



**Análisis multitemporal de cambios en la cobertura vegetal y en el espejo de agua del  
Humedal Laguna de la Herrera entre 1962, 2019 y 2023.**

**Nelly Yohanna Granada Marín**

Código: 11792329069

**John James Olave Beltrán**

Código: 11792326153

**Universidad Antonio Nariño**

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

**Análisis multitemporal de cambios en la cobertura vegetal y en el espejo de agua del  
Humedal Laguna de la Herrera entre 1962, 2019 y 2023.**

**Nelly Yohanna Granada Marín**

**John James Olave Beltrán**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Especialista en Sistemas de Información Geográfica**

Director:

M.Sc. David Doncel Ballén

Línea de Investigación:

Análisis Multitemporal

**Universidad Antonio Nariño**

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

## Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>9</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Planteamiento del problema</b> .....	<b>12</b>
<b>3. Justificación</b> .....	<b>13</b>
2.1 Hipótesis .....	14
<b>4. Objetivos</b> .....	<b>15</b>
3.1 Objetivo general .....	15
3.2 Objetivos específicos .....	15
<b>5. Marco conceptual</b> .....	<b>16</b>
5.1 Humedales .....	16
5.2 Humedal Laguna de la Herrera.....	17
5.2.1 Localización.....	17
5.2.2 Características del humedal .....	17
5.2.3 Contexto histórico.....	18
5.2.4 Actividades económicas en el área de interés.....	19
5.2.5 Importancia del humedal Laguna de la Herrera.....	20
5.2.6 Normatividad .....	20
5.3 Cobertura vegetal.....	21
5.4 Espejo de agua.....	22
5.5 Cobertura de la tierra .....	22
5.6 Leyenda nacional Corine Land Cover .....	22

		4
5.7	Imagen satelital.....	23
5.8	Imágenes Aéreas.....	24
5.9	Satélite Sentinel.....	24
5.10	Fotointerpretación.....	25
5.11	Análisis multitemporal .....	26
5.12	Estado del conocimiento.....	26
<b>6.</b>	<b>Recursos y metodología .....</b>	<b>28</b>
6.1	Área de estudio .....	28
6.2	Insumos.....	28
6.3	Descarga y procesamiento de imágenes .....	29
6.4	Delimitación preliminar de la laguna y selección del área de interés .....	30
6.5	Clasificación digital de coberturas .....	34
6.6	Análisis multitemporal .....	34
<b>7.</b>	<b>Resultados y Discusiones .....</b>	<b>35</b>
7.1	Resultados del análisis multitemporal para los tres periodos de estudio... 35	35
7.2	Resultados coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera año 1962 .....	35
7.3	Resultados coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera año 2019 .....	36
7.4	Resultados coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera año 2023 .....	38
7.5	Tasas de cambio de las coberturas.....	39
7.6	Resultados espejo del agua para los años 1962, 2019 y 2023 .....	40
7.7	Comparación con otros estudios.....	42

**Conclusiones .....44**

**Referencias Bibliográficas.....46**

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> .....	18
<b>Figura 2</b> .....	28
<b>Figura 3</b> .....	31
<b>Figura 4</b> .....	32
<b>Figura 5</b> .....	32
<b>Figura 6</b> .....	33
<b>Figura 7</b> .....	33
<b>Figura 8</b> .....	35

**Lista de graficas**

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1</b> .....	36
<b>Gráfica 2</b> .....	37
<b>Gráfica 3</b> .....	38
<b>Gráfica 4</b> .....	40
<b>Gráfica 5</b> .....	41

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> .....	23
<b>Tabla 2</b> .....	30
<b>Tabla 3</b> .....	34
<b>Tabla 4</b> .....	37
<b>Tabla 5</b> .....	39
<b>Tabla 6</b> .....	40
<b>Tabla 7</b> .....	41
<b>Tabla 8</b> .....	42
<b>Tabla 9</b> .....	42
<b>Tabla 10</b> .....	43



## Resumen

El uso de las tecnologías de la geoinformación permite entender de mejor manera lo que pasa en nuestro entorno más próximo. En este trabajo se aborda la problemática relacionada con la reducción del área vegetal y del espejo de agua que presenta el Humedal Laguna La Herrera del municipio de Mosquera, Cundinamarca. Se hace un análisis desde el año 1962 fecha anterior al inicio de las actividades extractivas de las canteras frente a la Laguna; del año 2019 fecha anterior a las actividades de recuperación y finalmente de la época actual 2023 en dónde la Corporación Autónoma Regional CAR se encuentra en proceso de recuperación del humedal.

El objetivo es comprender desde el análisis de coberturas de la tierra a partir de imágenes aéreas y satelitales, lo que ha venido sucediendo en el humedal en estos tres periodos y los cambios que ha tenido este importante recurso hídrico del municipio.

Finalmente se obtendrán las cantidades de las coberturas por cada uno de estos años, tanto en porcentaje, como en hectáreas, de la zona de estudio seleccionada.

**Palabras claves:** Cobertura vegetal, espejo del agua, análisis multitemporal, coberturas, imágenes.

## **Abstract**

The use of geoinformation technologies allows us to better understand what is happening in our immediate environment. This work addresses the problem related to the reduction of the plant area and the water body presented by the Laguna La Herrera Wetland in the municipality of Mosquera, Cundinamarca. An analysis is made from the year 1962, date before the beginning of the extractive activities of the quarries in front of the Laguna; from the year 2019, the date before the recovery activities and finally from the current time 2023 where the CAR Regional Autonomous Corporation is in the process of recovering the wetland.

The objective is to understand, from the analysis of land cover based on aerial and satellite images, what has been happening in the wetland in these three periods and the changes that this important water resource of the municipality has had.

Finally, the amounts of coverage for each of these years will be obtained, both in percentage and in hectares, of the selected study area.

**Keywords:** Vegetation cover, water mirror, multitemporal analysis, coverage, images.

## 1. Introducción

Las transformaciones a los ecosistemas es una de las mayores preocupaciones a nivel mundial, que en gran medida se da por intervenciones antrópicas que directamente generan disminución de sus servicios ecosistémicos a cambio del desarrollo de actividades condicionadas y/o prohibidas para ciertas áreas como los humedales, que son ecosistemas únicos por su riqueza biológica, ecológica y cultural.

En el humedal Laguna de la Herrera, son notorias las transformaciones que ha experimentado este ecosistema progresivamente y que lo han condicionado, siendo un área de especial interés ambiental, científico y paisajístico; las actividades más representativas en la zona son la extracción minera, industrial, agrícola, pecuaria y complementarias como asentamientos humanos y alteración del régimen hidrológico para sistema de riego en épocas secas del año.

Por eso es necesario hacer un monitoreo al estado actual del humedal con el fin de analizar los cambios y/o transformaciones que ha experimentado desde los años 60 a la fecha usando imágenes aéreas y satelitales, que permita contribuir a los estudios realizados, validar su estado real de acuerdo a los proyectos que se están ejecutando actualmente como el “plan de restauración del humedal Laguna La Herrera” que lleva a cabo la CAR y como referencia de la administración de este recurso natural para las empresas y los municipios limítrofes.

## 2. Planteamiento del problema

En Cundinamarca, el recurso hídrico más grande de la sabana de occidente “Humedal Laguna de la Herrera”, ha sido expuesto a continuos cambios producto del establecimiento de canteras desde los años 70 que extraen minerales de los cerros y generan sedimentos; en esta zona también se asentaron fábricas de asfalto, riesgo adicional por el uso de sustancias, combustibles y aceites que puede llegar al cuerpo de agua por arrastre; adicional las actividades agrícolas, pecuarias y vertimientos que han generado eutrofización por asentamiento humanos y por hacer parte del distrito de riego la Ramada, por el cual recibe agua procedente del río Bogotá por bombeo a través del canal San José.

Por lo mencionado, el presente documento tiene como finalidad analizar ¿Qué cambios a experimentado el humedal Laguna de la Herrera en la cobertura vegetal y en el espejo del agua en los últimos 60 años producto de las intervenciones antrópicas?

### 3. Justificación

El municipio de Mosquera es un centro estratégico para las empresas por su ubicación ya que se encuentra en el entorno de la capital colombiana, con tendencia al crecimiento poblacional, minero, industrial, comercial, financiero, social, cultural, deportivo y educativo (Anzola Peraza, J. J y Torres Castellanos, E. J., 2023), que directamente trae impactos para los recursos naturales de la zona, como es el Humedal Laguna de la Herrera.

Estas intervenciones antrópicas son una constante amenaza para los humedales, que acelera la tasa de cambios, afecta su estructura y servicios ecosistémicos por sobreexplotación de sus recursos. En Colombia, Patiño, J. E. (2016) estimó que casi una cuarta parte de la superficie de humedales ha sido transformada a otro tipo de coberturas terrestres dedicadas a la ganadería, la agricultura, y en menor medida a la minería, la urbanización, la construcción de vías y obras civiles.

Alrededor de este humedal, se ven reflejadas todas las actividades mencionadas anteriormente por el desarrollo económico que se ha experimentado a nivel local, por eso es necesario analizar los cambios que ha tenido este ecosistema en diferentes periodos con la ayuda de imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas, que aporten en la identificación de las transformaciones que ha padecido desde los años 60 a la fecha.

Además, que contribuya a los estudios ejecutados y permita validar su estado real ante los avances del “plan de restauración del humedal Laguna La Herrera” que lleva a cabo la CAR; también sirva como referencia de la administración de este recurso natural para las empresas y municipios limítrofes como Bojacá por la interconexión con la subcuenca del río Bojacá y Madrid por su aporte con la frontera agrícola, pecuaria entre otras.

## **2.1 Hipótesis**

Hipótesis descriptiva: “Las intervenciones antrópicas generan cambios en la cobertura vegetal y en el espejo del agua del Humedal Laguna de la Herrera”

## **4. Objetivos**

### **3.1 Objetivo general**

Analizar los cambios en la cobertura vegetal y en el espejo del agua que ha experimentado el Humedal Laguna la Herrera en los últimos 60 años mediante imágenes satelitales y fotografías aéreas.

### **3.2 Objetivos específicos**

Cuantificar las coberturas vegetales y el espejo de agua en el Humedal Laguna de la Herrera.

Estimar el porcentaje de cambio en la cobertura vegetal y en el espejo de agua en el Humedal Laguna de la Herrera.

## 5. Marco conceptual

### 5.1 Humedales

El concepto humedales, según la Secretaría de la Convención Ramsar en 2013, hace referencia a “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

Por su parte, DAMA (2000), lo define como ecosistemas intermedios entre la transición de lo acuático y lo terrestre con áreas húmedas, semihúmedas y secas que tiene flora y fauna característica; con suelos únicos y organismos adaptados a este ambiente (Jaramillo et al., 2015), y en los que el agua, el suelo y las comunidades biológicas son los elementos más importantes (Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. (2000).

La CAR (s. f.), también los define como sistemas lénticos o cuerpos de agua que permanecen en un mismo lugar sin correr, ni fluir; o según Pineda González, C. P., et al., (2018), son ecosistemas con un espejo de agua permanente o saturado que pueden encontrarse aislados o interconectados (Pineda González, C. P., et al., 2018),

Años atrás, fueron considerados lugares poco saludables y de poca productividad, ahora reconocidos como lugares estratégicos para la conservación de organismos vivos, para amortiguar crecientes y por los servicios que prestan (Senhadji Navarro, K., Ruíz Ochoa, M.A. & Rodríguez Miranda, J.P., 2017; CAR., 2006), además, porque son ecosistemas estructurantes para la biodiversidad y para los procesos ecológicos (Herrera, M. A., Sepúlveda, M. V. & Aguirre, N., 2008; Ruiz, D. C., 2014; Vilardy S. et al., 2014).



También cumplen un papel importante en la cultural y en el progreso de un pueblo (Herrera et al., 2008; Mosquera et al., 2015), por la variedad de servicios que presta al hombre para el desarrollo de sus sistemas productivos, servicios que la sociedad no podría suplir con sistemas artificiales (CAR., 2006).

En Colombia, estos ecosistemas están localizados en la región Andina y se clasifican según su origen, como los de la alta montaña andina, los formados por depresiones morfológicas, tectónicas o por obstrucciones geológicas continuas, que por su composición, por su baja o nula inclinación pueden tener acumulación de sedimentos lacustres (Pineda González, C. P., et al., 2018); y para su conservación, Colombia adoptó la definición de la Convención Ramsar y acordó la Política Nacional para Humedales mediante la Ley 357 de 1997.

## **5.2 Humedal Laguna de la Herrera**

### **5.2.1 Localización**

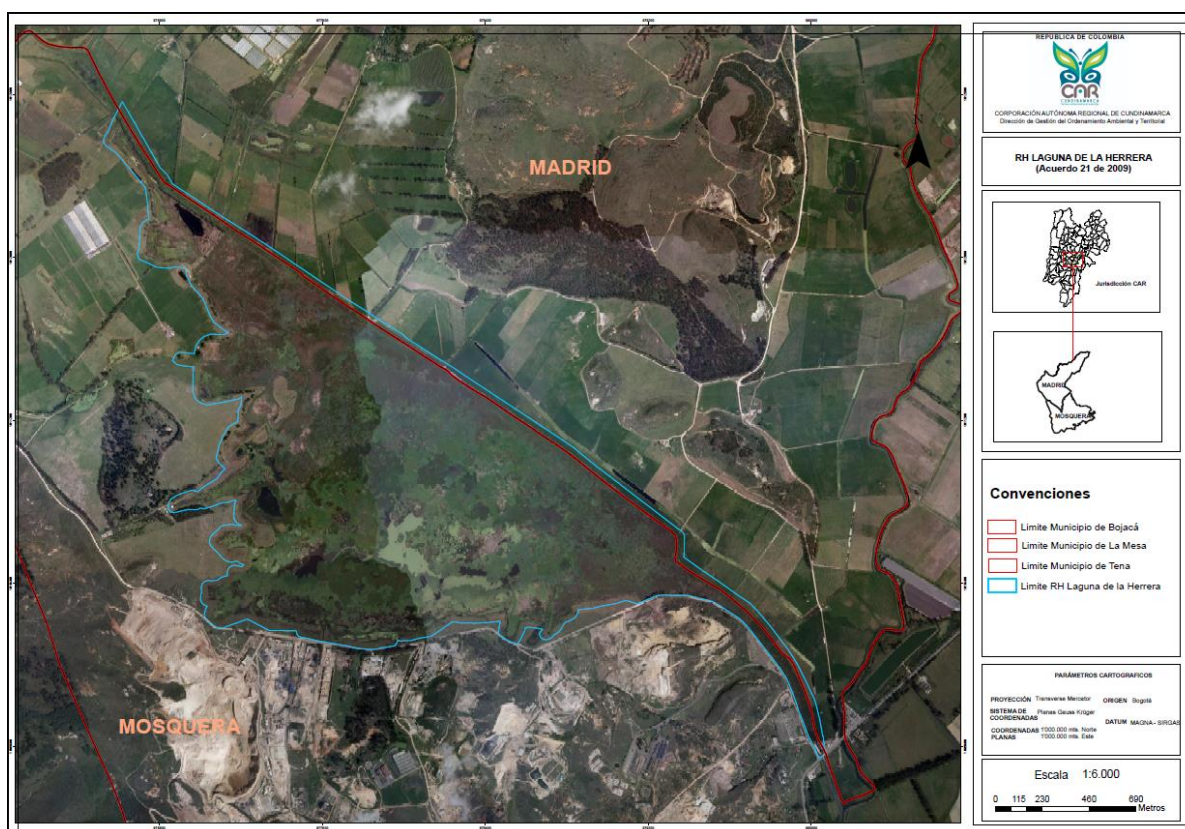
Este ecosistema, se encuentra a 7,2 kilómetros del casco urbano de Mosquera, en la vereda Balsillas (Alcaldía de Mosquera, 2017) y a 12 kilómetros al occidente de Bogotá desde la salida por la calle 13 en Fontibón. Queda en límites con Madrid y con el sur oriente de la cuenca del río Bojacá (Figura 1).

### **5.2.2 Características del humedal**

Tiene un área de 281 ha, altura de 2550 m.s.n.m., con clima frío y seco, 12°C de temperatura promedio, lluvias entre 500 y 1.000 mm, además funciona como una hoya hidrográfica por el área de drenaje que discurre directamente debido a que su ubicación está sobre un paisaje de planicie con pendientes entre 1 y 3%, que comprende un área amplia no confinada, con alturas entre 1 y 10 m según parámetros definidos por Zinck (1987) y un paisaje de montaña con un relieve abrupto y complejo entre 7 y 12% o mayor de 25% (CAR., 2006).

**Figura 1**

*Límite Reserva Hídrica Humedal Laguna de la Herrera*



**Nota:** Salida gráfica del Humedal según CAR 2006

### 5.2.3 Contexto histórico

Según la historia de los humedales de la Sabana de Bogotá, estas actuales chucuas son producto del fuerte descenso del nivel del gran lago Humboldt en el cuaternario y de las actividades antropogénicas de los muisca en estos valles de drenaje natural (Van der Hammen, 2003), que dieron origen a humedales como la Laguna de la Herrera, un lago residual formado por una serie de bajos y depresiones (CAR., 2006).

#### 5.2.4 Actividades económicas en el área de interés

En los alrededores del humedal se evidencia actividades económicas del sector primario (minería, agricultura y pecuario), sector secundario (industrial) y sector terciario (servicios y comercio).

**Actividad minera:** En Mosquera hay 11 títulos mineros vigentes dedicados a la extracción de materiales de construcción (recebo, grava, areniscas, caliza, arcillas industriales, arenas, triturados entre otros), metales especiales (Y-itrio, Hf-Hafnio) y minerales (caolinita, entre otros) para obras de orden regional y departamental (ANM, 2019; Gobernación de Cundinamarca, 2021), que afectan la capa vegetal, generan erosión y cárcavamiento por explotación del subsuelo (Alcaldía de Mosquera, 2013).

**Actividad agrícola:** En algunas haciendas de la zona cultivan flores, lechuga, espinaca, repollo, coliflor, zanahoria, apio, ajo, papa y arveja (CAR., 2006).

**Actividad pecuaria:** En los alrededores del humedal, existe producción de Huevos y ganadería de leche como actividad pecuaria principal (Alcaldía de Mosquera, 2013; CAR., 2006).

**Actividad industrial:** Al costado sur de la laguna hay presencia de varias empresas de explotación de recebo, producción de concreto y asfalto (CAR, 2006), actividades que afectan e impactan la laguna con el arrastre de sedimentos hasta ella (Heredía & Vásquez, 2020); y adicional a este impacto existen otras empresas como Quimiorgane y Asogas que desarrollan otro tipo de actividades industriales en la zona.

**Actividades socioeconómicas:** Alrededor del humedal existen otras actividades que se desarrollan principalmente por los asentamientos humanos como los establecimientos comerciales, pequeños locales y tiendas para distribución de alimentos (CAR., 2006).

### **5.2.5 Importancia del humedal Laguna de la Herrera**

De acuerdo a Andrade, G. I, (1994), la Laguna de la Herrera es el último gran humedal de la Sabana de Bogotá; es un ecosistema único por su riqueza biológica, porque en el habita flora y fauna en peligro de extinción, porque hospeda aves migratorias (CAR., 2012), por su valor ecológico al estar en una zona entre valles y chucuas (CAR., 2006).

También porque funciona como reservorio hídrico, control de inundaciones, es de gran belleza paisajística, potencial recurso turístico, espacio para investigación científica, (Alcaldía de Mosquera, 2020) y patrimonio cultural puesto que han encontrado vestigios humanos de culturas precerámicas en 13 sitios arqueológicos ubicados alrededor de la laguna (Sylvia Broadbent.,1971).

Además, hace parte del distrito de Riego la Ramada, junto al río Bojacá como principal afluente y el río Bogotá que aporta agua por el canal San José hasta la estación de bombeo Mondoñedo para luego ser vertida a la Herrera (CAR-FONADE., 2003) y usada en épocas secas; este aprovechamiento se da en el sitio de los puente desde 1973 cuando construyeron la infraestructura hidráulica (CAR., 2006) y que ha provocado la reducción del caudal teniendo en cuenta que en registros históricos de la estación limnigráfica del Puente Galindo, el humedal alcanzó un caudal promedio de 25 m<sup>3</sup>/s.

### **5.2.6 Normatividad**

La laguna de la Herrera, por sus características fue categorizada como humedal del altiplano cundiboyacense (Calvachi B. y Galindo G., 2009; CAR, 2011) y por su importancia a nivel municipal y regional fue declarada “reserva hídrica” según acuerdo N°23 de julio 17 de 2006 (CAR., 2006).

Atendiendo la Resolución No. 196 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la CAR formuló el Plan de Manejo Ambiental mediante acuerdo No. 21 de agosto 04 de 2009, en el que se establece los usos (principales, compatibles condicionados y prohibidos), restricciones y zonificación para este ecosistema.

Dentro de este orden de protección, la Corte Constitucional nombra los humedales como bienes inalienables e imprescriptibles del Estado y fija una ronda hídrica de 30 metros mediante el artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales) (MADS, 2021); por consiguiente, el sistema ambiental municipal de Mosquera define el suelo de protección ambiental en el PBOT (2013) articulado con el POMCA del río Bogotá, en el que establece un área de protección de 30 m alrededor del cuerpo de agua y 20 m continuos para la siembra de bosque.

### **5.3 Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal es una capa biofísica observable de vegetación propia ubicada en la superficie (Di Gregorio y Jansen, 2000), que protege el suelo de la impermeabilización, del impacto del agua lluvia y de las alteraciones en su estructura (Baño y Heredia, 2021); que cuenta con una extensa gama de biomasas con diversas características ambientales y fisonómicas (MADS, 2022).

Estas capas pueden estar representadas en áreas de pastos, áreas de bosques naturales (MADS, 2022) hasta áreas de cultivos (Rincón et al., 2012), siendo esta última producto de los cambios del uso del suelo por intervenciones antrópicas (Turner et al., 1995) sin embargo cumple funciones de nutrición y protección del suelo (Apelo, 2022).

#### 5.4 Espejo de agua

El espejo de agua es un espacio comprendido sobre un plano horizontal; o una superficie expuesta y en contacto con la atmósfera de los ecosistemas lenticos (Sarmiento, F. O, 2000), donde se puede observar presencia de agua con poca o escasa presencia de vegetación (Castillo, I. M. & Rodríguez, M. A., 2017), su coloración puede variar del azul oscuro al negro con bordes irregulares vista desde una imágenes satelital.

#### 5.5 Cobertura de la tierra

Según el IDEAM (2010) “cobertura de la tierra” hace referencia a ecosistemas lenticos, lóticos, de paramo, pastizales, agro sistemas, bosques naturales y sistemas artificializados como ciudades y obras de ingeniería.

#### 5.6 Leyenda nacional Corine Land Cover

La Leyenda nacional jerarquiza las coberturas de la tierra en 5 unidades estandarizadas para todas las regiones de Colombia. La primera hace referencia a los **territorios artificializados** como zonas de ciudades, poblaciones que se están incorporando o cambios del uso del suelo, clasificadas como zonas urbanizadas, industriales o comerciales y redes de comunicación, de extracción mineras y escombreras y verdes artificializadas no agrícolas; la segunda, hace referencia a **territorios agrícolas**, como zonas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, pastos y las zonas agrícolas heterogéneas (Tabla 1).

La tercera unidad corresponde a los bosques y las áreas seminaturales como zonas de bosques, de vegetación herbáceas y arbustiva, y abiertas con poca o sin vegetación; la cuarta unidad hace referencia a las **áreas húmedas** como zonas inundados con presencia de vegetación acuática; y la quinta y última clase hace referencia a **superficies del agua** como ríos, lagunas,

lagos, ciénagas, canales, cuerpos de agua artificiales, lagunas costeras, mares, océanos y estanques para acuicultura marina (IDEAM, 2010).

**Tabla 1**

*Leyenda nacional de coberturas de la tierra a escala 1:100.000.*

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>	<b>3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES</b>
<b>1.1. Zonas urbanizadas</b>	<b>3.1. Bosques</b>
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
<b>1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación</b>	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
<b>1.3. Zonas de extracción minera y escombreras</b>	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
<b>1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas</b>	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativa	<b>3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva</b>
<b>2. TERRITORIOS AGROICOLAS</b>	3.2.1.1. Herbazal denso
<b>2.1. Cultivos transitorios</b>	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.3. Arracachal
<b>2.2. Cultivos permanentes</b>	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.2. Caña	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.5. Papaya	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.6. Amapola	<b>3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación</b>
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.2. Café	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.5. Coca	<b>4. AREAS HÚMEDAS</b>
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	<b>4.1. Áreas húmedas continentales</b>
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.2. Turberas
2.2.3.3. Citricos	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.4. Mango	<b>4.2. Áreas húmedas costeras</b>
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.2. Salitral
<b>2.3. Pastos</b>	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3.1. Pastos limpios	<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>
2.3.2. Pastos arbolados	<b>5.1. Aguas continentales</b>
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.1. Ríos (50 m)
<b>2.4. Áreas agrícolas heterogéneas</b>	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.3. Canales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	<b>5.2. Aguas marítimas</b>
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

*Nota:* Tabla tomada del IDEAM 2010.

## 5.7 Imagen satelital

Las imágenes satelitales son una representación visual de la energía electromagnética de diferentes superficies terrestres, las cuales son captadas por un sensor en un satélite artificial, esta

energía se almacena en bandas espectrales y se envían a una estación terrestre que se encarga de procesarla hasta convertirse en una imagen digital, de esta manera los objetos o fenómenos ambientes se logran diferenciar por la longitud de ondas electromagnéticas emitidas (Martínez y Pinto, 2018).

## **5.8 Imágenes Aéreas**

Las imágenes aéreas también denominadas aerofotografía o fotografía aérea, es una imagen de la superficie terrestre obtenida por medio de sensores instalados en plataformas aerotransportadas que presentan un sistema aéreo digital métrico (IGAC, 2016).

Son una proyección cónica, sólo real en el punto en que el eje óptico vertical corta a la realidad y, por lo tanto, con una progresiva deformación o anamorfosis al separarse del nadir del fotógrafo. Son parecidas a un mapa pero con más información que se puede combinar con la cartografía en escalas comparables, una proyección ortogonal. Sin embargo precisa de correcciones geométricas a las que denominamos ortofotos (García Rodríguez, M. P. et. al. 2012).

## **5.9 Satélite Sentinel**

Sentinel-2 es una misión óptica de observación de la Tierra de alta resolución desarrollada por la ESA dentro del programa de Vigilancia Global del Medio Ambiente y la Seguridad (GMES), que se apoya con un sistema de dos satélites idénticos en órbita polar que proporciona datos y aplicaciones para la vigilancia terrestre operativa, la respuesta a emergencias y los servicios de seguridad. (ESA., 2012).

Estos satélites cuentan con una cámara multiespectral de 13 bandas, cuatro de estas con distancia de 10m, seis bandas a 20m y tres bandas a 60m de resolución espectral, especiales para



estudios de ordenamiento del territorio, monitoreos de bosques, vegetación, agroambientales, carbono terrestre, de recursos naturales y de cultivos (ESA., s. f.).

Sus productos están definidos en una proyección UTM/WGS84 compuestos por losas de 110x110 km<sup>2</sup> de superficie para facilitar una superposición con las vecinas, en vista que la Tierra se subdivide en un conjunto predefinido de teselas también en proyección UTM/WGS84, utilizando un paso de 100 km.

El producto de nivel 2A proporciona imágenes de reflectancia superficial (SR) corregidas atmosféricamente, derivadas de los productos de nivel 1C asociados. La corrección atmosférica de las imágenes de Sentinel-2 incluye la corrección de la dispersión de las moléculas de aire (dispersión de Rayleigh), de los efectos de absorción y dispersión de los gases atmosféricos, en particular el ozono, el oxígeno y el vapor de agua, y la corrección de la absorción y dispersión debidas a las partículas de aerosol. Los productos de nivel 2A se consideran un producto ARD (DataSpace Copernicus., s. f.).

### **5.10 Fotointerpretación**

La fotointerpretación es un análisis e interpretación de fotografías aéreas con el fin de identificar objetos (Hernández, M. Q, 2011), que permite determinar un contexto y reconstruir un lugar-espacio definido (Cárdenas Pérez, R. E. et al. 2020), a distancia sin que exista un contacto material (Masterdrones.eu., 2020), a través de un proceso de detección, identificación, análisis, deducción, clasificación e idealización (elaboración de un esquema abstracto), con elementos como tamaño, forma, sombras, tonos, textura, patrón, distribución de elementos, localización y la asociación (Godoy-Uribe G M y Figueroa-Gutiérrez E. E., 2020).

Este proceso puede tener un enfoque cualitativo donde el espectro electromagnético interactúa con suelo, vegetación, agua, contaminación, etc. y cuantitativo o geométrico, donde las proyecciones de la luz se refleja en el objeto, hablamos de las imágenes oblicuas que son las que captan el medio de forma panorámica (Aber, J. S., *et. al*, 2010) cobrando relevancia la forma y la altura del objeto; y de las imágenes zenitales que permiten generar ortomosaicos (Colomina, I. y Molina, P., 2014).

### **5.11 Análisis multitemporal**

El análisis multitemporal es un estudio de tipo espacial (Veloza Torres, J P. 2017), que se realiza por medio de procedimientos metodológicos que buscan la captura de datos numéricos y geográficos, obtenidos como imágenes satelitales (Fonseca y Gómez) que permiten determinar cambios de la cobertura ya sea por evolución del medio natural, por fenómenos naturales o de origen antrópico (Chuvienco, 1990), este seguimiento a un área de interés se puede hacer en periodos diferentes con imágenes de sensores remotos (Peralta, 2018) o con fotografías aéreas y es de los métodos más eficaces para determinar y comparar cambios (Silva, 1999).

### **5.12 Estado del conocimiento**

De acuerdo al análisis multitemporal que realizó la CAR en la supervisión del PMA del humedal Laguna de la Herrera para el 2004, este presentó pérdida parcial del bosque natural, convertido de 1987 a 1996 en matorrales ralos asociados con pastizales; pérdida en el área cubierta por el espejo de agua del humedal, especialmente referida a la expansión y colonización de áreas para establecimiento de praderas; y deterioro de las áreas montañosas cercanas a los humedales, especialmente debido a que entre 1987 y 1996 el proceso erosivo debido a la explotación de canteras aumentó.

En el análisis multitemporal de las coberturas de vegetación acuática y aves asociadas a la laguna de la herrera entre 1938 y 2015, (Cundinamarca, Colombia) las problemáticas fueron la eutrofización, el drenaje de agua, la presencia de canteras y el aumento de sedimentos; para 1940 el humedal tenía un área de 406 ha y a 2015 paso a 284 ha que equivale al 30% de reducción, también hubo pérdida de 107 ha de espejo de agua pasando del 30% en área total del humedal al 4.2%; también hubo aumento de la vegetación acuática por periodos en los que esta cubrió toda el área de la laguna, haciendo la isla indistinguible (Villamarín Gil, S., Gil Castañeda, R., y Córdoba Córdoba, S., (s. f.).

En otro análisis multitemporal realizado en la zona entre 1985 y 2018 por Salamanca (2018), analizaron los cambios generados en el humedal y en el espejo de agua respecto al crecimiento de la zona de extracción de material de construcción (canteras); en este también se presentó disminución del humedal y del espejo del agua a medida que aumentaron las hectáreas destinadas para el establecimiento de canteras en la zona. De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio en 1985 el área del humedal era de 314 hectáreas, 162 de espejo del agua, y 295 hectáreas de canteras, y para el 2018 el área del humedal fue de 288 hectáreas, 53 de espejo de agua y 4494 hectáreas de canteras. Indicando que estos datos son inversamente proporcional, a mayor hectáreas destinadas a extracción minera menor son las hectáreas del humedal y del espejo del agua.

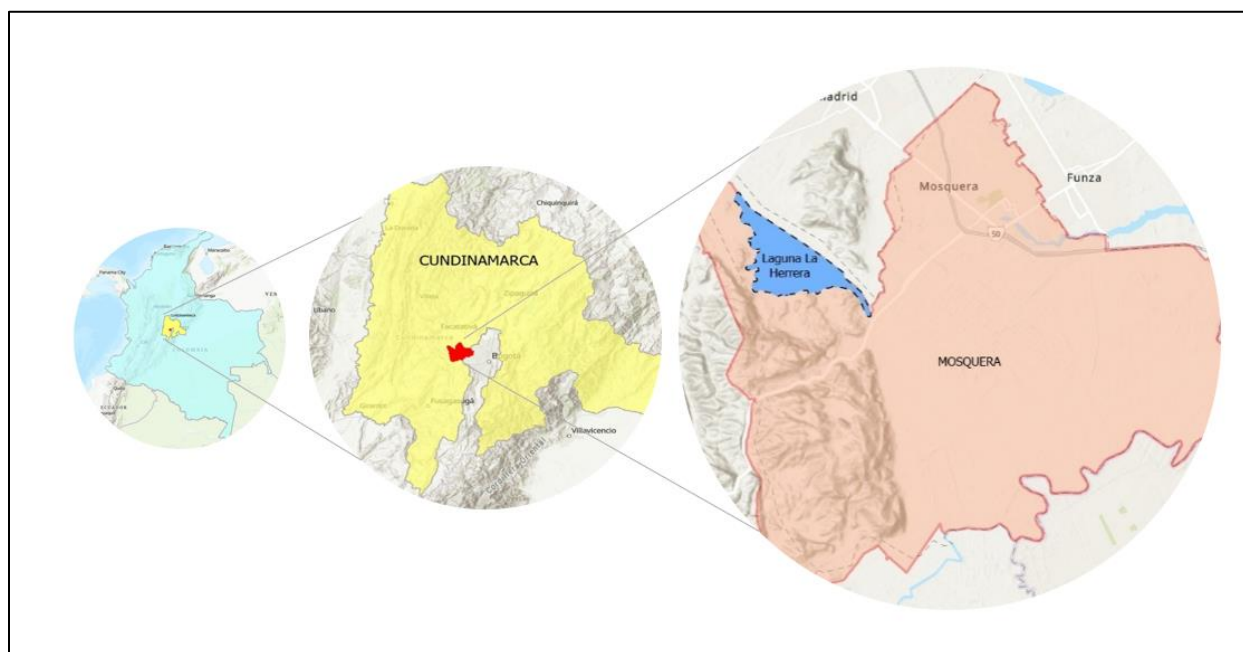
## 6. Recursos y metodología

### 6.1 Área de estudio

El humedal Laguna de la Herrera, se encuentra en la vereda Balsillas a 7,2 kilómetros del casco urbano de Mosquera (Alcaldía de Mosquera, 2017), en límites con el municipio de Madrid y con el sur oriente de la cuenca del río Bojacá. Funciona como una hoya hidrográfica por estar ubicado sobre un paisaje de planicie y a su alrededor un paisaje de montaña con un relieve abrupto y complejo (CAR., 2006).

### Figura 2

*Localización Humedal Laguna de la Herrera*



*Nota:* Fuente propia.

### 6.2 Insumos

Para el desarrollo de la actividad, primero se realizó una revisión bibliográfica en la web referente a antecedentes, estudios recientes, aportes, normatividad y ordenamiento territorial

municipal. Posteriormente, se seleccionaron los periodos (1962, 2019 y 2023) para el proceso de fotointerpretación teniendo en cuenta la disponibilidad de las imágenes.




Los insumos obtenidos fueron, una fotografía aérea cruda de año 1962 del Centro de Información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi “IGAC” y dos imágenes satelitales de los años 2019 y 2023 procedente del portal Web Dataspace Copernicus del Satélite Sentinel 2 L2A, bajo criterios de selección como cubrimiento total del humedal, menor porcentaje de nubosidad y resolución espacial de 10 metros.

### **6.3 Descarga y procesamiento de imágenes**

La imagen aérea del IGAC con mayor antigüedad, mejor resolución y baja nubosidad fue del año 1962, esta imagen al venir en formato crudo y al no contar con puntos de control requirió de un proceso de georreferenciación, primero en Google Earth Pro para la elección de coordenadas manual y posteriormente se georreferenció en el software libre Qgis, con parámetros como tipo de transformación polinomial 1, método de muestreo vecino más cercano y sistema de referencia espacial EPSG:32618-wgs 84/UTM zona 18N; una vez georreferenciada la imagen se reproyectó al sistema de referencia Magna-Sirgas origen Bogotá, EPSG:3116.

Las dos imágenes descargadas de Sentinel son de nivel 2A las cuales arrojan una reflectancia en la superficie (SR) y vienen corregidas atmosféricamente, consideradas un producto “ARD” es decir datos listos para el análisis. En este proceso se usó la composición en RGB para color natural y como apoyo en la interpretación se usó la composición en falso color urbano, el cual permitió identificar de buena manera las superficies con agua. En la tabla 2 se aprecian las principales características de estas imágenes.

**Tabla 2***Características de los insumos para el desarrollo del proyecto*

1962	2019	2023
		
Fotografía aérea, C1056-681	Imagen Satelital	Imagen Satelital
Vuelo: 1056 - IGAC	Sensor: Sentinel 2 L2A	Sensor: Sentinel 2 L2A
Nubosidad: <20%	Nubosidad: <20%	Nubosidad: <20%
Fecha de toma: Feb/1962	Fecha de toma: 4/enero/2019	Fecha de toma: 26/agosto/2023
Resolución espacial: 30 cm	Resolución espacial: Cuatro bandas a 10m Seis bandas a 20m Tres bandas a 60m	Resolución espacial: Cuatro bandas a 10m Seis bandas a 20m Tres bandas a 60m
Resolución espectral: Pancromático	Resolución espectral: 13 bandas	Resolución espectral: 13 bandas
Cámara: Kodak aerographic safety film 1A-A		
Distancia Focal: 53mm		

*Nota:* En la tabla se muestra las características específicas de la fotografía área del IGAC y de las imágenes de Sentinel para el análisis en los periodos de 1962, 2019 y 2023.

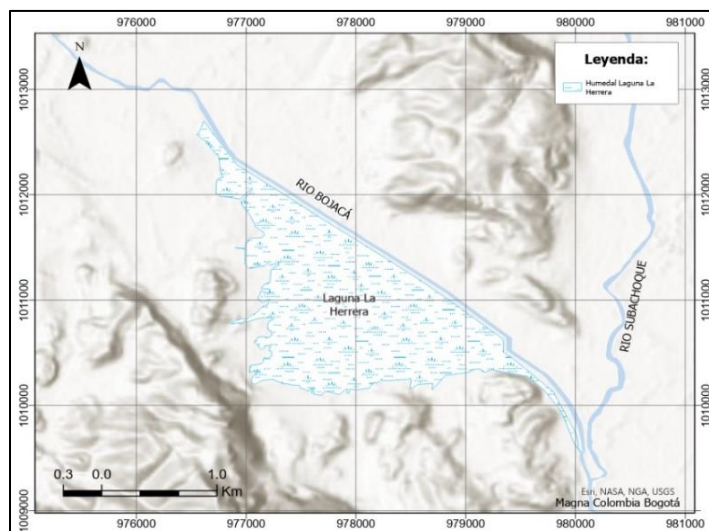
#### **6.4 Delimitación preliminar de la laguna y selección del área de interés**

Como base para una ubicación general de la laguna, se usaron las coordenadas de amojonamiento registradas por la CAR en el artículo primero del acuerdo No 23 del 17 de julio

de 2006, las cuales delimitan el polígono que define la Laguna con un área de 287.9 hectáreas, información que no coinciden totalmente con el polígono generado por esta misma entidad.

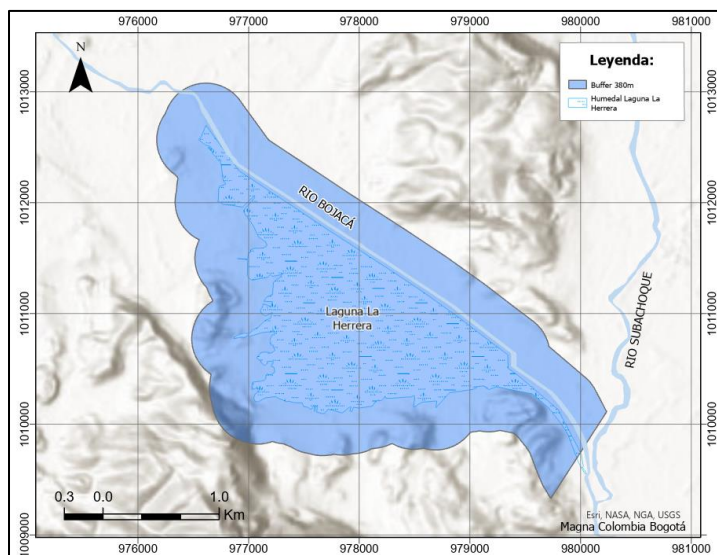
### Figura 3

*Delimitación Humedal Laguna de la Herrera según acuerdo No 23 del 17 de julio de 2006.*



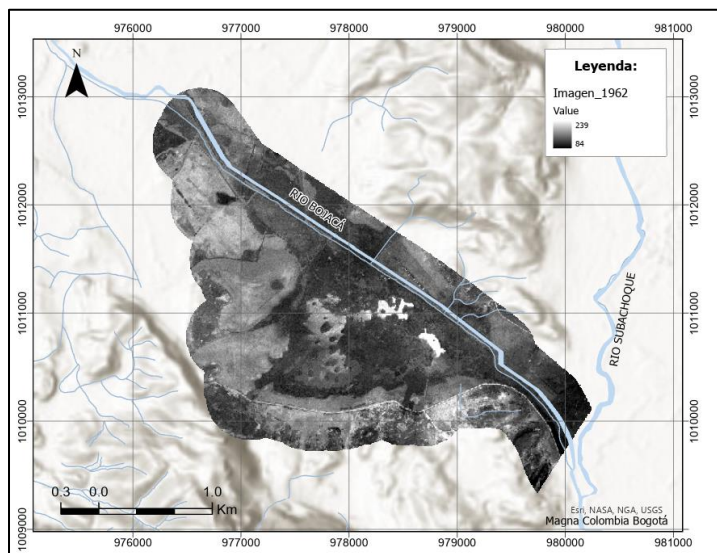
**Nota:** Esta imagen corresponde a la unión de los puntos cuyas coordenadas se establecen en el artículo primero del acuerdo No 23 de julio 17 de 2006 en el cual el humedal se declara como Reserva Hídrica.

Una vez definido el polígono de la laguna, se realizó un buffer para establecer la zona de estudio, que en un principio se pensó en que fuera la franja de protección, la cual según el PBOT de Mosquera corresponde a 50 metros a la redonda, pero finalmente se decidió realizar un buffer de 380 metros, para aprovechar la imagen base del año 1962. Este polígono de trabajo tiene un área de 746.8 hectáreas, la cual será la referencia para las mediciones subsiguientes.

**Figura 4***Área de interés*

**Nota:** Buffer de 380m definido como área para el desarrollo del análisis. Fuente propia.

A continuación, se presentan las imágenes correspondientes para los tres periodos del análisis.

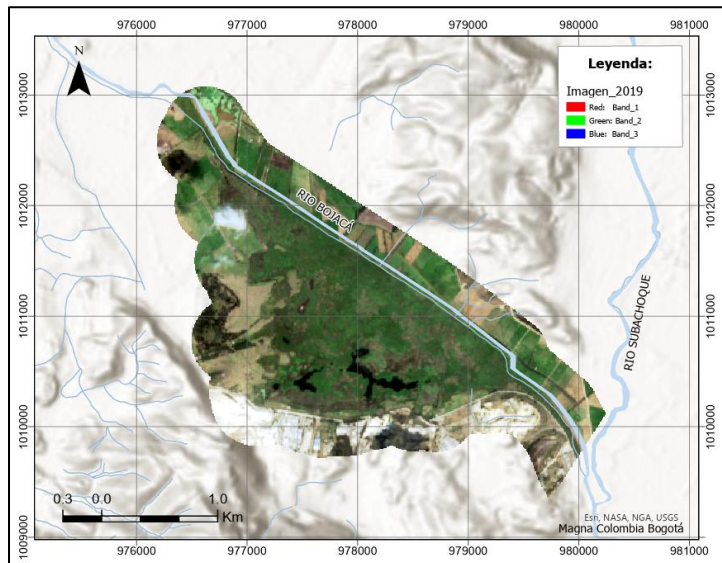
**Figura 5***Imagen 1962*

**Nota:** Fotografía aérea del IGAC periodo 1962 del humedal Laguna de la Herrera.



**Figura 6**

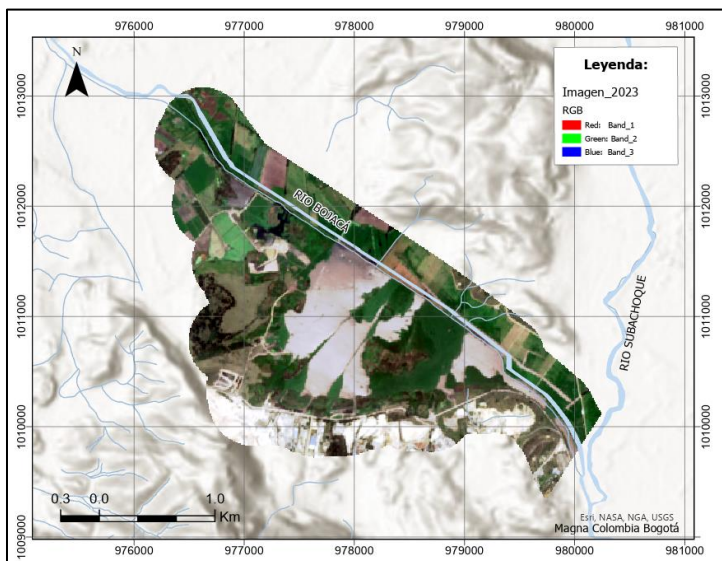
*Imagen 2019*



*Nota:* Imagen Sentinel periodo 2019 del humedal Laguna de la Herrera.

**Figura 7**

*Imagen 2023*








*Nota:* Imagen Sentinel periodo 2023 del humedal Laguna de la Herrera.

## 6.5 Clasificación digital de coberturas

La clasificación de las coberturas se realizó en ArcGis Pro con el nivel 1 de la leyenda europea adaptada para Colombia de la metodología Corine Land Cover, con la técnica PIAO (Photo-Interpretation Assistée par Ordinateur) que según el instructivo del IGAC “Elaboración del mapa de cobertura de la tierra Escala 1:25.000” es una interpretación visual en pantalla, que garantiza mejor confianza estadística, exactitud temática y precisión en la identificación de coberturas para escalas medianas de trabajo que los métodos de clasificación supervisada y no supervisada (IGAC, 2021).

**Tabla 3**

*Coberturas Corine Land Cover nivel 1*

<b>Código</b>	<b>Color</b>	<b>Clase</b>
1		Territorios artificializados
2		Territorios agrícolas
3		Bosques y áreas seminaturales
4		Áreas húmedas
5		Superficies de agua

**Nota:** Coberturas seleccionadas para el análisis según leyenda Corine Land Cover; para efectos de este trabajo, la clase 5 “Superficies de agua”, define el espejo de agua del humedal Laguna la Herrera.

## 6.6 Análisis multitemporal

Una vez realizada la clasificación de las coberturas por imagen, se extrae la información base de cada una y luego se tabula para analizar coberturas existentes, del cual se obtiene el área por cobertura y las tasas de cambio entre los periodos 1962, 2019 y 2023. Posteriormente, se realiza comparativa, interpretación y análisis de cambio entre los periodos de estudio de las imágenes obtenidas.

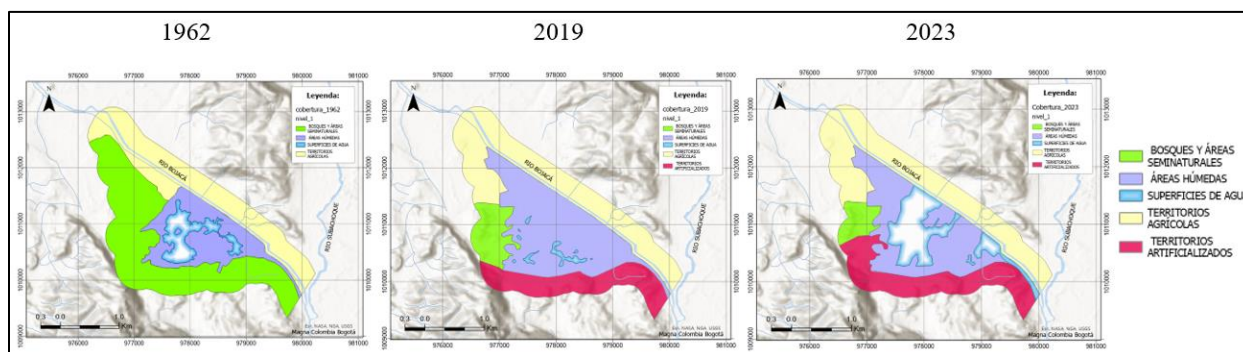
## 7. Resultados y Discusiones

### 7.1 Resultados del análisis multitemporal para los tres periodos de estudio.

Luego del respectivo análisis y procesamiento de la información, se obtienen las áreas de las coberturas para las imágenes de los años 1962, 2019 y 2023, y al hacer una comparativa de los tres mapas, se logra identificar el incremento de los territorios artificializados, la disminución de los bosques y áreas seminaturales, el aumento de las áreas húmedas y la recuperación del espejo del agua o superficie de agua de 1962 respecto a 2023 (figura 8).

#### Figura 8

*Transformaciones en el humedal Laguna de la Herrera*



**Nota:** Esta imagen corresponde a los cambios que ha experimentado el humedal en los tres periodos de estudio.

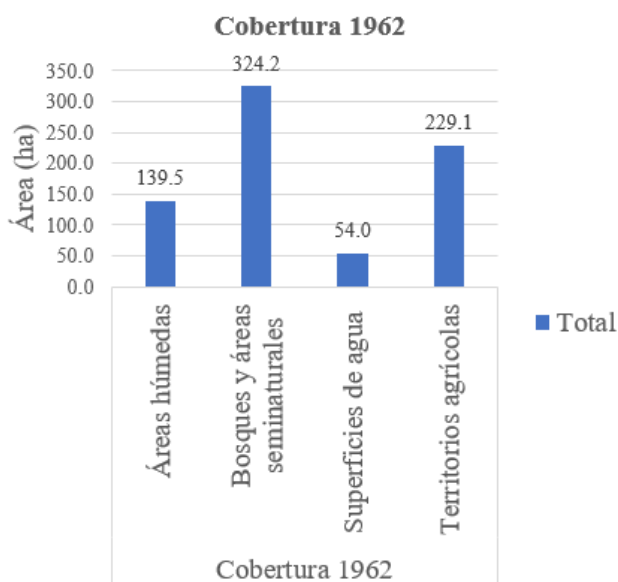
### 7.2 Resultados coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera año 1962

Para el año 1962 no se aprecian territorios artificializados en el área de estudio (figura 8) y lejos de pensar que para esta fecha las áreas húmedas tuviesen una mayor área de cobertura a comparación de los años 2019 y 2023 (tabla 4), para ese año una parte de ella estaba ocupada por territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales (Figura 8).

Las áreas húmedas para 1962 ocupaban un 18.68% del área de estudio con 139.5 hectáreas; los bosques y áreas seminaturales un 43.4% con 324.2 hectáreas, los territorios agrícolas 30.68% con 229.1 hectáreas y la superficie de agua la cuál es el espejo de agua un 7.23% lo que equivale 54 hectáreas (Tabla 4, Gráfica 1).

### Gráfica 1

*Coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera para 1962*



**Nota:** Se identifica las unidades de coberturas de la tierra para la zona de interés y el área para cada una de ella.

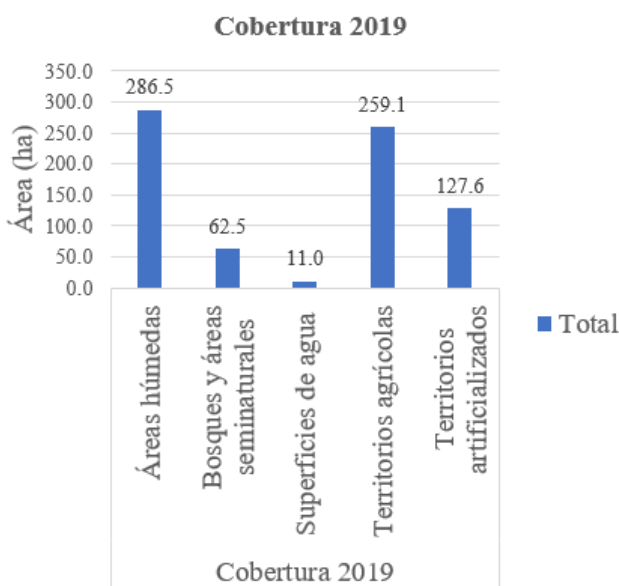
### 7.3 Resultados coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera año 2019

Para el año 2019 la cobertura de bosques y áreas semi naturales tuvieron una considerable reducción en su área pasando de 43.41% a 8.37%, en área esto es una reducción de 261.7 ha. Las áreas húmedas aumentaron un 19.69%, pero el espejo de agua tuvo una reducción de 5.75% (tabla 4) pasando de 54 hectáreas a 11 hectáreas (Tabla 7). Los territorios artificializados aumentaron en un 17,09% desde 1962 con 127.6 hectáreas y los territorios agrícolas aumentaron

un 4% lo que corresponde a 259.1 ha (Gráfica 2). La diferencia muestra el aumento en áreas húmedas, territorios agrícolas y artificializados y una disminución bosques y áreas seminaturales y superficie de agua.

## Gráfica 2

*Coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera para 2019*



**Nota:** Se identifica las unidades de coberturas de la tierra para la zona de interés y el área para cada una de ella.

## Tabla 4

*Variación de coberturas entre los años 1962 y 2019*

Cobertura	Cobertura 1962	Cobertura 2019	Diferencia
Áreas húmedas	18.68%	38.37%	19.68%
Bosques y áreas seminaturales	43.41%	8.37%	-35.05%
Superficies de agua	7.23%	1.48%	-5.75%
Territorios agrícolas	30.68%	34.70%	4.02%
Territorios artificializados	0.00%	17.09%	17.09%

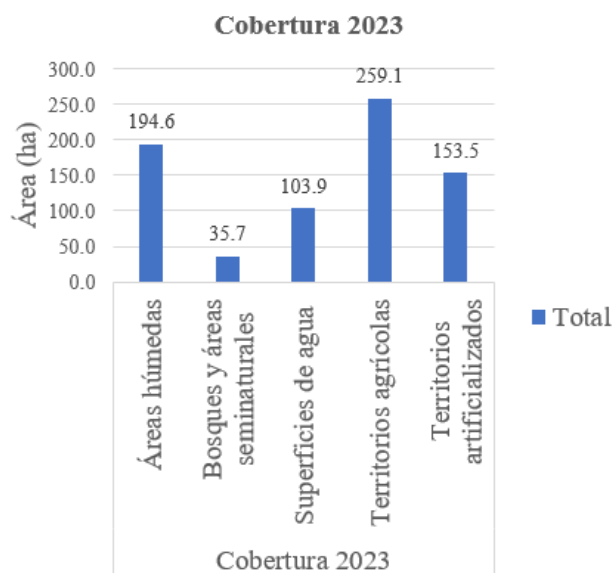
**Nota:** Se aprecia la variación que mostraron las coberturas entre los años 1962 y 2019.

#### 7.4 Resultados coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera año 2023

Durante el 2023 las áreas húmedas alcanzaron 194.6 hectáreas que corresponde al 26.06% del total de coberturas; los bosques y áreas seminaturales obtuvieron 35.7 ha para un 4.78%; los territorios artificializados aumentaron a 153.5 ha para un 20.55% que podrían ser zonas industriales; por otra parte los territorios agrícolas mantuvieron la misma cantidad de hectáreas (259.1) respecto al 2019 con un total del 34.69%; y la cobertura superficie del agua aumento a 103.9 ha con un porcentaje del 13.92% (Gráfica 3, Tabla 5).

#### Gráfica 3

*Coberturas de la tierra en el humedal Laguna de la Herrera para 2023*



**Nota:** Se identifica las unidades de coberturas de la tierra para la zona de interés y el área para cada una de ella.

Esto indica que el número de hectáreas para el 2023 en áreas húmedas, bosques y áreas seminaturales disminuyeron -12.31% respecto a 2019, a diferencia de los territorios artificializados en el que sus hectáreas aumentaron un 3.46%, sin embargo, los territorios

agrícolas se mantuvieron constante pero la superficie de agua que corresponde al espejo del agua tuvo un aumento significativo del 12.44% (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Variación de coberturas entre los años 2019 y 2023*

<b>Cobertura</b>	<b>Cobertura 2019</b>	<b>Cobertura 2023</b>	<b>Diferencia</b>
Áreas húmedas	38.37%	26.06%	-12.31%
Bosques y áreas seminaturales	8.37%	4.78%	-3.59%
Superficies de agua	1.48%	13.92%	12.44%
Territorios agrícolas	34.70%	34.69%	-0.01%
Territorios artificializados	17.09%	20.55%	3.46%

*Nota:* Se aprecia la variación que mostraron las coberturas entre los años 2019 y 2023.

### **7.5 Tasas de cambio de las coberturas**

En los 57 años entre 1962 a 2019 se refleja un aumento en las áreas húmedas, cuerpos de agua que fueron invadidos por vegetación acuática, contrario en el periodo 2019 a 2023 en el cual disminuye considerablemente a -23 ha en solo 4 años, la misma área que se recupera en la cobertura espejo de agua gracias a la ejecución del proyecto de recuperación del humedal liderado por la CAR, en el que se encuentran removiendo la cobertura vegetal acuática que esta sobre el cuerpo del agua.

Los bosques y áreas seminaturales es la cobertura más afectada en ambos periodos, de 1962 al 2019 decrece un -4.6 ha/año y del 2019 a 2023 alcanza un -6.7 ha/año en este corto periodo, áreas que aumentan directamente para la cobertura territorios artificializados que desde el año 1962 muestra un crecimiento continuo por el uso del suelo para actividades mineras, industriales y comerciales.

Mientras que los territorios agrícolas no presenta una crecimiento significativo entre 1962 y 2019 y estos permanecen igual para el siguiente periodo, reflejando una dinámica constante o al menos una estabilización en las zonas dedicadas a cultivos (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Tasas de cambio de las coberturas del Humedal para los años 1962, 2019 y 2023.*

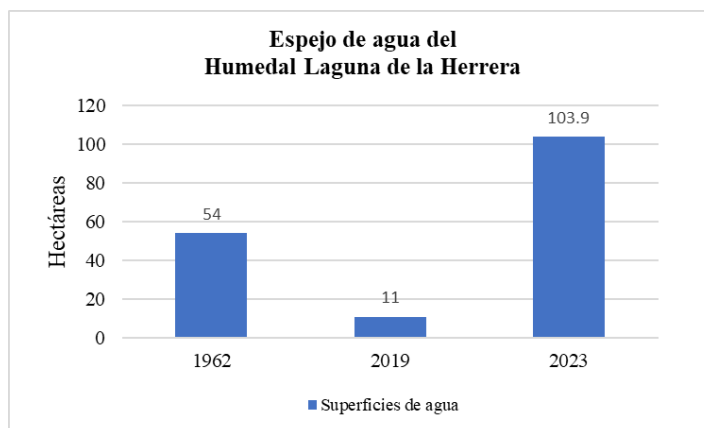
Coberturas	Tasas de cambio (ha/año)		
	1962 – 2019	2019 - 2023	1962 - 2023
Áreas húmedas	2.6	-23.0	0.9
Bosques y áreas seminaturales	-4.6	-6.7	-4.7
Superficies de agua	-0.8	23.2	0.8
Territorios agrícolas	0.5	0.0	0.5
Territorios artificializados	2.2	6.5	2.5

## 7.6 Resultados espejo del agua para los años 1962, 2019 y 2023

Al clasificar las coberturas de la zona de estudio se obtiene el área de la superficie del espejo de agua para los tres periodos, en el año 1962 se logró un total de 54 ha, para el año 2019 un total de 11 ha y para el 2023 un total de 103.9 ha (Gráfica 4).

**Gráfica 4**

*Espejo de agua de los años 1962, 2019 y 2023*

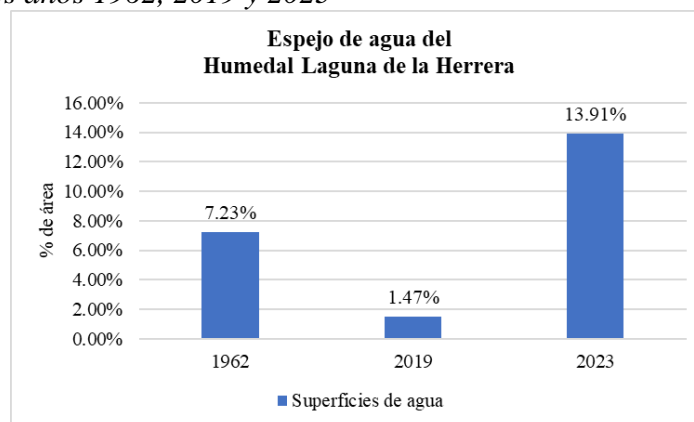




Lo anterior indica que el espejo del agua para 2019 disminuyó respecto a 1962 del 7.23% al 1.48% y para el 2023 fue lo contrario, con un aumento en área respecto 2019, pasando de 11.0 ha a 103.9 ha, con un porcentaje del 13.91% para el mismo año (Gráfica 5, Tabla 7).

### Gráfica 5

*Espejo de agua de los años 1962, 2019 y 2023*



### Tabla 7

*Resumen de cantidad de área por cobertura por año*

Coberturas	Área (ha)	Área (%)
<b>Cobertura 1962</b>	<b>746.8</b>	<b>100.00%</b>
Áreas húmedas	139.5	18.68%
Bosques y áreas seminaturales	324.2	43.41%
Superficies de agua	54.0	7.23%
Territorios agrícolas	229.1	30.68%
<b>Cobertura 2019</b>	<b>746.8</b>	<b>100.00%</b>
Áreas húmedas	286.5	38.37%
Bosques y áreas seminaturales	62.5	8.37%
Superficies de agua	11.0	1.48%
Territorios agrícolas	259.1	34.70%
Territorios artificializados	127.6	17.09%
<b>Cobertura 2023</b>	<b>746.8</b>	<b>100.00%</b>
Áreas húmedas	194.6	26.06%
Bosques y áreas seminaturales	35.7	4.78%
Superficies de agua	103.9	13.92%
Territorios agrícolas	259.1	34.69%
Territorios artificializados	153.5	20.55%

## 7.7 Comparación con otros estudios

Con los estudios vistos en el capítulo de Estado del Conocimiento, se hizo una comparación con los resultados del proyecto, encontrando grandes diferencias en las áreas del humedal. Así, por ejemplo, Villamarín *et al.*, (s. f.), habla de un área de 406 ha para el año 1940 y después para 1987 de 303 ha (tabla 8), pero según los datos arrojados en el presente proyecto en 1962 el área del humedal era de 193.5 ha (tabla 9), sin embargo para el año 2015 Villamarín *et al.*, reportó 284 ha, lo cual es un área similar al resultado obtenido en este estudio de 297.5 ha para el 2019 con una diferencia de 13.5%.

**Tabla 8**

*Resultados del Análisis Multitemporal (1938-2015) de las coberturas de vegetación acuática y aves asociadas a la Laguna de la Herrera, (Cundinamarca, Colombia)*

Año	Espejo de agua (ha)	Zonas Húmedas (ha)	Otros (ha)	Total (ha)
1940	124	266	16	406
1987	2	301	0	303
1996	0	294	0	294
2007	10	272	0	282
2009	6	265	0	271
2015	17	267	0	284

*Nota:* Villamarín Gil, S., Gil Castañeda, R., Y Córdoba Córdoba S. (s.f). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt

**Tabla 9**

*Resultados del Análisis multitemporal de cambios en la cobertura vegetal y en el espejo de agua del Humedal Laguna de la Herrera entre 1962, 2019 y 2023.*

Año	Espejo de agua (ha)	Zonas Húmedas (ha)	Otros (ha)	Total (ha)
1960	54	139.5	0	193.5
2019	11	286.5	0	297.5
2023	103.9	194.6	0	298.5

Respecto al estudio de Salamanca (2018) realizado con imágenes Landsat y clasificación supervisada, también se encontraron algunas diferencias en especial en el espejo de agua; en este se reporta para 2018 un área de 53.6 hectáreas de espejo de agua, mientras que, para Villamarín *et al.*, en el año 2015 fue de 17 hectáreas y de acuerdo a los resultados del presente proyecto se obtuvo 11 hectáreas para el año 2019 de espejo de agua.

**Tabla 10**

*Resultados del Análisis Multitemporal sobre la pérdida del espejo de agua sobre el Humedal Laguna La Herrera por efectos antrópicos asociados a la minería*

<b>Año</b>	<b>Espejo de agua (ha)</b>	<b>Zonas Húmedas (ha)</b>	<b>Otros (ha)</b>	<b>Total (ha)</b>
1985	162.6	0	0	314.8
1988	99.9	0	0	315.6
1999	261.6	0	0	333.2
2003	114.8	0	0	290.8
2015	70.4	0	0	290.4
2018	53.6	0	0	288.4

**Nota:** Salamanca Gómez, M. A., (2018). Universidad Militar Nueva Granada.

## Conclusiones

Se logró cuantificar y estimar el porcentaje de cambio que ha experimentado el humedal en los últimos 61 años, afirmando que las transformaciones han sido principalmente en la reducción de bosques y áreas seminaturales en 288.5 ha, luego en el aumento de los territorios artificializados por minería, los cuales aumentaron 153.5 ha, seguido de las áreas húmedas y el espejo de agua que aumentaron 55.1 y 49.9 hectáreas, respectivamente. Finalmente, los territorios agrícolas que tuvieron un aumento de 30 ha de 1962 a 2023.

Para el 2023 las tasas de variación presentan decrecimiento en las coberturas áreas húmedas, bosques y áreas seminaturales las cuales han sido reemplazadas por coberturas como espejo de agua y territorios artificializados; para los territorios agrícolas su dinámica ha sido constante.

Las obras de recuperación que se han realizado en la zona de interés del proyecto denominado “Recuperación de la capacidad hidráulica y ambiental de la Laguna de la Herrera” adelantada por la CAR, ha recuperado 103 ha del espejo de agua y conforme avanzan las obras se sigue recuperando aún más, en beneficio de la fauna y flora de la región y de la población aledaña.

A pesar de la recuperación en el espejo de agua del humedal, no pasa lo mismo con la cobertura de bosque y áreas seminaturales las cuales mostraron una reducción en el tamaño de la cobertura de 38.6% del año 1962 al año 2023.

A través del proceso de fotointerpretación se puede afirmar que las actividades mineras e industriales han influenciado en gran medida el crecimiento de otras actividades, las pérdidas de coberturas como bosques y áreas seminaturales, el uso del suelo y las transformaciones del ecosistema.

El uso de imágenes aéreas y satelitales son una herramienta estratégica para estudios de tipo espacial porque permiten extraer información, hacer análisis, comparación y seguimiento a un área de interés en diferentes épocas además reconstruir un lugar sin necesidad de que exista un contacto directo, sin embargo el uso de las fotografías aéreas del IGAC es un proceso más complejo porque carecen de mucha información necesaria y detalle, posiblemente por la época y por los equipos con los que fueron tomadas, a diferencia de las imágenes satelitales Sentinel 2<sup>a</sup> que por su alta resolución espectral son especiales para estudios monitoreo de los recursos naturales y que además no requieren ser corregidas.

## Referencias Bibliográficas

- Aber, J. S., Marzloff, I. y Ries, J. B. (2010). Chapter 3-Photogrammetry. In J. Aber, S. Marzloff y J. Ries (Eds.), Small-Format Aerial Photography. Principles, Techniques and Geoscience Applications (pp. 23-39). Amsterdam: Elsevier. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53260-2.10003-1>.
- Agencia Nacional de Minería, ANM. (2019). Acta de concertación municipio de Mosquera. Encontrado en [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/actas\\_de\\_concertaciones/13.8.Mosquera\\_Cundinamarca.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/actas_de_concertaciones/13.8.Mosquera_Cundinamarca.pdf)
- Alcaldía Municipal de Mosquera Cundinamarca. (2013). Documento técnico de soporte componente rural. Plan Básico Ordenamiento Territorial. 15 de diciembre de 2015. Pag 193. Encontrado en <https://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/informes-de-empalme/3231510-plan-de-ordenamiento-territorial>
- Alcaldía Municipal de Mosquera. (2013). Revisión Ordinaria Plan Básico Ordenamiento Territorial PBOT 2013 del municipio de Mosquera Cundinamarca. Consultoría Universidad Nacional de Colombia. Centro de Extensión Académica – Facultad de Artes. Convenio 007 de 2012. Página 438. Encontrado en <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10688.pdf>
- Alcaldía Municipal de Mosquera. (04 de diciembre de 2017). HUMEDAL LAGUNA DE LA HERRERA. Alcaldía de Mosquera. Encontrado el 22 de octubre de 2022 de <https://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/turismo/humedal-laguna-de-la-herrera>

- Andrade, G.I. (1994). La laguna de La Herrera, último gran humedal de la Sabana de Bogotá. Estado actual y perspectivas de conservación de la diversidad biológica. *Trianea* 5:65-84
- Arango, J. G. (1987). Secuencia de la desaparición de aves del lago andino relictual "Laguna de La Herrera". En: H. Alvarez, G. Kattan & C. Murcia (Eds.). *Memorias 11 Congreso de Ornitología Neotropical*. ICBP, USFWS, SVO, Cali.
- Apelo Malpartida, C. L. (2022). Evaluación de la cobertura vegetal para estimar la liberación de oxígeno a la atmosfera, en el proyecto de Plan de Cierre Excelsior, en el Distrito de Simón Bolívar Provincia y Región Pasco 2020 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].  
[http://45.177.23.200/bitstream/undac/3247/1/T026\\_46497063\\_T.pdf](http://45.177.23.200/bitstream/undac/3247/1/T026_46497063_T.pdf)
- Baño Espinoza, T. E. y Heredia Páez, E. D. (2021). Análisis multitemporal de cambios en la cubierta vegetal mediante el uso de imágenes satelitales en los páramos de Zumbahua provincia de Cotopaxi, en el período 2020-2021 [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Encontrado en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11226/1/PC-002894.pdf>
- Broadbent, S. (1971). Reconocimientos Arqueológicos de "La Laguna de la Herrera". *Revista Colombiana de Antropología*. Volumen XV. Bogotá 1970 – 1971. Encontrado en: [https://openarchive.icomos.org/id/eprint/1343/1/COMPENDIO\\_PARQUE\\_ARQUEOLOGICO\\_DE\\_FACATATIVA.pdf](https://openarchive.icomos.org/id/eprint/1343/1/COMPENDIO_PARQUE_ARQUEOLOGICO_DE_FACATATIVA.pdf)
- Calvachi, B. y Galindo G. (2009). Lineamientos para el manejo y monitoreo de los humedales en la jurisdicción CAR. 157-184 pp. En: Toro A.P. (ed.). 2009. Bases jurídicas y técnicas para la consolidación del Sirap en la jurisdicción de la CAR. Instituto de Investigación de

Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Bogotá, D. C. Colombia. 204 p.

Castillo, I. M. y Rodríguez, M. A. (2017). Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene. Mutis 7(1), 20-33. Encontrado en <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/608/1183-Texto%20del%20art%3%adculo-3162-2-10-20170601.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Colomina, I. y Molina, P. (2014). Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (s. f.). Ecosistema lentic. Glosario de la gestión ambiental. Sistema de gestión ambiental municipal SIGAM. Encontrado en: <http://sigam.car.gov.co/mod/glossary/showentry.php?eid=2426>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2006). Acuerdo No 23 del 17 de Julio de 2006. Encontrado en: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5f38535c9eeff.pdf>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2006). Revisión y ajuste de los Planes de Manejo Ambiental de los humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y Humedal el Yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del MAVDT. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Contrato 245 De 2004. Bogotá D.C. Diciembre de 2006 Cap. 1 – 11. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5f38537b7b9a5.pdf>



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2011). Humedales del Territorio CAR. Consolidación del Sistema de Humedales de la Jurisdicción CAR. Sistema Regional de Áreas Protegidas. Bogotá, D. C. Noviembre de 2011.

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5adf57a6d882c.pdf>

Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones RIALP. Pag. 148-156.

DataSpace Copernicus., (s. f.).Sentinel 2. Encontrado en Documentación - Sentinel-2 (copernicus.eu)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. DANE. Colombia.

Di Gregorio, A., y Jansen, L. (2000). Land Cover Classification System (LCCS). Encontrado en <http://www.fao.org/3/x0596e/x0596e00.ht>

Flórez Suarez, J. (2016). El guardián de la última gran laguna de la sabana de Bogotá. Periódico El Espectador. Publicado el 26 de marzo de 2016. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/el-guardian-de-ultima-gran-laguna-de-sabana-de-bogota-articulo-624034>

Fonseca, J. J., y Gómez, S. M. (2013). Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat caso de estudio: cambio de área laderas de la Ciénaga de Tumaradó Parque Natural Los Katíos.

García Rodríguez, M. P. et. Al (2012). Guía práctica de teledetección y fotointerpretación. Universidad Complutense Madrid. Julio 2012. Encontrado en <https://docta.ucm.es/entities/publication/bcac277b-6461-4e6f-a328-04997d7bf1c1>

Gobernación de Cundinamarca. (2021). Títulos mineros vigentes que superponen en el departamento de Cundinamarca. Encontrado en [https://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/4a189b61-4fac-430e-9f5b-ebe5191809f6/RT-0344-21+-+LISTA+TITULOS+Y+SOLICITUDES+MINERAS+VIGENTES+-+CUNDINAMARCA+-+07-05-2021+%281%29.xlsx?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-4a189b61-4fac-430e-9f5b-ebe5191809f6-o5eVJmd](https://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/4a189b61-4fac-430e-9f5b-ebe5191809f6/RT-0344-21+-+LISTA+TITULOS+Y+SOLICITUDES+MINERAS+VIGENTES+-+CUNDINAMARCA+-+07-05-2021+%281%29.xlsx?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-4a189b61-4fac-430e-9f5b-ebe5191809f6-o5eVJmd)

Godoy-Uribe G M y Figueroa-Gutiérrez E. E. (2020). Imagen aérea como representación pictórica de la fotointerpretación topográfica de la provincia de BíoBío. Encontrado en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-804X2019000100124](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-804X2019000100124)

Heredia, N., & Vásquez, O. (2020). Crisis medioambiental en el Humedal de La Laguna La Herrera en el escenario del Desarrollo Sostenible. Centro Sur. Obtenido de: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/384/3841574001/>

Hernández, M. Q. (2011). Tecnologías de la Información Geográfica (TIG): cartografía, fotointerpretación, teledetección y SIG (Vol. 86). Universidad de Salamanca. Encontrado en [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=UtBoH7F6MT8C&oi=fnd&pg=PA1&ots=cp3AnV8FFk&sig=Y5dlTjEh07oO4FO1178tmQ1PkRY&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=UtBoH7F6MT8C&oi=fnd&pg=PA1&ots=cp3AnV8FFk&sig=Y5dlTjEh07oO4FO1178tmQ1PkRY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Herrera, M.A., Sepúlveda, M.V., y Aguirre, N. (2008). Análisis sobre la aplicabilidad de las herramientas de gestión ambiental para el manejo de los humedales naturales interiores de Colombia. *Gestión y Ambiente*, 11(2), 7-25.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72 p. Encontrado en [http://siatac.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762](http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762)

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. (2016). Especificación técnica de toma de aerofotografía GSD 30. Encontrado en [https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/et\\_toma\\_de\\_aerofotografia\\_gsd30\\_v.2.0.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/et_toma_de_aerofotografia_gsd30_v.2.0.pdf)

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. (2021). Elaboración del mapa de cobertura de la tierra escala 1:25.000. Versión I. Gestión de Información Geográfica para el SAT. Gestión Agrológica. Código IN-GAG-PC07-04. Grupo 15. Mayo 21, 202. Encontrado en <https://www.igac.gov.co/es/contenido/elaboracion-del-mapa-de-cobertura-de-la-tierra-escala-125000>

Jaramillo, U., Cortés Duque, J., y Flórez, C. (2015). Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.

Martínez Arévalo, D. A. y Pinto Murgas, D. M. (2018). Evaluación de la pérdida del espejo de agua en la Laguna de Suesca a través de imágenes satelitales [Tesis de Pregrado, Universidad de la Salle]. Encontrado en [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1757&context=ing\\_ambiental\\_s\\_anitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1757&context=ing_ambiental_s_anitaria)

Masterdrones.eu. (2020). Fotointerpretación - Blog Máster RPAS. Encontrado en <https://blog.masterdrones.eu/fotointerpretacion/#:~:text=Acci%C3%B3n%20o%20proceso%20de%20examinar,completo%20reconocimiento%20de%20aspectos%20formales.>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. (2020). Ley General Ambiental de Colombia (Ley 99 del 22 de diciembre 1993). Encontrado en <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. (2021). Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974. Encontrado en <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. (2022). Recuperación de cobertura vegetal en áreas disturbadas. Departamento Nacional De Planeación. Encontrado en <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Methodologica-PT-Cobertura-Vegetal.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Relaciones Exteriores. (1997). Ley 357 de 1997. Diario Oficial No. 42.967 de enero 27 de 1997. Encontrado en <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=344>

- Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. (2000) Wetlands. John Wiley & Sons, Inc, New York, Third edition.
- Naranjo, L. G., Andrade, G. 1., y Ponce de León. E. (1999). Humedales interiores Colombia: Bases técnicas para su Conservación y Uso Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente. Primera Edición. Santafé de Bogotá, mayo de 1999. Encontrado en:  
[http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35560/HUMEDALES\\_INTERIORES\\_DE\\_COLOMBIA.pdf?sequence=1](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35560/HUMEDALES_INTERIORES_DE_COLOMBIA.pdf?sequence=1)
- Parra, A. (2008). Curso procesamiento de imágenes de satélite (introductorio). Edición Ilustrada. Instituto de fotogrametría, facultad de ingeniería, Universidad de Los Andes. Mérida (Venezuela). Edición: 2008.
- Patiño, J. E. (2016). Análisis espacial cuantitativo de la transformación de humedales continentales en Colombia. *Biota Colombiana*, 17, 86-105.
- Patiño, J.E. (2016). Delimitación de humedales a partir de criterios geomorfológicos, Capítulo VI. Tras las huellas del agua. En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.
- Peralta, H. A. (2018). Análisis Multitemporal de la Cobertura Vegetal, Zonas de erosión y dirección del cauce, en la cuenca el río bravo sur, comprendido del municipio de Soacha en el departamento de Boyacá hasta el municipio de Yopal en el departamento de Casanare. Sogamoso Boyacá.

- Pineda González, C. P., et al. (2018). Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Anexo 18. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Encontrado el 13 de octubre de 2023. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/18.-Anexo-18-Guia-Criterios-para-el-acotamiento-de-las-Rondas-Hidricas-1.pdf>
- Rincón-Romero, M. E., Jarvis, A., y Mulligan, M. (2012). Cobertura vegetal de Colombia actualizada a partir de imágenes MODIS, disponible a través de RENATA. e-colabora" Revista de ciencia, educación, innovación y cultura apoyadas por redes de tecnología avanzada", vol. 2, no 4, p. 12-27. Encontrado en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=1950853&pid=S1909-2474201600010001900017&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1950853&pid=S1909-2474201600010001900017&lng=en)
- Ruiz, D.C. (2014). Análisis histórico y prospectiva del humedal Tierra Blanca. *Perspectiva Geográfica*, 19(1), 125-144.
- Salamanca Gómez, M. A. (2018). Análisis multitemporal sobre la pérdida del espejo del agua sobre el humedal Laguna de la Herrera por efectos antrópicos asociados la minería. Universidad Militar Nueva Granada. 2018-06-23. Encontrado en [repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17890](https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17890)
- Sarmiento, F. O. (2000). Diccionario de ecología. Paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. Encontrado en [https://www.academia.edu/4293195/Diccionario\\_de\\_Ecolog%C3%ADa\\_Fausto\\_Sarmiento](https://www.academia.edu/4293195/Diccionario_de_Ecolog%C3%ADa_Fausto_Sarmiento)

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2013). Manual de la convención de Ramsar: guía a la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971). Gland: Secretaría de la convención de Ramsar. 120 p

Senhadji Navarro, K., Ruíz Ochoa, M.A., y Rodríguez Miranda, J.P. (2017). Estado ecológico de algunos humedales colombianos en los últimos 15 años: Una evaluación prospectiva. Colombia Forestal, 20(2), 181-191. Encontrado en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n2/v20n2a07.pdf>

Silva, S. (1999). Diagnóstico das restingas do Brasil. In: Fundacao Bio Rio (ed). Workshop Avaliacao e Acoes Prioritárias para a Conservacao da Biodiversidade da Zona Costeira , Ilhéus.

The European Space Agency, ESA. (s. f. ). Guía del usuario de Sentinel-2 MSI. Encontrado el 27 de octubre de 2023. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>

The European Space Agency, ESA. (2012). ESA SP-1322/2 Sentinel 2. 19/04/2012. Encontrado en [https://www.esa.int/About\\_Us/ESA\\_Publications/ESA\\_SP-1322\\_2\\_Sentinel\\_2](https://www.esa.int/About_Us/ESA_Publications/ESA_SP-1322_2_Sentinel_2)

Van Der Hammen, T. (2003). Los Humedales de la Sabana: origen, evolución, degradación y restauración. En EAAB - ESP & CONSERVACION INTERNACIONAL. Los humedales de Bogotá y la Sabana. Bogotá.

Veloza Torres, J, P. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora -productora “Casa Blanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial municipal. Encontrado en

[https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files\\_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf](https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf)

Vilardy, S., et. al. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 100 p.

Villamarín Gil, S., Gil Castañeda, R., y Córdoba Córdoba, S., (s. f.). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt. Análisis multitemporal (1938-2015) de las coberturas de vegetación acuática y aves asociadas a la Laguna De La Herrera, (Cundinamarca, Colombia). Encontrado en:  
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9698>

Zinck, J. A., (1987). Aplicación de la geomorfología de levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. IGAC. Subdirección de Agrología. Bogotá. 178 p.