuente: Propia (2025).

Por otro lado, el 27% considera que la cantidad de vegetación se mantiene igual y solo el 4% de los encuestados indicaron que hay menos vegetación que hace diez años.

Desde hace unos años hasta la actualidad desde Barranquilla Verde en conjunto con la Alcaldía de Barranquilla y otros aliados estratégicos se han venido implementando medidas de reforestación en esta área, un ejemplo es la siembra realizada por estos entes en el año 2019 en donde se sembraron aproximadamente 100 árboles originarios de esta zona con el cual se buscaba poblar más el área del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco y contribuir a la generación de más espacios verdes (Barranquilla Verde, 2019).

Mediante la pregunta cinco (5) ¿Qué problemas considera que son prioritarios en el Jardín Botánico?, se conoció que la comunidad identifica que el principal problema en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco está relacionado con el nivel de inseguridad que golpea esta zona y el indebido uso proveniente de terceros ajenos al Jardín, la falta de señalización actual también se considera como un problema de carácter prioritario.

**Figura 15.** *Pregunta número 5*

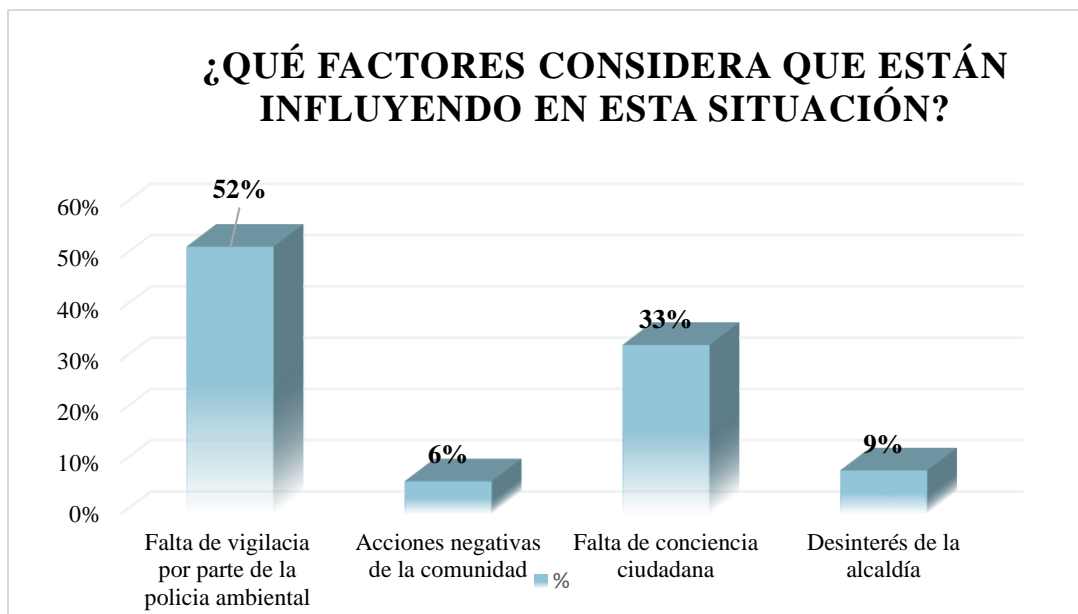


Fuente: Propia (2025).

Acuña et al, (2020), en su artículo titulado “Ecoparque Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco” menciona que el ecoparque enfrenta problemas de inseguridad afirmando que en un 70%, del área total del Jardín lo cual lo relaciona con las zonas donde hay poca presencia de la misma comunidad.

Para la pregunta número seis (6) ¿Qué factores considera que están influyendo en esta situación?, los resultados muestran que el principal factor que influye está relacionado con la falta de vigilancia por parte de la policía ambiental y esto lo afirma un 52% de la población encuestada, un 33% afirma que otro factor influyente es la falta de conciencia ciudadana de la misma comunidad. Un 9% de la población hace referencia en que el desinterés de la Alcaldía municipal también contribuye a la situación actual del jardín botánico y por último se evidenció que el 6% está de acuerdo con que las acciones negativas de la misma comunidad son una razón más para que ocurra un deterioro en el jardín.

**Figura 16.** *Pregunta número 6*

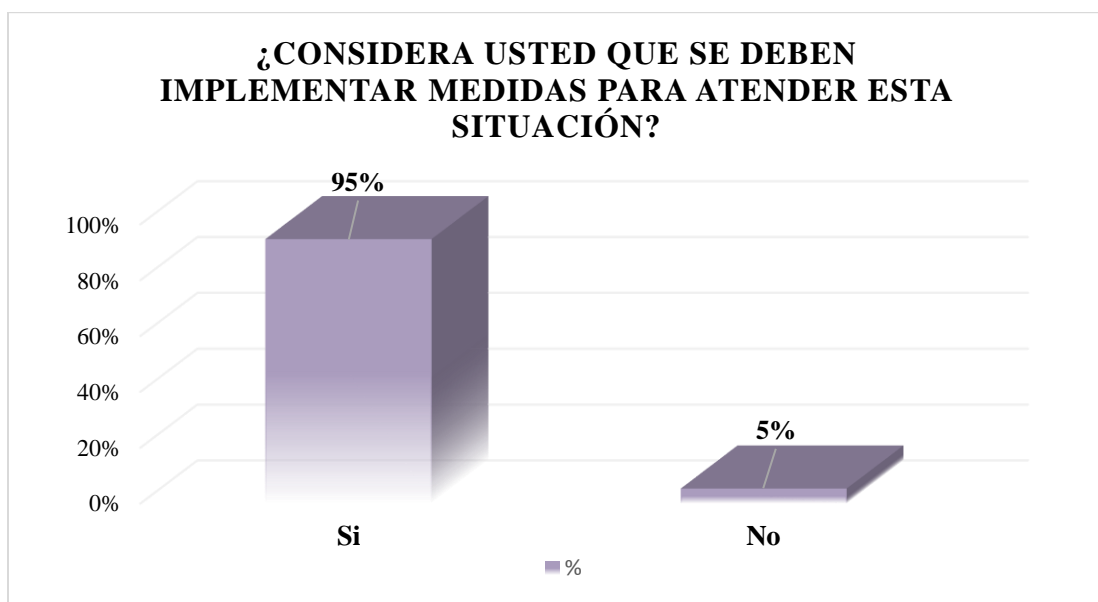


Fuente: Propia (2025).

Danna Chávez Jaramillo en su reporte para Emisora Atlántico menciona que el nivel de inseguridad en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco es alarmante y hace énfasis en que la comunidad aledaña ya no se siente segura por lo cual los lleva a realizar quejas ante la autoridad solicitando apoyo y mayor vigilancia en el área para contrarrestar la situación que se presenta en la zona (Chávez Jaramillo, 2019).

La pregunta número siete (7), ¿Considera usted que se deben implementar medidas para atender esta situación? logró determinar la percepción de los habitantes del barrio La Victoria frente a la necesidad de implementar medidas para atender la situación analizada. El 95% de los encuestados manifestó que sí considera necesario aplicar acciones o estrategias de intervención, mientras que solo un 5% opinó que no es necesario hacerlo. Este resultado deja en evidencia el nivel de conciencia ciudadana y así mismo la disposición de la comunidad hacia la implementación de acciones en pro del bienestar del jardín botánico.

**Figura 17.** Pregunta número 7

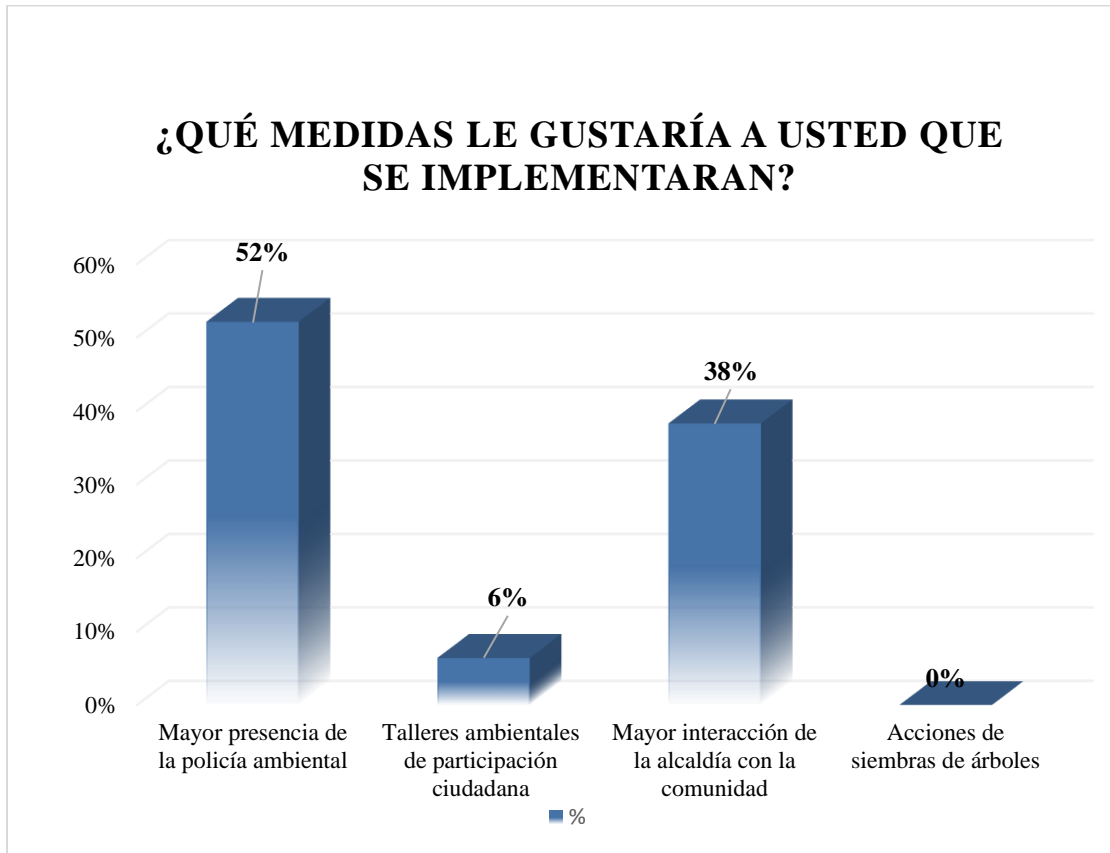


Fuente: Propia (2025).

En el artículo 4 del Acuerdo 0010 de 2018 mediante el cual es declarado ecoparque el jardín Bótanico Armando Dugand Gnecco, se hace mención que con la finalidad de asegurar el cuidado y así mismo la protección de la fauna y flora que habita en el Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco se deben realizar la implementación de medidas encaminadas con este mismo objetivo, lo que permite establecer que se realizaran actividades de siembra y resiembra como también medidas de vigilancia o cuidado de todo el área que abarque el Jardín Botánico (Alcaldía de Barranquilla, 2018)

Respecto a la pregunta número ocho (8), ¿Qué medidas le gustaría a usted que se implementaran?, el 52% de los encuestados manifestó la necesidad de mayor presencia de la policía ambiental en la zona ya que los habitantes asocian la mejora del entorno con la vigilancia y esto basado en el nivel de inseguridad que afronta el sector, seguido de un 38% que sugirió una mayor interacción de la alcaldía con la comunidad, porque consideran un olvido al nivel de importancia que se le debería de brindar a la comunidad por razones de que son los principales entes que interactúan con el Jardín Botánico. En menor proporción un 6% propuso la realización de talleres ambientales de participación ciudadana, mientras que ninguno de los encuestados (0%) hizo referencia sobre las acciones de siembra de árboles como prioridad.

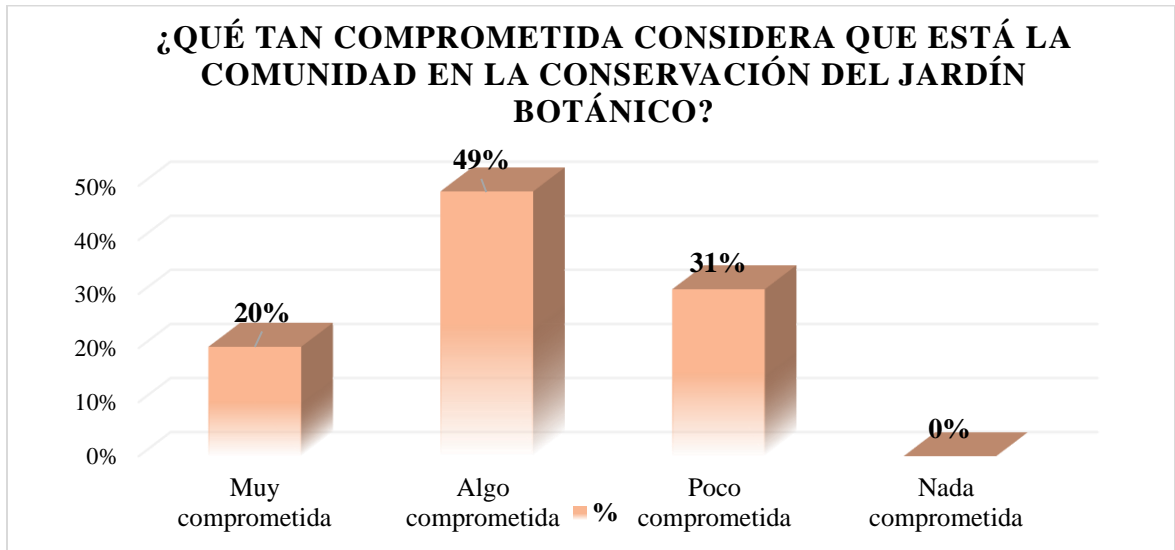
**Figura 18. Pregunta número 8**



Fuente: Propia (2025).

La pregunta número nueve (9), ¿Qué tan comprometida considera que está la comunidad en la conservación del Jardín Botánico? logró determinar que el 49% de los encuestados considera que la comunidad está “algo comprometida” con la conservación del Jardín Botánico, mientras que un 20% la percibe como “muy comprometida”. Por otro lado, un 31% opina que está “poco comprometida”, y ningún participante la calificó como “nada comprometida”.

**Figura 19.** *Pregunta número 9*

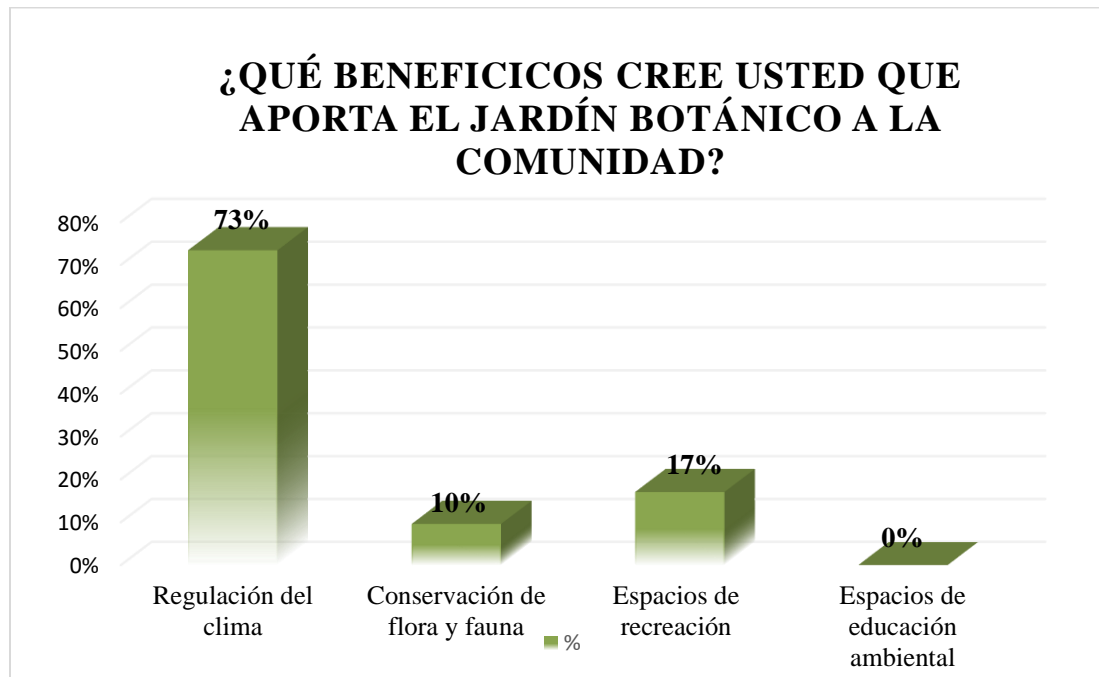


Fuente: Propia (2025).

Este resultado se permite evidenciar que la mayor parte de la comunidad de esta zona tiene el deseo de conservar, cuidar y proteger el Jardín Botánico y esto es respaldado por acciones tomadas por la comunidad como lo son quejas ante la autoridad solicitando apoyo para el desarrollo de medidas que permitan o que contribuyan al cuidado de esta área tan significativa.

Por último, se planteó la pregunta número diez (10) ¿Qué beneficios cree usted que aporta el Jardín Botánico a la comunidad? De acuerdo con el resultado obtenido de esta pregunta, se logra evidenciar que el 73% de los encuestados considera que el principal beneficio que aporta el Jardín Botánico a la zona es la regulación del clima, seguido por un 17% que lo asocia con espacios de recreación y un 10% que lo vincula con la conservación de flora y fauna. Respecto a la opción de respuesta que hace énfasis sobre que este también puede ser un espacio de educación ninguno de los encuestados optó por esta respuesta lo que permite considerar que a este punto no le ven el nivel de relevancia.

**Figura 20.** *Pregunta número 10*



Fuente: Propia (2025).

Estos resultados reflejan que la comunidad percibe al Jardín principalmente desde su función ecológica, destacando su papel como pulmón verde que contribuye a mitigar el calor urbano y mejorar la calidad ambiental. Sin embargo, también se hace evidente la necesidad de promover programas educativos y de sensibilización ambiental que visibilicen el valor pedagógico y social de este espacio dentro de la ciudad.

Ramos Alegre (2024), en su proyecto de investigación titulado “Valoración de servicio ecosistémico por captura de CO<sub>2</sub> en el Ecoparque Jardín Botánico “Armando Dugand Gnecco” de Barranquilla, Colombia” hace mención de los diferentes beneficios ecosistémicos que el ecoparque aporta o representa para la comunidad, entre estos destaca principalmente la captura de CO<sub>2</sub> y que representa aun mayor importancia porque permite enfrentar los impactos derivados por el cambio climático como lo son las altas temperaturas en donde este ecoparque permite mitigar o ayuda a que se dé una regulación del clima en la zona del barrio La Victoria.

### 9.3 Estrategias

La implementación de estrategias de restauración ecológica es fundamental debido a los cambios en la cobertura vegetal que actualmente enfrenta el Jardín Botánico. Estas acciones permitirán contribuir de manera efectiva a la conservación y recuperación de sus ecosistemas.

En primera instancia, las estrategias deben abordar aspectos relacionados con la restauración ecológica, la gestión eficiente del riesgo y el control de especies invasoras.

#### 9.3.1 Estrategias de restauración ecológica.

Se plantea diseñar e implementar un Programa de Restauración y Monitoreo Vegetal, combinando tecnologías geoespaciales con trabajos de campo sistemáticos.

- **Monitoreo anual:** para evaluar la evolución de la cobertura vegetal, se pueden utilizar índices como el NDVI, obtenidos de imágenes satelitales. Esta acción contribuye al seguimiento y mejora de la cobertura vegetal en el área.
- **Validación en campo:** se propone llevar a cabo campañas semestrales para verificar los cambios detectados por sensores remotos, mediante la toma de datos a través de registros fotográficos georreferenciados.
- **Revegetación dirigida:** se sugiere priorizar la siembra de especies nativas adaptadas a las condiciones del área, tales como *Ceiba pentandra*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium* y *Pithecellobium dulce*, en las zonas donde se haya evidenciado pérdida de cobertura vegetal.
- **Restauración de suelos:** se plantea integrar técnicas de bioingeniería y acondicionamiento del suelo para mejorar la retención hídrica, fortalecer la fertilidad del sustrato y favorecer la regeneración natural.

### 9.3.2 Gestión del riesgo y control de especies invasoras.

El Jardín Botánico debe fortalecer su capacidad de prevención y respuesta frente a amenazas tanto naturales como antrópicas que puedan afectar su equilibrio ecológico.

- **Gestión del riesgo climático:** incorporar medidas de adaptación basadas en la naturaleza, tales como la instalación de barreras vivas para reducir la erosión, la captación y aprovechamiento de aguas lluvias y la creación de zonas de amortiguamiento con especies vegetales resistentes a periodos de sequía.
- **Control de especies invasoras:** elaborar un inventario actualizado de la flora exótica presente en el jardín y establecer lineamientos de manejo para su control o erradicación, priorizando aquellas especies que desplazan a la vegetación nativa o alteran los procesos ecológicos locales.
- **Manejo integrado del paisaje:** promover la conectividad ecológica del Jardín Botánico con otras áreas verdes de la ciudad mediante la conformación de corredores biológicos y franjas continuas de vegetación, favoreciendo así la resiliencia del ecosistema.

### 9.3.3 Participación ciudadana.

La permanencia y sostenibilidad del Jardín Botánico dependen de la apropiación social del espacio y del fortalecimiento de la corresponsabilidad entre la comunidad, las instituciones educativas y las entidades gubernamentales.

- **Educación y sensibilización ambiental:** desarrollar programas permanentes de educación ecológica dirigidos a instituciones educativas y organizaciones comunitarias, enfocados en la conservación de especies nativas y en la importancia de los servicios ecosistémicos urbanos.
- **Vigilancia comunitaria y protección ambiental:** coordinar acciones con la Policía Ambiental para fortalecer el control territorial y prevenir daños como tala no autorizada o vandalismo.

➤ **Mesas de participación ambiental:** generar espacios de concertación entre la Alcaldía de Barranquilla y la comunidad orientados a planificar y ejecutar acciones conjuntas de restauración, mantenimiento y gestión sostenible del Jardín Botánico.

➤ **Voluntariado ecológico:** impulsar la conformación de grupos de voluntarios ambientales y la realización de jornadas comunitarias de siembra y mantenimiento, fomentando el sentido de pertenencia y la protección del patrimonio natural.

## 10 Conclusiones

- El análisis visual generalizado y el análisis multitemporal del NDVI evidencian una disminución leve pero sostenida en el vigor y la densidad de la vegetación del Jardín Botánico de Barranquilla entre 2000 y 2024. Este comportamiento sugiere un proceso de degradación ecológica asociado principalmente a factores antrópicos, como tala selectiva, expansión de áreas intervenidas o apertura de caminos y a condiciones naturales de estrés hídrico estacional o multianual. Aunque no se registra una deforestación drástica, sí se observa una pérdida gradual de vitalidad vegetal y una regeneración más lenta, reflejando la presión constante que enfrenta la cobertura boscosa del área.
- En contraste, la percepción de los habitantes del barrio permitió evidenciar que la comunidad percibe un grado de abandono por parte de las autoridades competentes, como la Alcaldía de Barranquilla y la Policía. La comunidad también manifiesta su deseo de recibir un mayor acompañamiento en materia de seguridad, debido a los constantes problemas de inseguridad que afectan la zona. Asimismo, expresan su interés en ser incluidos y participar activamente en actividades o acciones orientadas al cuidado y la conservación del Jardín Botánico.

## **11 Recomendaciones**

Para implementar estrategias efectivas en la zona del Jardín Botánico Armando Dugand Gnecco, es fundamental promover la vinculación activa de los habitantes del sector con las autoridades competentes. Asimismo, resulta esencial garantizar la integridad del Jardín Botánico, preservando su importancia ecológica y su valioso aporte al medio ambiente.

Las autoridades pueden diseñar e implementar planes o programas que permitan fortalecer la cercanía con la comunidad del barrio La Victoria, fomentando así la participación en las acciones de protección y conservación. Así mismo, se recomienda desarrollar programas de reforestación en las áreas donde actualmente se evidencia pérdida de cobertura vegetal, con la finalidad de garantizar la recuperación y conservación del ecosistema del Jardín Botánico.

## 12 Anexos

### 12.1 Anexo 1. Encuesta de percepción



#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado participante, estudiantes de décimo semestre del programa de Ingeniería Ambiental de la Corporación Universitaria Reformada estamos realizando el proyecto “Análisis de la cobertura vegetal del Jardín Botánico de Barranquilla Armando Dugand Gnecco durante los últimos 24 años”.

Te invitamos a participar respondiendo una breve encuesta, en donde tu participación es voluntaria y tus respuestas serán confidenciales, conforme a la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales.

Este cuestionario está dirigido a mayores de 18 años. Si aceptas participar, por favor indica “Sí, acepto participar”; si no deseas hacerlo, puedes responder “No deseo participar”

Acepto participar

No acepto participar

Nombre y Apellidos:

Edad:

#### PREGUNTAS

**1) ¿Hace cuánto tiempo vive usted en el sector del barrio La Victoria?**

- a. Entre 1 a 5 años
- b. Entre 5 a 10 años
- c. Entre 10 a 20 años
- d. Más de 20 años

**2) ¿Durante el tiempo que lleva viviendo en el sector, usted ha identificado cambios respecto a la vegetación del Jardín Botánico?**

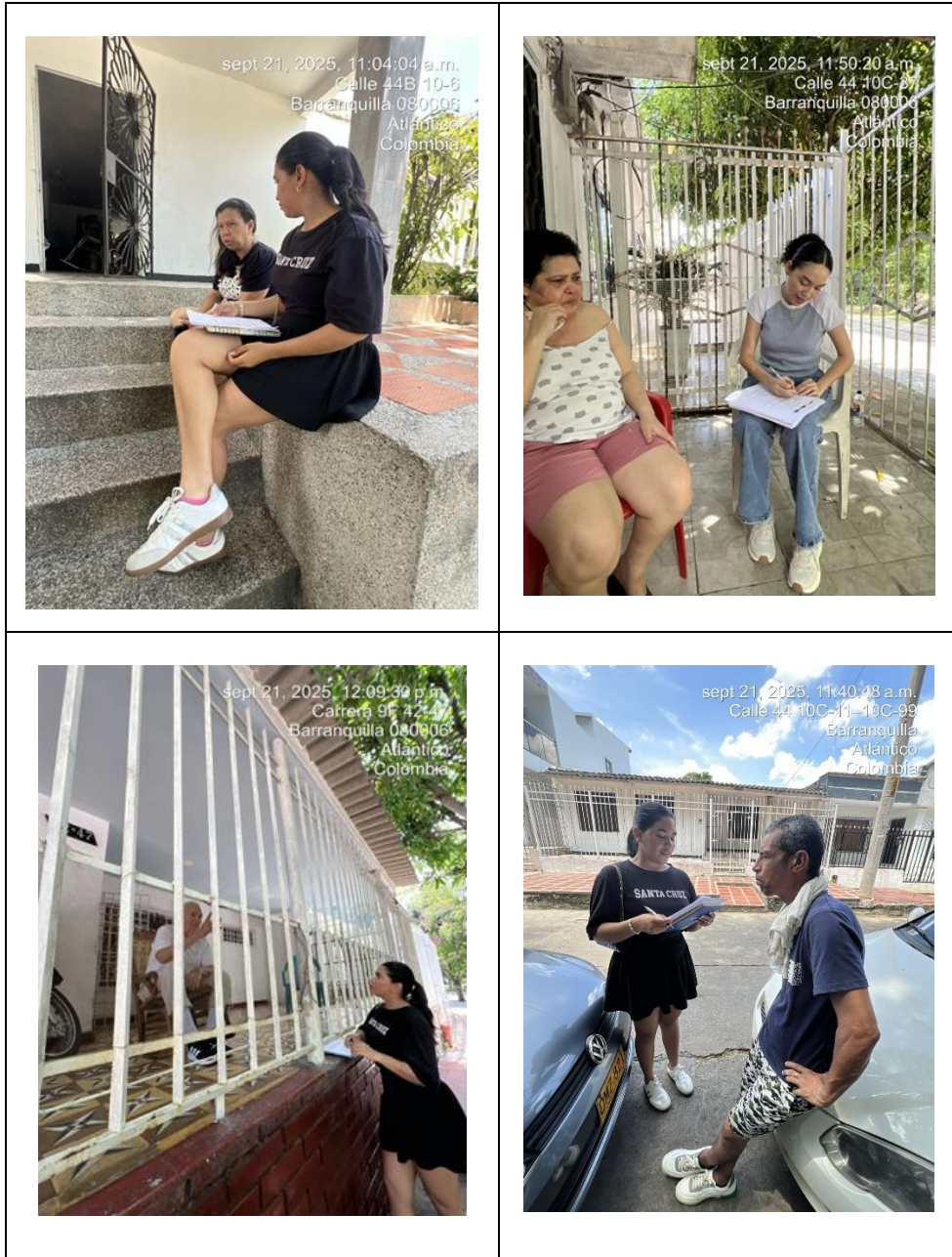
- a. Si
- b. No

**3) En comparación con hace 5 o 10 años, ¿cómo percibe usted el estado actual del Jardín Botánico?**

- a. Mejor que antes
- b. Igual que antes
- c. No sabe / no aplica

- 4) Respecto a la vegetación usted ve:**
- Inseguridad / uso indebido de terceros
  - Perdida de vegetación
  - Falta de señalización o educación ambiental
  - Acumulación de residuos / desechos
  - Vertimientos indebidos en el arroyo
- 5) ¿Qué problemas considera que son prioritarios en el Jardín Botánico?**
- Inseguridad / uso indebido de terceros
  - Perdida de vegetación
  - Falta de señalización o educación ambiental
  - Acumulación de residuos / desechos
  - Vertimientos indebidos en el arroyo
- 6) ¿Qué factores considera que están influyendo en esta situación?**
- Falta de vigilancia por parte de la policía ambiental
  - Acciones negativas de la comunidad
  - Falta de conciencia ciudadana
  - Desinterés de la alcaldía
- 7) ¿Considera usted que se deben implementar medidas para atender esta situación?**
- Si
  - No
- 8) ¿Qué medidas le gustaría a usted que se implementaran?**
- Mayor presencia de la policía ambiental
  - Talleres ambientales de participación ciudadana
  - Mayor interacción de la alcaldía con la comunidad
  - Acciones de siembras de árboles
  - Limpieza de residuos de manera frecuente
- 9) ¿Qué tan comprometida considera que está la comunidad en la conservación del Jardín Botánico?**
- Muy comprometida
  - Algo comprometida
  - Poco comprometida
  - Nada comprometida
- 10) ¿Qué beneficios cree usted que aporta el Jardín Botánico a la comunidad?**
- Regulación del clima
  - Conservación de flora y fauna
  - Espacios de recreación
  - Espacios de educación ambiental
  - Otro

**12.2 Anexo 2. Evidencias fotografías de aplicación de encuestas.**



### 13 Referencias Bibliográficas

Acuña, C., Caballero Calderón, J. D., Corrales, S., & Pineda López, Á. A. (2020). *Ecoparque Jardín Botánico Armando Dugand Gneco* [Fundación Universitaria del Norte].

<https://es.scribd.com/document/523558890/Ecoparque-Jardin-Botanico-de-Barranquilla>

Alcaldía de Barranquilla. (2018). *ACUERDO N 0010*.

<https://www.concejodebarranquilla.gov.co/wp-content/uploads/2020/02/ACUERDO-N-0010-DE-2018.pdf>

Alvarado Brito, N. C., & Mainato Mayancela, F. X. (2021). *Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en el cantón chunchi, providencia del chimborazo*.

[Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20104/1/UPS-CT009032.pdf>

Anqi, H., Nobuyoshi, Y., & Tomohiro, F. (2025). *Multi-temporal analysis of urban vegetation using deep learning and 3D reconstruction*. <https://doi.org/10.1007/s10980-025-02090-4>

APC-Colombia. (2021). *Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) | Agencia Presidencial de Cooperación Internacional*.

<https://www.apccolombia.gov.co/comunicaciones/publicaciones/portafolio-de-oferta-de-cooperacion-sur-sur-de-colombia/sistema-de>

Argel Fernández, A. J. (2022). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL PAISAJE EN MUNICIPIOS CON REMANENTES DE BOSQUE SECO TROPICAL EN LA FRANJA NOROESTE DE LOS DEPARTAMENTOS DE CÓRDOBA Y SUCRE, COLOMBIA 1985-2020* [Universidad De Córdoba].

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/4f3d19b4-17d7-4abf-b368-b7cf04a53742/content>

Barranquilla Verde. (2019, September 16). *Siembra de 100 árboles nativos en el “EcoParque Jardín Botánico Armando Dugand Gneco”*. <https://api.barranquillaverde.gov.co/noticias-detalle/siembra-de-100-arboles-nativos-en-el-ecoparque-jardin-botanico-armando-dugand-gnecco#>

Carranza Callardos, J., & Tasilla Montalvan, F. E. (2020). *Pérdida de cobertura vegetal en el distrito de Morales, San Martín, Perú (periodo 1987 – 2017)*.

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76384323/1775-libre.pdf?1639574181=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPerdida\\_de\\_cobertura\\_vegetal\\_en\\_el\\_distr.pdf&Expires=1762761836&Signature=cHEKaLJtyWHG-hW8oXKTX1icH9nLJpycwCLS8wRv5FleeRZgrS5HkcOrsh2blc37psPhBhn~wnrP~G5hyla7DK2XUmLwH0kTmFhkWX88eybcXgOcOIKUdtby2TK6Uq0l209BYu77o6rzxhyMqDEKTxXqWBlkDukM9dbHevcrX9DERJ8ifhJSB9PqeoUDrLbb6mc1oWmiH1JWxbtU~kLkKzoxPRJNqVy~O9n1w~~11PoYViSbzu1k46m1WVgVv4ZcAOij048dU6~SUNqfFkzU433dLnZX5ES1mMx750jY~hA~rV2E3nvx~fnczxvacKOFZRnjik8q-tSAAHQ5oeGgw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76384323/1775-libre.pdf?1639574181=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPerdida_de_cobertura_vegetal_en_el_distr.pdf&Expires=1762761836&Signature=cHEKaLJtyWHG-hW8oXKTX1icH9nLJpycwCLS8wRv5FleeRZgrS5HkcOrsh2blc37psPhBhn~wnrP~G5hyla7DK2XUmLwH0kTmFhkWX88eybcXgOcOIKUdtby2TK6Uq0l209BYu77o6rzxhyMqDEKTxXqWBlkDukM9dbHevcrX9DERJ8ifhJSB9PqeoUDrLbb6mc1oWmiH1JWxbtU~kLkKzoxPRJNqVy~O9n1w~~11PoYViSbzu1k46m1WVgVv4ZcAOij048dU6~SUNqfFkzU433dLnZX5ES1mMx750jY~hA~rV2E3nvx~fnczxvacKOFZRnjik8q-tSAAHQ5oeGgw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Cayambe Yáñez, M. P., & Simancas Quizhpe, P. I. (2020). *ESTUDIO DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE SIG PARA FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO JUBONES [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]*.

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SINMANCA%20QUIZHPE%20PABLO%20IVAN.pdf>

Chavez Jaramillo, D. (2019). *Autoridades continuarán con vigilancia y acompañamiento en sector del Jardín Botánico para evitar hechos de inseguridad - Emisora Atlántico*.

<https://emisoraatlantico.com.co/local/autoridades-continuaran-con-vigilancia-y-acompanamiento-en-sector-del-jardin-botanico-para-evitar-hechos-de-inseguridad/>

CONABIO. (2023, June 12). *Ecosistemas urbanos | Biodiversidad Mexicana*.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex/urbanos>

CPA Ingeniería. (2017). *CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN (AJUSTE) DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS DIRECTOS RÍO CAUCA (MD)-RÍO AURRA-NSS CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA (CORANTIOQUIA)*. [https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/2.3.FisBio\\_TOMO-III.pdf?utm\\_source](https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/2.3.FisBio_TOMO-III.pdf?utm_source)

Figuerola Uribe, G. G., & Rivera Moreno, M. A. (2024). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN EL RECINTO SARAPULLO CANTÓN MEJÍA. *Geoespacial*, 1, 19–35. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/3288/2710>

Geoinnova. (2024, November 7). *Los SIG y la gestión del Medio Ambiente*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/los-sig-aplicados-al-medio-ambiente/>

Gil Leguizamón, P. A., & Morales Puentes, M. E. (2016). *Vista de Información espacial, herramientas de análisis en la transformación de las coberturas vegetales*. 1–8. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/1176/1454>

Granda Arboleda, E. A., Gómez, N. L., & Bastidas Quintero, E. (2021). *Intervenciones antrópicas e implicaciones ecológicas regionales en el ecosistema de alta montaña Llanos de Cuivá* [Fundación Universitaria Católica del Norte]. <https://repositorio.ucn.edu.co/server/api/core/bitstreams/192ac537-1d96-4735-b4a6-3ae1b5a25dae/content>

Iglesias Pascual, R., & Gómez García, F. J. (2021). La dimensión social de la Infraestructura Verde. Una revisión sobre el bienestar socioambiental en el espacio metropolitano. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2021(78), 259–279. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022021000100259>

Macias Amaya, D. (2023). *Tendencias en la restauración del ecosistema urbano: Direcciones futuras de investigación y lineamientos para la práctica* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/ad083760-cd1d-41c9-969e-383ef38f2988/content>

Mantos De Rojas, Y. M., Pasek De Pinto, E. L., & Peña Briceño, M. V. (2018). *Participación Ciudadana para una Educación Ambiental Sustentable*. [http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista\\_Scientific/article/view/237/204](http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/237/204)

Minambiente. (2022, November 24). *Colombia ya cuenta con su primer mapa de vegetación natural* -. <https://www.minambiente.gov.co/colombia-ya-cuenta-con-su-primer-mapa-de-vegetacion-natural/>

Monroy Hernández, J. (2022). Transformación del paisaje y pérdida del servicio ecosistémico de

regulación hídrica en cuencas urbanas. Casos microcuencas Tintal y Torca en la ciudad de Bogotá, Colombia. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2022(82), 249–268. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000200249>

Monserratt, C., Ramos, S., Guadalupe, J., & Granados, M. (2023). Urbanización y cobertura vegetal en la Zona Metropolitana de Cuernavaca: Urbanization and vegetation cover in the Metropolitan Zone of Cuernavaca. *Latam: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, ISSN-e 2789-3855, Vol. 4, No. 1, 2023 (Ejemplar Dedicado a: LATAM V; 4544 – 4557), 4(1), 263. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.514>

Montoya Rojas, B. R. (2020). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIO DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN PRIVADA BOSQUES DE PALMERA, OCOL - AMAZONAS, PERÍODO 1987- 2017*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2312/Montoya%20Rojas%20Roger.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Moyao Calleja, G., Ramos Bernal, R., Vazquez Jimenez, R., Guiento Herrera, E., & Najera Ramos, A. (2021). *Cálculo de Índices de Vegetación NDVI y SAVI a partir de Imágenes Multiespectrales Obtenidas con un Dron*. [https://www.researchgate.net/publication/351837842\\_Calculo\\_de\\_Indices\\_de\\_Vegetacion\\_NDVI\\_y\\_SAVI\\_a\\_Partir\\_de\\_Imagenes\\_Multiespectrales\\_Obtendidas\\_con\\_un\\_Dron](https://www.researchgate.net/publication/351837842_Calculo_de_Indices_de_Vegetacion_NDVI_y_SAVI_a_Partir_de_Imagenes_Multiespectrales_Obtendidas_con_un_Dron)

Nieto, C., Alicia; Jiménez, O., Fernando, L., Nieto, ;, De, M. V., Forestales, C., Ocupación, Y., & Territorio En, D. (2016). VARIACIÓN DE COBERTURAS FORESTALES Y OCUPACIÓN DEL TERRITORIO EN EL MUNICIPIO DE ARMENIA 1939-1999. *Revista Luna Azul*, 42, 319–340. <https://doi.org/10.17151/LUAZ.2016.42.19>

Paniagua-Villada, C., Garizábal-Carmona, J. A., Martínez-Arias, V. M., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2024). Built vs. Green cover: an unequal struggle for urban space in Medellín (Colombia). *Urban Ecosystems* 2024 27:4, 27(4), 1055–1065. <https://doi.org/10.1007/S11252-023-01443-8>

Ramon Revilla, A. (2016, February 26). *¿Qué son los servicios ecosistémicos?* .

<https://www.creaf.cat/es/articulos/que-son-los-servicios-ecosistemicos>

Ramos Alegre, A. D. (2024). *Valoración de servicio ecosistémico por captura de CO2 en el Ecoparque Jardín Botánico “Armando Dugand Gnecco” de Barranquilla, Colombia* [Universidad de la Costa]. <https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e5672517-cd1c-47a9-8bd3-7de744637f0f/content>

Rocha López, D. F., & Ordóñez Méndez, L. Y. (2023). *APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA EL ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE LA COBERTURA VEGETAL ASOCIADA A HUMEDALES POR ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN LA AMAZONIA COLOMBIANA*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/59371/lyordonezm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rocha López, D. F., & Ordoñez Mendez, L. Y. (2023). *Aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) para el análisis de la pérdida de la cobertura vegetal asociada a humedales por actividades antropogénicas en la Amazonía colombiana*.

<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/59371>

Rodríguez, A., & Chaucanes Tello, J. (2023, May 27). *Propuesta de identificación de zonas aptas para cultivos en el Municipio de Purace utilizando análisis con sistema de información geográfica y metodología multicriterio*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/56325/jdchaucanest.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Segura Gil, J. C., & Guerra Valle, O. (2023). *DINÁMICAS DE LAS COBERTURAS DE BOSQUES DEL PARQUE NATURAL REGIONAL SERRANÍA DE LAS QUINCHAS, A PARTIR DE ESTUDIOS MULTITEMORALES MEDIANTE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)*.

Subia Tito, Y. (2020). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS [ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA ]*.

[https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/14781/Subia\\_Tito\\_Yakeline.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/14781/Subia_Tito_Yakeline.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vidal Moranta, T., & Pol Urrútia, E. (2005). La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. *Anuario de Psicología*, 36(3), 281–297.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=97017406003>