



VIGILADA MINEDUCACIÓN

UNIVERSIDAD

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

JULIO GARAVITO

Tesis

Maestría en Ingeniería Civil

Énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

**DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE PROTECCIÓN E INTEGRACIÓN ESPACIAL DE
HUMEDALES URBANOS. CASO DE ESTUDIO BOGOTÁ**

Ariadna Yolanda Caro García

Bogotá D.C., diciembre de 2022

Delimitación del Área de Protección e Integración Espacial de Humedales Urbanos.

Caso de Estudio Bogotá

Tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería Civil, con Énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

Ing. MSc. Luz Mery Valencia Carvajal

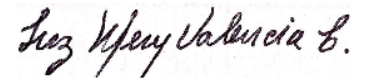
Director



Bogotá D.C., diciembre de 2022

La tesis de maestría titulada “Delimitación del área de protección e integración espacial de humedales urbanos. caso de estudio Bogotá”, presentada por Ariadna Yolanda Caro García, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

Director de la Tesis



Ing. Luz Mery Valencia Carvajal

Jurado No.1

Jurado No.2

Bogotá D.C., diciembre de 2022

Dedicatoria

Dedicado a todas las personas que se han atrevido a soñar y mantener su esencia y a mi mami por siempre estar para mí, apoyarme e inspirarme a siempre ser mejor.

Agradecimientos

A mi familia, por ser el motor que necesité cuando estaba a punto de rendirme durante este camino, gracias, por estar para mí, gracias por las risas y sobre todo gracias por siempre apoyarme y creer en esta persona aun cuando ni yo lo hice más de una vez. Agradezco. A Cami, por la paciencia y el café con postre, que hizo más ameno este proceso, por las risas y por cada palabra de aliento, gracias por estar siempre. Finalmente, y muy importante a la Ingeniera Luz Mery, por creer en esta idea desde el primer momento que se la presente, gracias por su apoyo incondicional. Dios los bendiga siempre.

Pero, sobre todo, agradezco a Dios, por poner a todas estas maravillosas personas en mi vida, porque sé que es gracias a él por medio de ellas, que esta tesis y en general la maestría, salió adelante y fue posible.

Infinitas gracias a todos.

RESUMEN

El presente estudio analizó la viabilidad del uso de imágenes satelitales, fotográficas y de imágenes tomadas con dron, para la delimitación de humedales urbanos, para el caso de estudio del Humedal Tibanica en la localidad de Bosa; para este estudio, además se analizó la variación multitemporal desde el 2009 hasta el 2022 del uso del suelo mediante la metodología CORINE Land Cover (CLC) adaptada para Colombia y la información oficial de la Secretaria de Distrital de Ambiente (SDA). Los resultados presentan la disminución de la vegetación sobre cuerpos de agua (espejo de agua) de 6,63 Hectáreas (Ha) y el aumento del tejido urbano en 26 Ha en los últimos 13 años, debido al crecimiento en la demanda de tierras para la construcción de viviendas y ampliación de vías como la Avenida Ciudad de Cali; además se presenta la diferencia entre el uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales, siendo un factor decisivo la calidad de la imagen y el nivel de detalle. Finalmente, se presenta la propuesta para la integración del humedal a las dinámicas de la población.

Palabras clave: Imagen satelital, CORINE Land Cover (CLC), humedal urbano, integración espacial.

ABSTRACT

This study analyses the feasibility of using satellite, aerial photographs, and drone images for the delimitation of urban wetlands at the Tibanica Wetland in the town of Bosa, in Bogota, Colombia. For this study, the multi-temporal variation of land use from 2009 to 2022 was discussed using the CORINE Land Cover (CLC) methodology adapted for Colombia and the official information of the Environment District Secretary. The results show the decrease of vegetation on water bodies (water mirror) of 6.63 hectares (Ha) and the increase of the urban fabric in 26 Ha in the last 13 years, due to the growth in the demand of land for the construction of housing and expansion of roads such as Ciudad de Cali Avenue. Also, the difference between the use of aerial photographs and satellite images is presented, being a decisive factor the quality of the images and the detail level. Finally, the proposal for the integration of the wetland to the dynamics of the population is presented.

Key words: Satellite images, CRINE Land Cover (CLC), urban wetland, spatial integration.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	3
CAPITULO 1. GENERALIDADES	8
INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	11
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA (ESTADO DEL ARTE)	11
MARCO TEÓRICO	14
CAPITULO 2. METODOLOGÍA.....	16
Fase 1. Selección del Humedal Urbano	16
Fase 2. Revisión bibliográfica.....	16
Fase 3. Recolección de la Información	16
3.1. Estaciones Pluviométricas	16
3.2. Imágenes Satelitales y Aerofotográficas	17
Fase 4. Procesamiento de Imágenes.....	17
4.1. Clasificación CORINE Land Cover	18
4.2. Imagen obtenida con el dron	20
CAPITULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
Caracterización Climática	24

Cobertura y Uso del Suelo (CLC) del Humedal Tibanica	24
Delimitación y área de protección del Humedal Tibanica	28
Propuesta de estrategia de integración espacial.....	33
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	40
ANEXOS.....	41
Anexo 1. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, diciembre 2009.....	41
.....	41
Anexo 2. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, marzo 2013	42
Anexo 3. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, enero 2016.....	43
Anexo 4. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, noviembre 2016	44
Anexo 5. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, mayo 2022.....	45
Anexo 6. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, noviembre 2022 - Imagen obtenida con el dron	46
Anexo 7. Información pluviométrica de las estaciones aledañas a la zona de estudio	47
BIBLIOGRAFIA.....	48

Índice de Figuras

Figura 1 Estado del Humedal La Tibanica en la Localidad de Bosa, Bogotá	10
Figura 2 Comparación entre las imágenes obtenidas mediante el método "Knowledge-based" y clasificación basada en píxeles.	13
Figura 3 Clasificación no supervisada, 12 categorías.....	18
Figura 4 Reclasificación de 12 a 6 categorías	19
Figura 5 Polígonos según la clasificación CRINE Land Cover del Humedal Tibanica	20
Figura 6 Parámetros para exportar la imagen a formato Tiff	21
Figura 7 Reclasificación de 12 a 6 categorías de la imagen obtenida por el Dron.....	22
Figura 8 Flujograma de la metodología del proyecto de investigación.....	23
Figura 9 Precipitación total mensual del Humedal Tibanica.....	24
Figura 10 Imagen aerofotográfica Humedal Tibanica 2004.....	27
Figura 11 Drenajes construidos en el Humedal Tibanica.....	28
Figura 12 Identificación límite legal del Parque Ecológico Distrital de Humedal Tibanica- SDA.....	29
Figura 13 Identificación límite legal del Parque Ecológico Distrital de Humedal Tibanica- EAAB.....	30
Figura 14 Cartografía Humedal Tibanica 2022.....	31
Figura 15 Zona de Manejo y Preservación Ambiental - ZMPA Humedal Tibanica	32
Figura 16 Zona de Manejo y Preservación Ambiental de cuerpos de Agua.....	33
Figura 17 Problemáticas socio-ambientales del Humedal Tibanica.....	34
Figura 18 Mapa de ubicación de infraestructura física para adecuación del uso del espacio público en el Humedal Tibanica	35

Figura 19 Propuesta de integración del Humedal Tibanica.....37

Índice de tablas

Tabla 1 Códigos y colores RGB CORINE Land Cover para Colombia utilizados para el Humedal urbano
Tibanica19

Tabla 2 Área por tipo de cobertura para cada año25

Tabla 3 Especies para la restauración del Humedal Tibanica35

CAPITULO 1. GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

Los Humedales prestan una gran variedad de servicios ecosistémicos para el medio ambiente, pero sobre todo para la sociedad, pues son parte fundamental en la prevención de inundaciones, recarga de acuíferos y reserva de especies endémicas de flora y fauna. Colombia posee más de 20'252.500 humedales interiores que, a pesar de su oferta de bienes y servicios ambientales, se encuentran en muchos casos, afectados en estructura, composición y funcionamiento debido a las actividades humanas y el crecimiento poblacional, lo que ha aumentado la demanda de tierras para construcción de viviendas y fines agropecuarios.

La situación de los humedales urbanos de Bogotá de acuerdo con la Secretaría Distrital de Ambiente (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018) demuestra que se han perdido aproximada mente 49.000 hectáreas de humedales por efectos de la urbanización y por tanto se ha perdido su función en el control de eventos de inundación siendo de gran importancia para la ciudad, puesto que en los últimos 16 años se han registrados múltiples eventos por inundación. De acuerdo con el sistema de información para la gestión del riesgo y cambio climático de Bogotá se reportan 16.035 eventos de inundación; de los cuales 40,4% se presenta por inundación y el 50,94% se manifiesta por efectos del encharcamiento

De los humedales de planicie de Bogotá, Tibanica es uno de los más deteriorados y reducidos, ubicado en una zona estratégica de la ciudad por sus condiciones climáticas, por lo que los servicios ambientales que ofrece en términos de regulación ecológica climática, hídrica y de humedad relativa son fundamentales (EAAB, s/f-b), por esto es necesario caracterizar su cobertura y además delimitar su zona de influencia o de protección; para este fin los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se convierten en una herramienta de gran ayuda, debido a que facilitan el procesamiento de información de imágenes satelitales y ortofotogramétricas, permitiendo la comparación de los resultados.

El presente trabajo de investigación desarrolla la metodología y resultados obtenidos, para la delimitación del Humedal Urbano Tibanica, con el fin de facilitar su protección e integración en el espacio en el que se encuentra, para que así se articule su gestión con el desarrollo urbano. Para esto se implementaron imágenes satelitales y ortofotografías obtenidas con el dron de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Los resultados obtenidos mostraron que las imágenes satelitales gracias a que cubren mayor área y espectros de luz en sus bandas facilitan la interpretación de la cobertura del humedal y la clasificación mediante la metodología CORINE Land Cover (CLC).

JUSTIFICACIÓN

Según la convención Ramsar (2018), los humedales incluyen hábitats de agua dulce inundados de forma permanente o estacional, desde lagos y ríos hasta pantanos, así como áreas costeras y marinas tales como estuarios, lagunas costeras, manglares y arrecifes, cuya profundidad no exceda los seis metros. Debido a su extensa composición, son ecosistemas altamente productivos que prestan diferentes servicios ecosistémicos para el ser humano. Sin embargo, con frecuencia su importancia no es tomada en cuenta en el desarrollo de las comunidades causando su deterioro.

A pesar de su importancia, desde el año 1970 hasta el 2015, los humedales a nivel mundial (costeros y continentales), han disminuido su área en un 35%, según el análisis del índice de tendencia de extensión de los humedales (WET, por sus siglas en inglés) presentado en 2017, cuyo porcentaje varía de acuerdo a la región siendo, América Latina la más representativa con un 59% (Ramsar, 2018), adicionalmente la tasa media anual de pérdida de humedales naturales estimada por el índice WET es de un -0,78% al año; más de tres veces superior a la tasa media anual de pérdida de bosques naturales (un -0,24% al año) durante el mismo periodo (FAO,2016).

Debido a la demanda de tierra, estos ecosistemas han quedado insertos en las ciudades, considerándose como un obstáculo para el desarrollo de la infraestructura urbanística; además, se han visto afectados por rellenos, desecamiento, cambios en su vegetación y contaminación de sus aguas (Nieto & Velandia, 2020). El desconocimiento de la importancia de estos ecosistemas y la dificultad para delimitar su área debido a que no existe una definición que abarque el contexto integral del humedal, dada su complejidad, en donde intervienen diferentes factores, de carácter biótico y abiótico (Quijano et al., 2018), hace necesario generar estrategias y el uso de herramientas que permitan su integración dentro del entorno urbano.

En el informe Perspectiva Mundial Sobre los Humedales (Ramsar, 2018) en Colombia, constataron que existían grandes diferencias en la vulnerabilidad de los diferentes tipos de humedales y sus servicios ecosistémicos, indicaron que se necesitaban políticas con relación al uso de la tierra para establecer restricciones a las actividades perjudiciales para los humedales a fin de mantener estos servicios. Esto se ve reflejado en el estudio de Forestal et al. (2017), en el cual los resultados demostraron que la producción información asociada a humedales es importante para el país. Sin embargo, ésta no se encuentra articulada a ejes de investigación y producción que vengán dados por la sinergia de las instituciones de investigación.

Solo en la sabana de Bogotá existían cerca de 50.000 hectáreas de este tipo de ecosistemas hace 60 años y actualmente apenas quedan 727 hectáreas, distribuidas en 15 humedales, es decir, 1.45% del área original (Ochoa, 2020). Según el estudio de Cruz Solano & Motta Morales (2017), el área del espejo de agua de los humedales en los

últimos 31 años se ha reducido en más de un 80%, generando pérdida de la biodiversidad, proliferación de especies invasoras y aumento en el riesgo de inundación (Cruz & Motta, 2017).

Aunque en la actualidad los diferentes entes gubernamentales encargados de su protección, Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) han venido recuperando y generando políticas de protección, en la primera mitad del siglo XX las acciones implementadas por el estado han sido inexistentes; esto conlleva a un proceso de reducción, deterioro y contaminación. Sumado a lo anterior, el aumento de la población urbana, de forma natural y por fenómenos migratorios, han incrementado la demanda del uso del suelo para urbanización y la creación de asentamientos al sur de la ciudad; por ejemplo, para 2016, Bogotá contaba con 93.873 asentamientos informales (IDOM, s/f)

Un claro ejemplo de lo anterior es el humedal Tibanica, ubicado al sur de Bogotá en la localidad de Bosa, el cual no fue reconocido y delimitado sino hasta el año 1955, lo que causó que, previo a este año fuera rellenado en el costado oriental y noroccidental para proyectos de urbanización en la zona aledaña. Sumado a lo anterior, la falta de conocimiento y cuidado por parte de los habitantes de la localidad, en su mayoría recicladores de oficio, ha aumentado al disposición de residuos sólidos y líquidos sin ningún tipo de tratamiento previo, causando la desaparición paulatina de la cobertura vegetal y especies de flora y fauna autóctonas del ecosistema, dando como resultado que la extensión actual del humedal sea de 3,79 Ha con respecto a las 9.18 Ha con las que contaba en 1950 (Cruz & Motta, 2017).

Figura 1 Estado del Humedal La Tibanica en la Localidad de Bosa, Bogotá



Fuente: Fundación Humedales de Bogotá. Reporte de Humedales: Humedal Tibanica.

La sustentabilidad del manejo y desarrollo de los humedales depende de la continuidad de los servicios ambientales que prestan los ecosistemas. La toma de decisiones relativas al uso y aprovechamiento de estos ecosistemas se basa en información establecida que no indica la situación del ecosistema ni las repercusiones sobre su funcionamiento y disposición (Ovierdo Camargo, 2017). Por esto, es necesario implementar herramientas que faciliten la conservación e integración de los humedales a la dinámica social, mediante la delimitación del área de protección. Una forma, es el uso de imágenes o cartografía de dichos ecosistemas que a su vez se articulen y respondan a las necesidades de la comunidad, promoviendo su participación y disminuyendo el deterioro del humedal.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Delimitar el área de protección de humedales urbanos mediante cartografía e imágenes y su integración al entorno urbano, utilizando como caso de estudio el Humedal Tibanica, ubicado entre la localidad de Bosa en la ciudad de Bogotá y el municipio de Soacha.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las variables implementadas en estudios previos que aporten lineamientos para la delimitación de humedales urbanos.
2. Establecer las variables para la correcta delimitación de los humedales urbanos que a su vez permitan su adecuada integración al entorno.
3. Actualizar la cartografía del Humedal Urbano Tibanica, mediante el uso de imágenes.
4. Proponer una estrategia que permita su adecuada integración a la localidad de Bosa, de acuerdo con las necesidades identificadas.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA (ESTADO DEL ARTE)

A nivel internacional se creó la Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional - Ramsar, la cual es un tratado intergubernamental que proporciona el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos (Ramsar, 2014). Su misión es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo (Benoit Contesse, 2015). Para lograrlo, se ha creado el plan estratégico 2016-2024 con sus respectivos manuales y guías.

En Colombia con la *Ley 357 del 21 de enero de 1997*, se aprobó la convención Ramsar, dando como resultado que el Ministerio de Ambiente desarrollara un documento de Política para los humedales interiores del país, con el fin de promover el uso sostenible, conservación y recuperación de los humedales a nivel nacional (*Política Nacional para humedales interiores de Colombia, 2002*). Posteriormente, se adoptó la “Guía técnica para la Formulación de Planes de Manejo para Humedales en Colombia” (*Resolución 1128, 2006*). Como respuesta, la Secretaria Distrital, desarrolló el Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos, en el cual, plantea los lineamientos y factores a tener en cuenta para ejecutar dichos procesos (*Secretaria Distrital de Ambiente, 2008*)

Con el fin de cumplir dichas normativas y protocolos, se han realizado a nivel nacional e internacional diferentes estudios enfocados en la delimitación mediante imágenes satelitales e integración adecuada de humedales a entornos urbanos y rurales, como el estudio realizado por *Eskandari-Damaneh et al., (2020)*, en el cual se elaboró la evaluación de la participación rural en el manejo de los humedales de acuerdo con la política “set-aside”, en el cual, según las encuestas realizadas y debido a la falta de conocimiento por parte de los agricultores y la deficiente integración de las políticas en cuanto a infraestructura y agricultura, se presentó una fuerte oposición (45%), en el apoyo de los encuestados para la conservación de los humedales.

Por otro lado, en el estudio *Extracción y Clasificación de Humedales Urbanos de Shanghai*, con imágenes de satélite, basadas en un modelo de árbol de decisiones (*Huang et al., 2009*), utilizando las bandas multispectrales de imágenes Landsat-5 TM como variables principales y una serie de datos derivados como entradas auxiliares, obtenidos de la transformación K-T y la transformación IHS, obtuvieron que el modelo tenía una precisión relativamente alta en la extracción y clasificación de los humedales urbanos. El resultado de la clasificación indicó que la precisión global alcanzaba el 89,05%, un aumento de más del 10% en comparación con el algoritmo de máxima probabilidad.

En contraste, el estudio de *Simioni et al., (2018)* para la delimitación de pequeñas marismas interiores mediante índices espectrales y árboles de decisión en el sur de Brasil, implementó 17 índices espectrales de teledetección para la cartografía de áreas pequeñas de marismas interiores, utilizando imágenes del satélite Sentinel 2A de verano e invierno. Mediante el modelo de árbol de decisión, pudieron clasificar las imágenes que mejor se ajustaban para la delimitación y caracterización de humedales. Los resultados mostraron que los índices de teledetección, aunque no habían sido desarrollados específicamente para la delimitación de marismas, presentaron resultados satisfactorios para clasificar estos ecosistemas, teniendo en cuenta los índices de Brillo, Vegetación Atmosféricamente Resistente y de Turbidez, logrando así clasificar adecuadamente el área de cosecha de arroz; sin embargo, recomendaron el uso de imágenes satelitales, para delimitar mejor los humedales de tipo marsh.

Otra opción para delimitar los humedales es implementar como base, imágenes pixel para posteriormente mejorarlas mediante el algoritmo “Knowledge-based”, el cual incluye un conjunto de reglas de decisión para identificar la cobertura de los humedales en relación con su elevación, su espacio, adyacencias, condiciones del hábitat, características hidrogeomorfológicas y geoestadísticas pertinentes (Xu & Ji, 2014). En el estudio Algoritmo Knowledge-based para la clasificación de imágenes satelitales de humedales urbanos, los autores demostraron que, al implementar este método junto con el árbol de decisiones, en el programa ERDAS, las imágenes obtenidas fueron más detalladas (Ilustración 2) permitiendo observar con mayor precisión las fuentes hidrias en comparación con las imágenes pixel sin clasificar (Xu & Ji, 2014).

Figura 2 Comparación entre las imágenes obtenidas mediante el método "Knowledge-based" y clasificación basada en píxeles.



Nota. La figura de la derecha muestra una parte de la Bifurcación Este del Pequeño Río Azul (una línea delgada en negro oscuro que corre en dirección NE-SW) detectada con el algoritmo de clasificación basado en el conocimiento. Mientras que no puede ser identificada en la figura de la izquierda producida con la clasificación basada en píxeles. Fuente: Xu & Ji, 2014

En Colombia, en el año 2018, Quijano et al., generaron un modelo para la identificación de humedales. En este estudio se generó un modelo para la identificación de humedales en escala 1:30.000 en la región del Altiplano del Oriente antioqueño, a partir de variables como la presencia de aguas superficiales, cobertura vegetal, características de geología y geomorfología de suelos. Este procedimiento fue validado mediante operaciones estadísticas y participativas; como resultado se obtuvo una aproximación a la delimitación de áreas

catalogadas como humedal, bien sea natural o artificial, permanente o intermitente, que permitiría establecer una línea base de las áreas que deberán ser caracterizadas, conservadas y/o restauradas.

Una opción para la conservación e integración de los humedales a las dinámicas sociales, después de ser delimitados de acuerdo con las características anteriormente mencionadas, es mediante la creación de jardines botánicos, convirtiéndolos así en espacios de transición urbanos y zonas recreación para la población aledaña, articulado con la sensibilización para la comunidad aledaña al humedal (Gutiérrez Vallejo & Hidalgo Molina, 2019). Finalmente, en Colombia, Duarte et al., (2016) plantearon elaborar un proyecto urbano paisajístico que permitiera integrar los desarrollos urbanos con la estructura ecológica de los humedales a través del manejo de bordes urbanos. También se pretendió re-naturalizar la mayor cantidad de zonas urbanizadas y desarrollar equipamientos propicios para el desarrollo social.

MARCO TEÓRICO

Según la convención Ramsar (2018), los humedales se definen como superficies cubiertas de agua que pueden ser naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes; dulces, salobres o saladas, cuya profundidad no exceda los 6 metros. Los humedales juegan un papel importante en la dinámica de los ciclos naturales del planeta y de los seres humanos, debido a que proporcionan servicios ecológicos esenciales como la purificación del agua, la reducción de las inundaciones, la recarga de los suministros de agua subterránea, la protección de las costas (Powers et al., 2012).

Adicionalmente, existen humedales urbanos, los cuales se encuentran dentro de los límites del radio urbano, total o parcialmente. En cualquier caso, uno de los factores más importantes para determinar el estado del ecosistema es el espejo de agua del humedal, superficie de agua abierta sin poblaciones de plantas acuáticas emergentes, pero con vegetación sumergida como fuente de alimento para las aves acuáticas. Es uno de los principales indicadores, sobre el estado del humedal (Vicepresidencia del Estado de Chile, 2019).

Por otro lado, la gestión de los humedales se define como un proceso activo de apoyo a los ecosistemas mediante el cual, la actividad humana extrae simultáneamente beneficios económicos y sociales de los servicios de los ecosistemas, al tiempo que equilibra las necesidades inmediatas de recursos, con el mantenimiento sostenible a largo plazo mediante una planificación y una toma de decisiones adecuadas (Eskandari-Damaneh et al., 2020). Con el fin de lograrlo a nivel internacional y nacional se han creado diferentes políticas, para proteger estos ecosistemas.

En Colombia no existe amplia literatura en cuanto a los Sistemas de Información Geográfica (SIG); sin embargo, institutos o entidades como el Agustín Codazzi (IGAC) y (Esri, 2017) definen los SIG, como sistemas empleados para describir y categorizar la Tierra y otras geografías, con el objetivo de mostrar y analizar la

información a la que se hace referencia espacialmente. Este trabajo se realiza fundamentalmente con mapas. Los SIG también emplean el geoprocesamiento para programar sus propias ideas con el fin de obtener estos resultados analíticos. A su vez, estos resultados se aplican a una gran variedad de problemas (Esri, 2017).

Para desarrollar los SIG, se puede usar la teledetección, técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales (IGN, 2009). La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra. Sin embargo, en la actualidad, la Teledetección se considera una fuente de información más que un SIG, aunque también puede abordarse de forma independiente. Los SIG más modernos poseen la capacidad de combinar imágenes de Teledetección (formato ráster) con datos vectoriales. Además, los modelos digitales de elevación del terreno (MDE), mejoran notablemente la capacidad de visualización del territorio (Universidad de Murcia, s/f).

Las imágenes satelitales, además, permiten la construcción de mapas de cobertura de la tierra mediante la metodología CORINE Land Cover (CLC) adaptada para Colombia por el IGAC, la cual permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra (Ideam, s/f). El esquema metodológico CLC, contempla las siguientes etapas: adquisición y preparación de la información; análisis e interpretación de las coberturas; verificación de campo, control de calidad y generación de la capa temática en escala 1:100.000 (IGAC, 2010).

CAPITULO 2. METODOLOGÍA

La metodología propuesta consiste en cuatro (4) fases ordenadas, que permiten llegar al resultado esperado.

Fase 1. Selección del Humedal Urbano

- i. Revisión de humedales que en los últimos 50 años hayan perdido más del 50% de su área por acciones antrópicas y naturales. Humedales ubicados en el casco urbano de Bogotá, cerca de zonas residenciales que no cumplan los 30 m de distanciamiento por normativa (Decreto 2811 de 1974, Art. 83)
- ii. Humedales que, por su intervención urbana su espejo de agua se vea fragmentado y cubierto en su mayoría por vegetación acuática.

Para el desarrollo del presente proyecto se seleccionó el Humedal Tibanica, el cual está ubicado en las coordenadas 4° 36'08.25'' de Latitud Norte y 74°12'15.71'' de Longitud Oeste. Se encuentra ubicado en la localidad 7 de Bosa, UPZ 85 en el Distrito Capital, al occidente de la Autopista Sur y al suroccidente de Bogotá en límite con el municipio de Soacha; tiene una cobertura de 28.8 Ha (SDA, 2021).

Fase 2. Revisión bibliográfica

La segunda etapa consistió en la revisión bibliográfica, sobre la temática referente la delimitación de humedales urbanos, variables implementadas en dicho proceso, resultados y comparación de metodologías, que aporten un punto de partida para el desarrollo de la Tesis, así como estrategias para la protección e integración de dichos ecosistemas a la dinámica sociocultural de la comunidad aledaña.

Fase 3. Recolección de la Información

En la tercera fase, se establecieron dos subprocesos para la recolección y posterior análisis de la información, con el fin de establecer criterios para la selección de las imágenes satelitales y aerofotografías obtenidas con el dron que se utilizaron en el desarrollo del proyecto.

3.1. Estaciones Pluviométricas

El uso de la información de los periodos de lluvia permitió analizar los cambios en la cobertura a lo largo del tiempo. Para la selección de las estaciones, se descargó la capa (layer) en formato Shape del Ideam, con las estaciones meteorológicas del país, la cual se procesó utilizando el programa ArcGIS. El primer paso, fue filtrar las estaciones por departamento dejando solo las estaciones de Bogotá, posteriormente se filtraron las estaciones

pluviométricas y finalmente mediante polígonos de Thiessen, se seleccionaron únicamente las estaciones cercanas al humedal que estuvieran activas. Las estaciones obtenidas fueron Bosa Barreno, Casa Blanca y Las Huertas; propiedad del Acueducto de Bogotá (EAAB). Se solicitó la información de precipitación total diaria y mensual, con el fin de identificar las condiciones hidroclimáticas de la zona del Humedal.

3.2. Imágenes Satelitales y Aerofotográficas

Para el acopio de las imágenes se utilizó Google Earth pro el cual cuenta con imágenes Landsat 8 de alta resolución e incorpora una banda en el infrarrojo con una serie histórica para Colombia desde 2009. Para las imágenes con dron, se buscaron condiciones de tiempo optimas, sin embargo, la visita estuvo sujeta a la disponibilidad y autorización de la Secretaria de Ambiente de Bogotá. Para las imágenes satelitales se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- a. Dos (2) imágenes por año, una para periodo seco y otra para el periodo húmedo o de mayor precipitación, de acuerdo con los resultados de análisis hidroclítico de la Fase 3. Subproceso 3.1. Cuando no fue posible establecer el criterio inicial, se buscó seleccionar una imagen del periodo de mayor precipitación de diciembre y una para el periodo seco de julio del año siguiente.
- b. Las imágenes debían tener entre cuatro (4) y seis (6) años de diferencia.
- c. La nubosidad de la imagen fuera, preferiblemente, de cero y que la nitidez del píxel permitiera analizar al detalle las condiciones del humedal y la zona circundante; por lo tanto, se usaron imágenes con pixeles entre 30 metros y 50 metros de Resolución Espacial.

Bajo estas condiciones, se obtuvieron imágenes para diciembre de 2009, marzo del 2013, enero y noviembre de 2016 y mayo de 2022. La imagen obtenida con el dron se tomó en noviembre de 2022 en horas de la mañana.

Fase 4. Procesamiento de Imágenes

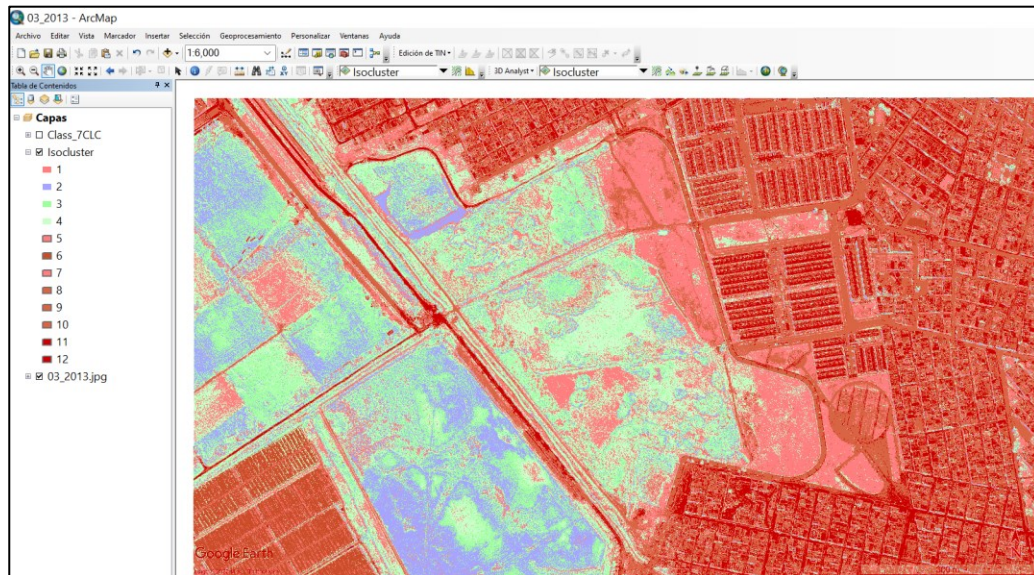
Como las imágenes se obtuvieron en falso color directamente de la fuente, no fue necesario hacer ningún tipo de modificación en las bandas; sin embargo, el sistema de referencia de las imágenes Landsat 8 era WGS 84 por lo cual fue necesario reproyectarlas a Magna_Colombia_Bogotá, siguiendo las recomendaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para la implementación de la metodología CORINE Land Cover (CLC) para escala 1:25.000 (IGAC, 2021), no obstante, la escala utilizada en el presente trabajo de investigación fue 1:5.000 para cubrir con mayor detalle la zona. En el programa ArcGIS versión 1.2.2 se procedió a realizar la clasificación CLC y actualización catastral con la imagen del año más reciente obtenida.

4.1. Clasificación CORINE Land Cover

Para la clasificación CORINE Land Cover, se siguieron los lineamientos establecidos por el IGAC; debido a que, no existía una clasificación específica para humedales, se establecieron siete (7) categorías que correspondían a lo visualizado y obtenido mediante la Clasificación Digital, No Supervisada. Sin embargo, los humedales son una cobertura terrestre diversa con muchas consideraciones espectrales, espaciales y temporales, y ningún algoritmo ha sobresalido en todos los casos de uso (Ahmed et al., 2021).

- i. En el mapa en blanco de ArcGIS se seleccionó el sistema de coordenadas Magna-Sirgas, utilizado en Colombia, del IGAC.
- ii. Después de cargar la imagen satelital, mediante la herramienta del ArcToolbox “Spatial Analyst”>”Iso Cluster” se hizo la reclasificación a 12 categorías.

Figura 3 Clasificación no supervisada, 12 categorías



Nota: En este primer paso no es necesario colocar los nombres pero si clasificar los colores para facilitar la agrupación. Fuente: El Autor.

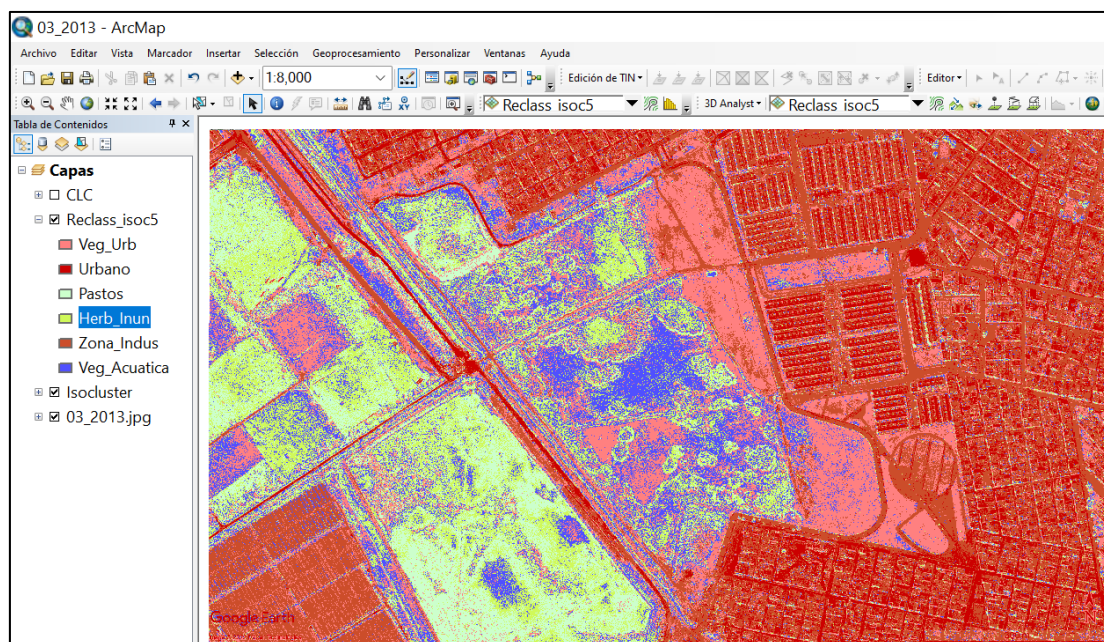
- iii. Posteriormente, mediante la herramienta del ArcToolbox “Spatial Analyst”>”Reclassify”, se establecieron seis categorías para cada imagen, presentadas en la tabla 1, según la clasificación de Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia; la clasificación se presenta en la ilustración 4.

Tabla 1 Códigos y colores RGB CORINE Land Cover para Colombia utilizados para el Humedal urbano Tibanica

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	RGB
1. Territorios Artificializados	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			204-000-000
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas Industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales		204-077-042
	1.4. Zonas verdes artificializadas no agrícolas	1.4.1. Zonas Verdes urbanas	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas		255-128-128
2. Territorios Agrícolas	2.1. Pastos	2.1.1. Pastos limpios			204-255-204
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.5. Cultivos confinados			130-074-018
3. Bosques y Áreas seminaturales	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	207-249-087
4. Áreas Húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua			080-080-255

Nota: Las coberturas del suelo presentadas en la tabla 1, únicamente muestran, los niveles y coberturas utilizados para la clasificación del humedal, debido a que las categorías variaron para 2009 a enero de 2016 y noviembre de 2016 a 2022. Fuente: Ideam, s/f adaptado por el autor.

Figura 4 Reclasificación de 12 a 6 categorías

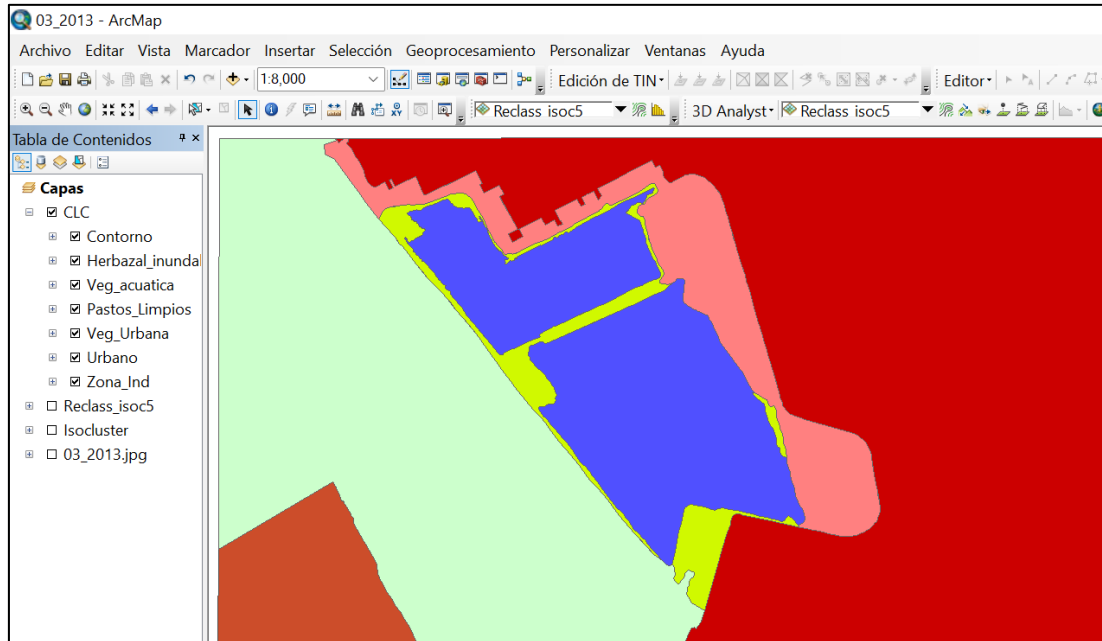


Nota: Las seis categorías variaban año a año debido al tamaño de las zonas. En 2009 debido a que, los invernaderos no tenían más de 5 Ha se podían clasificar como zonas industriales, pero para 2022 como su área aumentó a casi 25 Ha, se clasificaron como cultivos confinados. Fuente: El Autor.

- iv. Usando como guía la clasificación de colores se digitalizaron los polígonos, mediante la metodología CLC, en la cual se estableció como criterio que, si el área no cubría el 30% del área cartografiada, se incluía en la clasificación de mayor cobertura. Es importante resaltar que, debido al tamaño de los píxeles, no todas las clasificaciones correspondían a la categoría asignada. Además,

también se tuvo en cuenta que los polígonos siguieran los criterios estéticos establecidos por el IGAC y el Ideam, por lo tanto las vías y canales que no tuvieran un ancho mayor a 8 metros se incluyeron en la cobertura con mayor tamaño.

Figura 5 Polígonos según la clasificación CRINE Land Cover del Humedal Tibanica



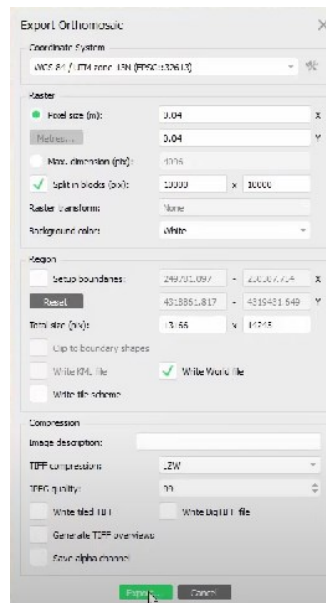
Fuente: El Autor.

4.2. Imagen obtenida con el dron

Para la toma de imágenes con el dron (Mavic Pro Platinum, sensor 1/2.3" (CMOS), pixeles efectivos:12.35 M (Total de pixeles:12.71M)), se diseñó un plan de vuelo que cubriera el humedal más 50 metros a la redonda de este (una cuadra aproximadamente), a una altura de 120 metros con el fin de obtener mayor detalle; al final se obtuvieron 682 imágenes las cuales se procesaron en el programa Metashape Agisoft 1.8, como se describe a continuación:

- En la pestaña Workflow se seleccionó "Add Photos" y se seleccionaron todas las fotos obtenidas por el dron
- En la pestaña Workflow, se seleccionó "Align photos", en la pestaña emergente se seleccionó "High"
- En el panel izquierdo sobre "orthomosaic" se dio click derecho "Export orthomosaic">"Export JPG/TIFF/PNG"; en la ventana emergente se seleccionaron los parámetros presentados en la figura 6.

Figura 6 Parámetros para exportar la imagen a formato Tiff



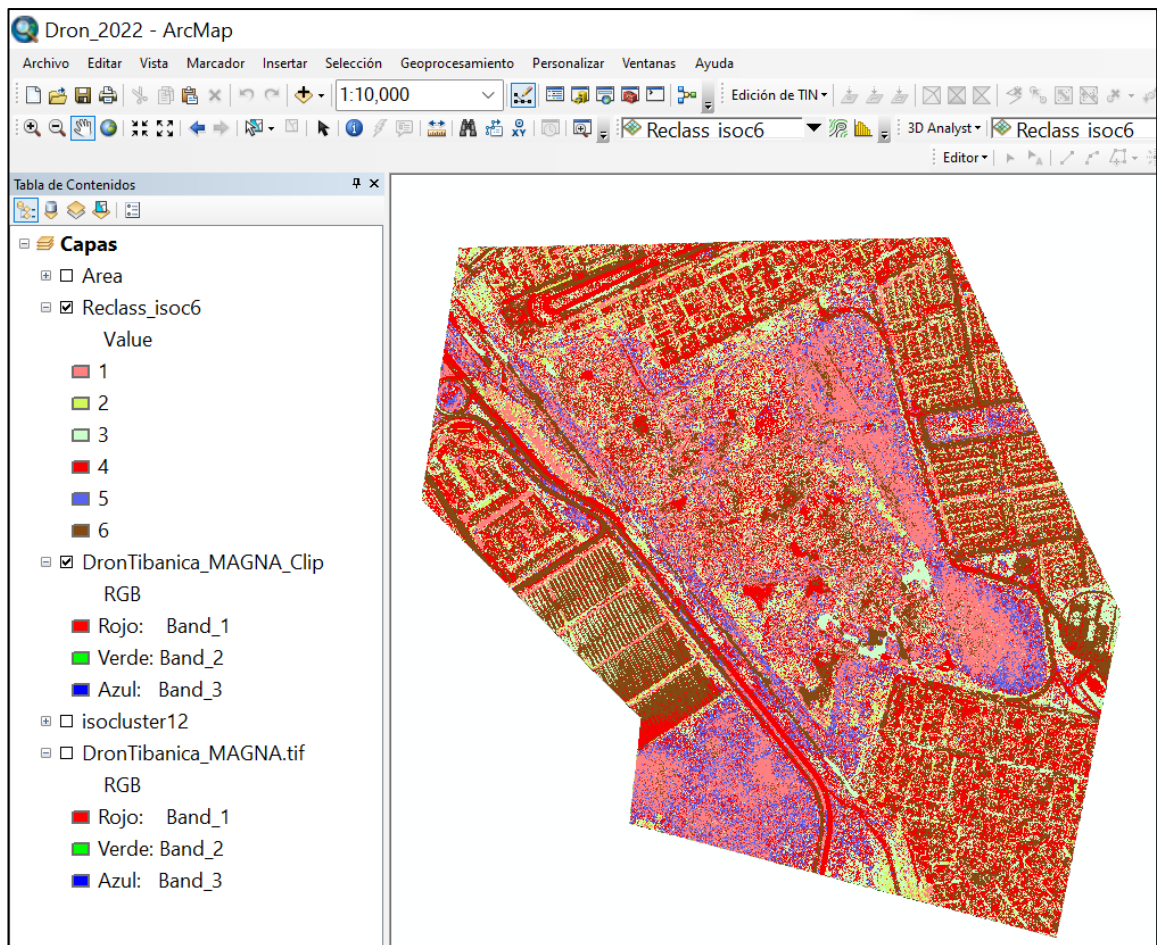
Fuente: El Autor

- d. En ArcMap se cargó la imagen generada con el sistema de coordenadas de Colombia – Bogotá, Magna Sirgas. Se le hizo un clip, para que los bordes quedaran simétricos, generando una capa llamada “Area”.

Finalmente, una vez obtenida la imagen recortada y con sus respectivas coordenadas, se procedió a realizar la categorización para la cobertura del suelo, mediante la metodología CORINE Land Cover, como se presenta a continuación:

- i. En el mapa en blanco de ArcGIS se seleccionó el sistema de coordenadas Magna_Sigas Colombia_Bogota del IGAC.
- ii. Después de cargar la imagen satelital, mediante la herramienta del AcrToolbox “Spatial Analyst”>”Iso Cluster” se hizo la reclasificación a 12 categorías las celdas.
- iii. Posteriormente, mediante la herramienta del AcrToolbox “Spatial Analyst”>”Reclassify” se establecieron seis categorías, presentadas en la tabla 1, según la clasificación de Corine Land Cover-CLC adaptada para Colombia; la clasificación se presenta en la ilustración 7. Sin embargo, dado el nivel de detalle de la imagen, la clasificación no se observaba adecuadamente y por lo tanto solo fue tomada como guía.

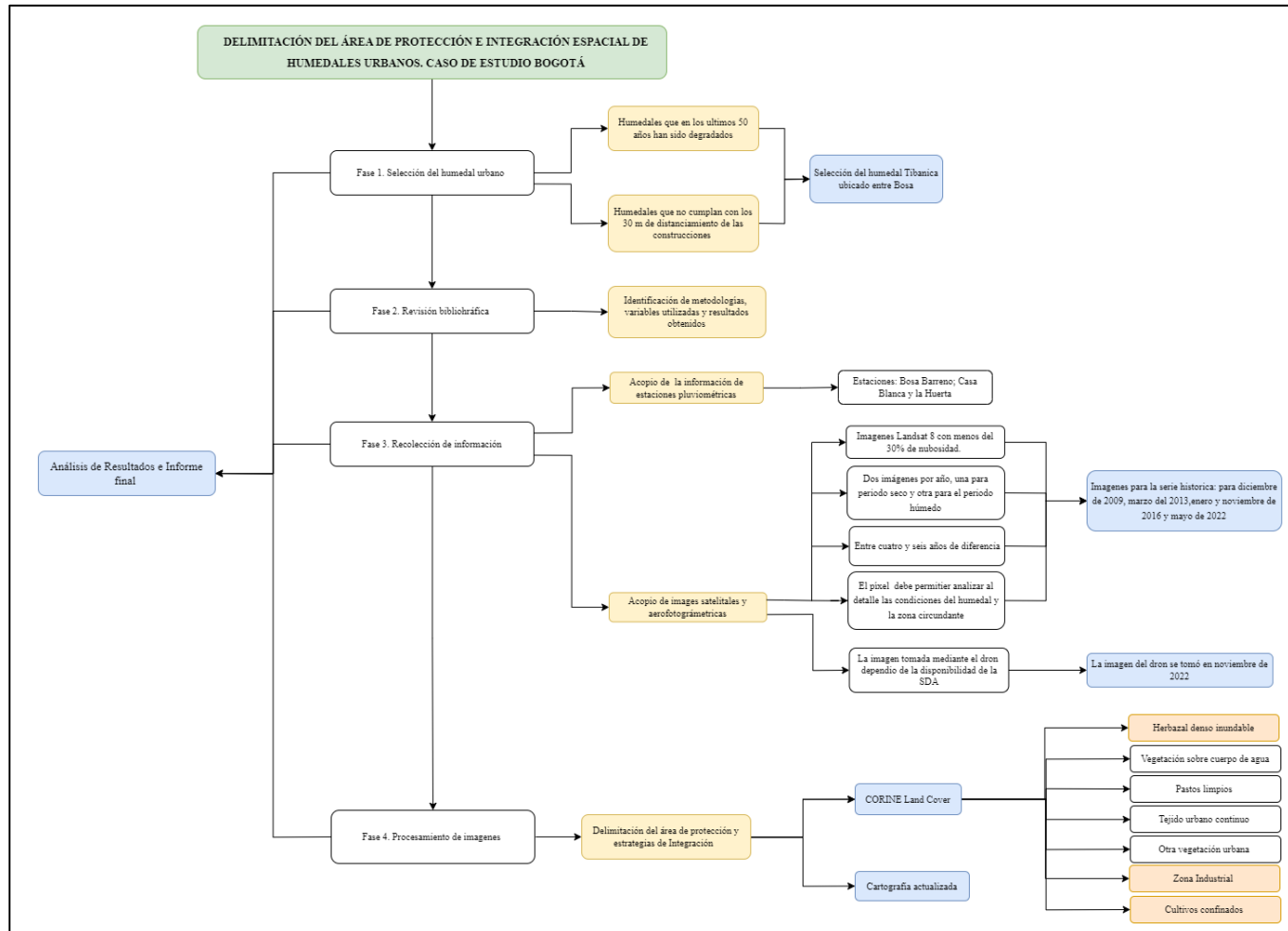
Figura 7 Reclasificación de 12 a 6 categorías de la imagen obtenida por el Dron



Fuente: El Autor

Los cuadros blancos son las etapas del proyecto, los cuadros amarillos muestran las actividades para llegar a los resultados que se presentan en los cuadros azules y los cuadros naranjas presentan las categorías que variaron de acuerdo con los cambios en la cobertura de las imágenes satelitales.

Figura 8 *Flujograma de la metodología del proyecto de investigación*



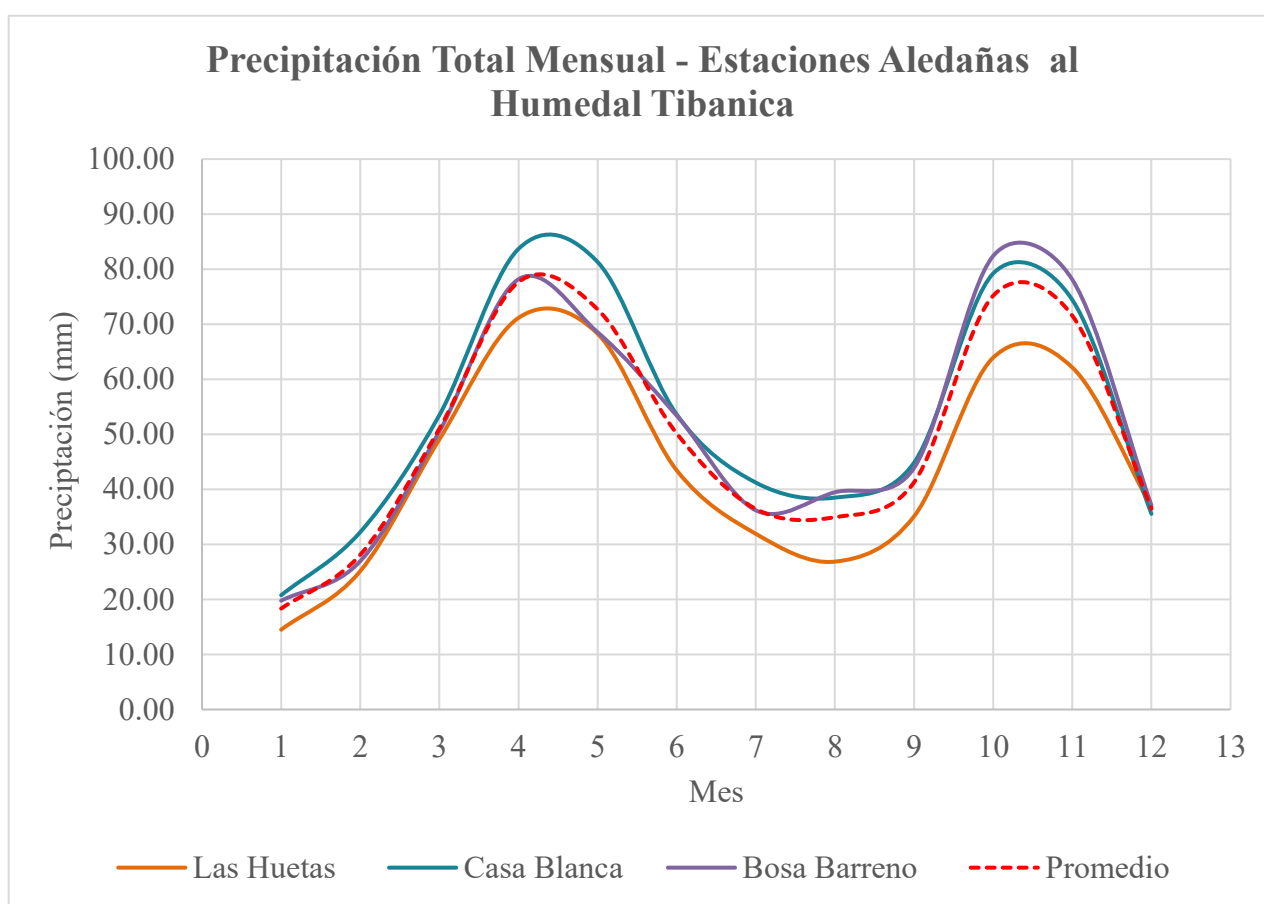
Fuente: El Autor

CAPITULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caracterización Climática

La zona de estudio del Humedal Tibanica presenta una distribución de lluvias bimodal, con dos temporadas de lluvias muy marcadas entre abril- mayo y octubre-noviembre y dos periodos relativamente bajos o secos entre julio-agosto y enero-febrero, como se muestra en la figura 9. Esto parece estar relacionado con la influencia que tienen en el país los Vientos Alisios procedentes del noreste (NE) y del sureste (SE) que dan origen a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Jaramillo & Chaves, 2000).

Figura 9 Precipitación total mensual del Humedal Tibanica



Fuente: El Autor.

Cobertura y Uso del Suelo (CLC) del Humedal Tibanica

Existen pocos estudios sobre el uso de la metodología CORINE en humedales urbanos, sin embargo, en el estudio de Cabrera-Amaya et al., (2017), la utilizan para el análisis de la cobertura vegetal (nativa e introducida)

del Humeral Jaboque y parque La Florida; recientemente en el estudio de Nieto & Velandia (2020), se implementa esta metodología para el análisis de la cobertura para los periodos desde 1993 a 2005, los estudios anteriormente mencionados representaron un punto de partida para la selección de las categorías utilizadas, mencionadas anteriormente en la metodología (tabla 1). En la tabla 2 se presentan los resultados multitemporales de la variación en hectáreas de la cobertura para los años 2009; 2013; 2016 y 2022 (ver Anexos 1,2, 3 y 4), es importante resaltar que el área de estudio seleccionada cubre 119 Ha en promedio de las imágenes satelitales, mientras que para la imagen obtenida por el dron es de 82,81 Ha debido a que solo se tomaron 0,64 Ha a la redonda del humedal, correspondiente al tejido urbano, sin embargo, el área de estudio del ecosistema en la seis imágenes fue de 28,8 Ha.

Tabla 2 Área en hectáreas por tipo de cobertura para cada año

Tipo de Cobertura Año de la imagen	2009	2013	2016		2022	
			Ene.	Nov.	May.	Nov ¹ .
	Área (Ha)					
Tejido urbano continuo	54,38	51,06	55,06	54,47	62,54	37,46
Zonas industriales	6,0	5,66	6,0	-	-	-
Otras zonas verdes urbanas	7,60	8,07	8,25	8,16	12,82	7,81
Pastos limpios	28,75	35,88	33,17	18,92	5,75	12,57
Cultivos confinados	-	-	-	18,27	18,60	4,81
Herbazal denso inundable	-	-	-	-	3,83	3,84
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	22,60	18,76	16,42	18,45	15,97	16,31
Total	119,33	119,43	119,0	118,27	119,51	82,81

Nota: Las áreas de cada cobertura fueron obtenidas en el programa ArcGIS mediante la opción "calcular geometría". La unidad de medida fue Ha, la diferencia en el área total se debe a los pixeles de cada imagen satelital.

¹*La información de noviembre de 2022 corresponde a la imagen obtenida mediante el dron.*

Fuente: El Autor

Las áreas por tipo de cobertura de la tabla 2, permiten observar los cambios en el uso del suelo a lo largo del tiempo de estudio, del humedal Tibanica. Uno de los resultados más representativos es el crecimiento del tejido urbano en los últimos trece años: en 2009, presentaba un área de 54.38 Ha, en contra posición con las 62.54 Ha, de mayo de 2022. La disminución del área en esta cobertura, para el 2013, se debe a que en la imagen satelital la vía no estaba definida, ni cumplía con los ocho metros de ancho (mínimo) para ser incluida en el tejido urbano, por lo tanto, se incluyó en la categoría de pastos limpios, posiblemente por el crecimiento del pasto debido a que, marzo es un periodo de transición entre el periodo seco y húmedo. La información de noviembre de 2022, corresponde a la información obtenida con el Dron. La variación en las áreas, se debió a que solo se tomaron 0,64 Ha a la redonda del humedal, correspondiente al tejido urbano, sin embargo, el área de estudio del ecosistema en las seis imágenes fue de 28,8 Ha.

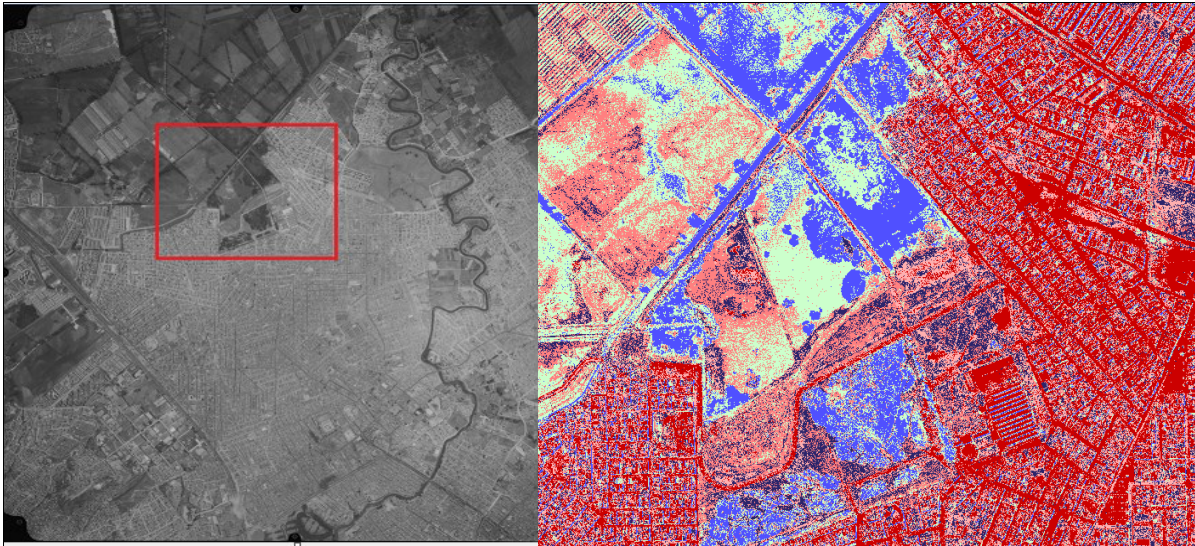
Además, es posible observar cómo la cobertura de la vegetación acuática sobre cuerpos de agua disminuyó 6.63 Ha para 2022, según la líder comunitaria del sector, Tina, quien administra el humedal. Asegura, que aunque, procuran realizar talleres y jornadas de limpieza y siembra con colegios y vecinos, la falta de consciencia por parte

de la comunidad, que en su mayoría son recicladores de oficio, sumado a la discontinuidad de los proyectos que se inician por parte de las instituciones de educación superior, ha dificultado la conservación del humedal, y por lo tanto ha permitido el crecimiento del tejido urbano, puntualmente, de la vegetación urbana, que en su mayoría son pastos, lo cuales han pasado de 7.60 Ha a 12.82 Ha en los últimos 13 años.

Las imágenes satelitales, actualmente, se pueden descargar de forma gratuita de diferentes servidores en línea, en contraste con las aerofotografías que se deben obtener, en la mayoría de los casos, en el IGAC, y revisar las líneas de vuelo disponibles para la zona de estudio y en algunos casos, según el estado de la imagen, es necesario pagar por su digitalización. Si bien, ambos métodos requieren una comprobación detallada en campo, el uso de imágenes satelitales es más fácil por el manejo de bandas, en especial la banda del infrarrojo, debido a la reflectancia que tiene el agua en este espectro. (Passuci et al., 2016). Adicionalmente, el uso de imágenes satelitales de alta resolución para la elaboración de la cartografía forestal ofrece ventajas sobre las aerofotografías, en especial, por la facilidad de la digitalización y que, al procesarlas, permite obtener otras variables como los Índices de Vegetación (NDVI), (Ancira-Sánchez, Treviño 2015).

Según el estudio de Nieto & Velandia (2020), en el cual se implementaron aerofotografías, para 2009 la vegetación sobre el cuerpo de agua tenía un área de 17,58 Ha, en contraste con las 22,60 Ha, obtenidas en la elaboración de la cobertura mediante la imagen satelital; esto puede ser debido a que, en las aerofotografías del IGAC no es posible ver en detalle, los tipos de cobertura, además de la usencia de una banda para el infrarrojo, tal como se muestra en la figura 10. Si bien en la fotografía aérea, es posible observar detalles como el cuerpo de agua y el tejido urbano, los resultados, también dependen del procesamiento de la imagen, además, como se mencionó anterior mente el presente estudio siguió los lineamientos del IGAC para la escala de detalle 1:25.000, la cual se publicó en 2021 y por lo tanto genero diferencias entre las coberturas seleccionadas.

Figura 10 Imagen aerofotográfica Humedal Tibanica 2004



Nota: A la izquierda se encuentra la imagen original obtenida por del IGAC, el cuadro rojo resalta el Humedal Tibanica, a la derecha, se presenta la clasificación mediante la metodología CLC. Fuente: IGAC, adaptado por el autor

Respecto a los resultados obtenidos mediante la metodología CLC en la ortofotografía obtenida con el Dron, el área de estudio, debido a las limitaciones de señal del equipo, se redujo en 36,70 Ha. Es importante resaltar que el dron no captura infrarrojo, solo RGB, dada la altura el nivel de detalle era mayor respecto a las imágenes satelitales, el píxel de la imagen del dron es de 0,30 metros versus 30 metros de la imagen satelital, lo que facilito la observación de la cobertura vegetal del humedal, aunque esto dificultó la Clasificación No Supervisada, permitió observar en detalle, el estado del espejo de agua del Humedal y la vegetación de este. Además, es posible observar que la diferencia entre la cobertura de vegetación sobre cuerpo de agua para 2022 entre la ortofotografía del dron y la imagen satelital solo varia en 0,34 Ha, lo que no representa una variación significativa entre los resultados; este aumento se puede deber al fenómeno de la Niña que se ha experimentado durante el último semestre del año (Rico Muñoz, 2022).

Es importante resaltar, que para en el presente estudio, el ancho mínimo que debían cumplir las vías y canales era de 8 metros para que fueran incluidos en una categoría de cobertura independiente (IGAC, 2021) y por esto la quebrada Tibanica se incluyó dentro de pastos limpios en la mayoría de los casos, debido a que era la cobertura que la rodeaba. Sin embargo, este cuerpo de agua, es la principal fuente hídrica a la cual drena el Humedal cuando aumenta la precipitación y por ende el nivel del agua; sin embargo, según la entrevista a Alejandro Callejas Mora, ingeniero ambiental encargado de la administración del Humedal, debido a los cambios en la cobertura los

drenajes naturales del Tibanica se han perdido alterando la dinámica natural del ecosistema, por lo que ha sido necesario crear nuevos canales como se muestra en la figura 11.

Figura 11 Drenajes construidos en el Humedal Tibanica



*Nota: Durante la salida se pudo percibir el olor a agua estancada. La vegetación en rojo corresponde a Buchón de agua muerto (especie introducida por EAAB con fines de remediación), al fondo es posible observar el Junco de Estera (*Typha latifolia*). Fuente: El Autor.*

Delimitación y Área de Protección del Humedal Tibanica

Según la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) para 2021 el límite legal del humedal Tibanica tenía una extensión de 28,8 Ha (SDA, 2021), sin embargo, para La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) el área era de 21,62 Ha (EAAB, s/f-a). Como se muestra en las figuras 12 y 13, esta diferencia se puede deber al año de cada imagen satelital y a que la SDA tomó en cuenta las edificaciones aledañas al humedal como parte del límite, estas diferencias denotan la necesidad de articular la información entre entidades con fines de protección y manejo. Para el desarrollo del presente proyecto se tomó como área, la establecida por la SDA, sin embargo, es posible observar que el mapa no tiene en cuenta gran parte del humedal, que según las coberturas

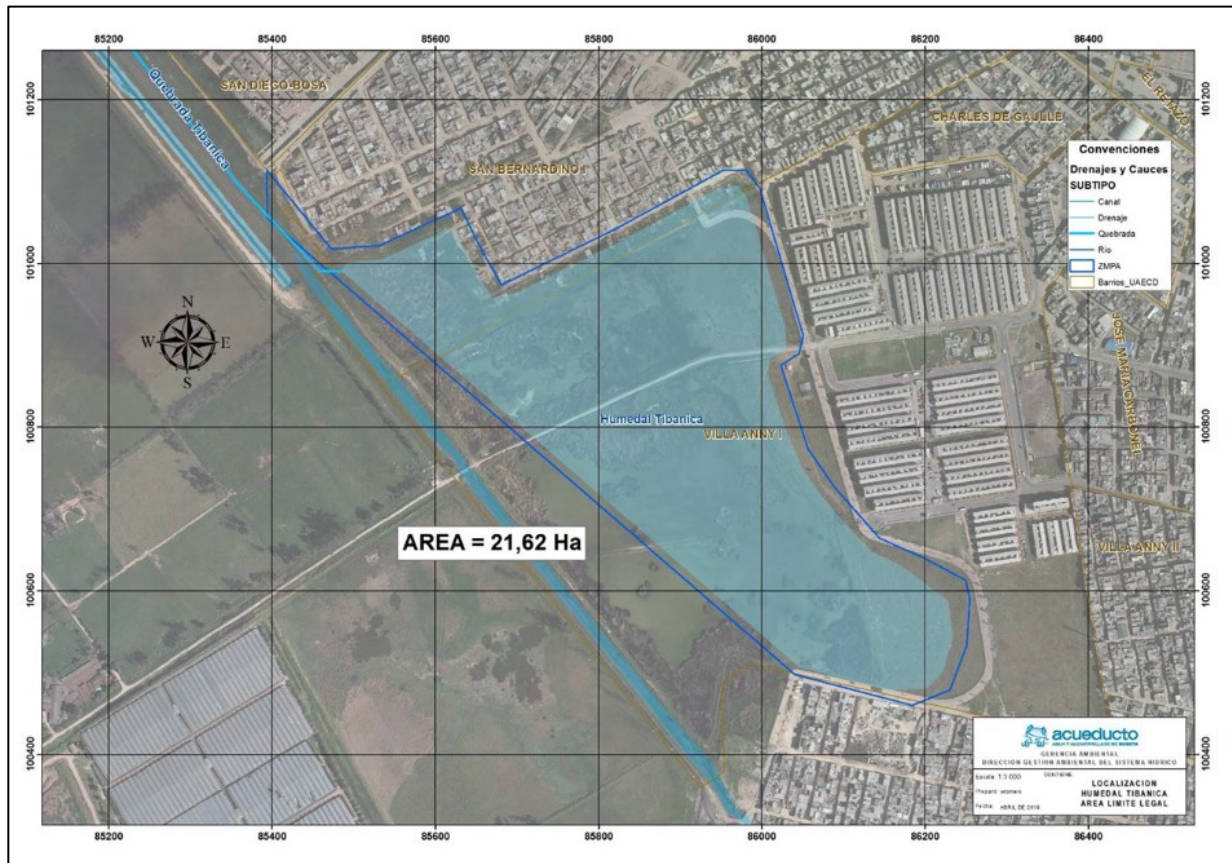
obtenidas en el presente estudio está compuesta por vegetación sobre cuerpo de agua y por lo tanto debería incluirse dentro del límite legal.

Figura 12 Identificación límite legal del Parque Ecológico Distrital de Humedal Tibanica- SDA



Nota: La línea amarilla representa el límite de la ciudad de Bogotá y el polígono azul el límite legal del Humedal Tibanica. Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) grupo Humedales 2021

Figura 13 Identificación límite legal del Parque Ecológico Distrital de Humedal Tibanica- EAAB



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)

En la figura 14, se presenta la actualización de la cartografía del humedal obtenida de la imagen satelital de 2022, al calcular el área total del humedal, incluyendo la sección sur-oriental, compuesta por vegetación sobre el cuerpo de agua, es de 28,88 Ha, aunque es la misma que la establecida por la SDA, es posible observar que la vía de la Avenida Ciudad de Cali, utilizó para su desarrollo parte del humedal y, tal como se ve en el buffer del área de influencia (figura 15), afecta no solo al humedal sino que también, corre riesgo de inundación por su proximidad al humedal y el cambio en la dinámica del humedal, tal como se expresó anteriormente.

Figura 14 Cartografía Humedal Tibanica 2022

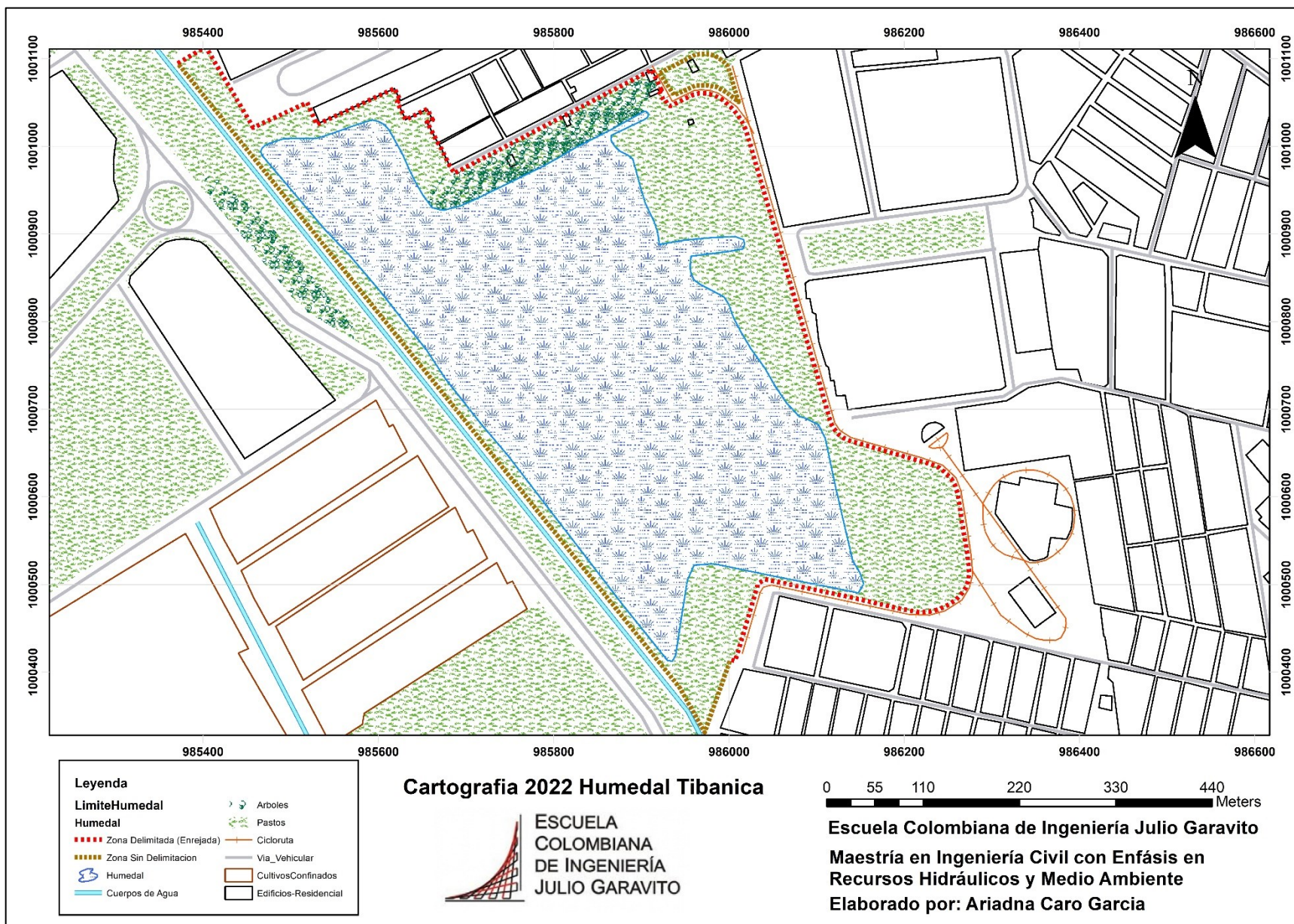
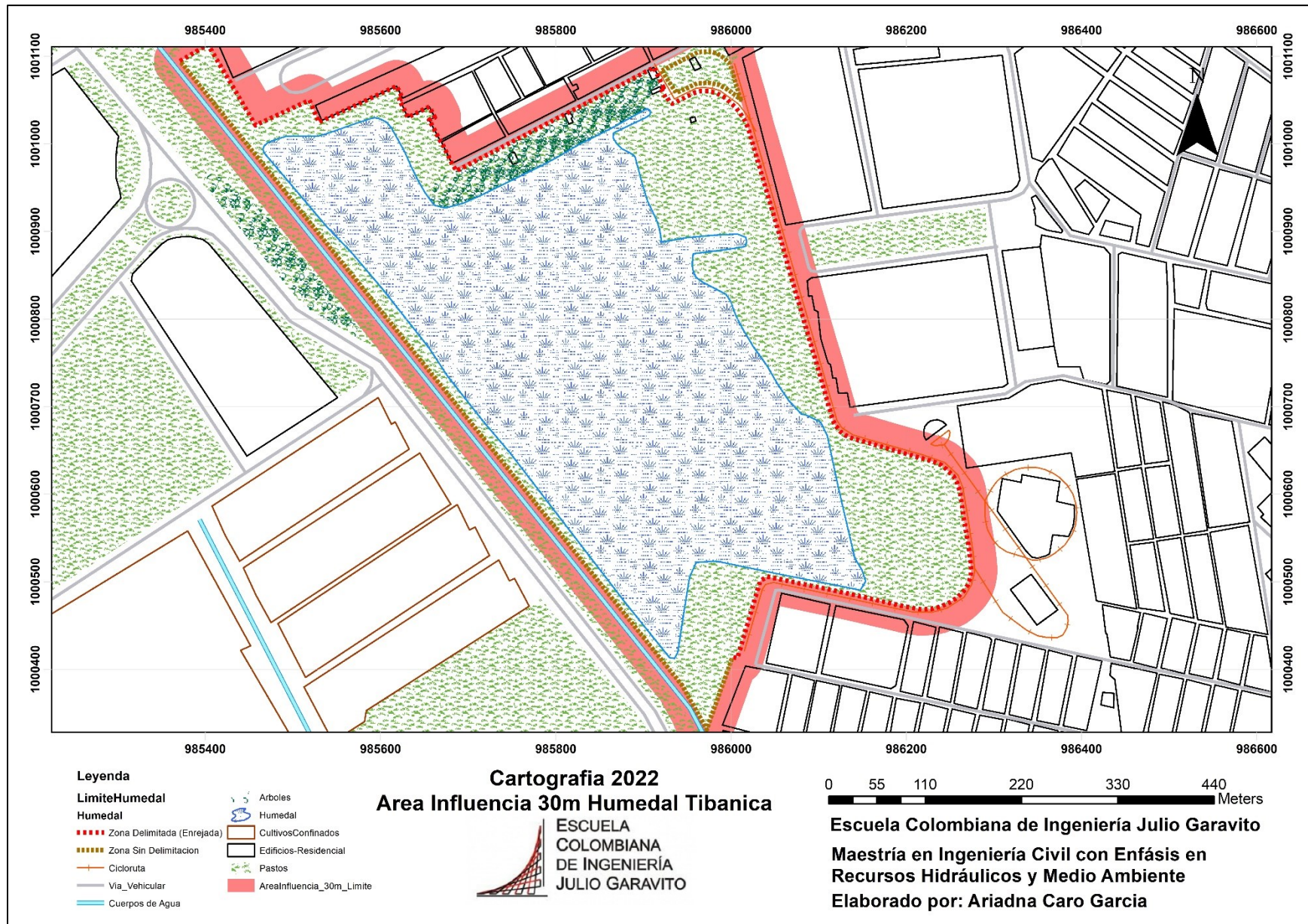


Figura 15 Zona de Manejo y Preservación Ambiental - ZMPA Humedal Tibanica



Respecto a la Zona de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA), si bien, el Decreto 2811 de 1974 establece que se deben dejar 30 metros desde la zona de ronda hidráulica (figura 14), dado el deterioro del humedal y la dificultad para establecerla y calcularla se tomó como referencia el límite del humedal; la ZMPA está destinada a brindar una franja de protección al ecosistema donde se pueden desarrollar actividades de restauración ecológica, para ofrecer hábitats a la fauna, adecuaciones y equipamientos para la recreación pasiva, investigación y ciencia ciudadana (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

Figura 16 Zona de Manejo y Preservación Ambiental de cuerpos de Agua



Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (SDA).

Propuesta de estrategia de integración espacial

En la visita al humedal se pudo evidenciar la desconexión entre el ecosistema y la comunidad, si bien el acueducto de Bogotá, junto con la Alcaldía local de Bosa y la SDA realizan limpiezas mensuales al espejo de agua, y la administración del humedal procura realizar campañas de concientización, siembra y limpieza, el deterioro de este es evidente, debido a la mala disposición de los residuos sólidos, el crecimiento acelerado del Buchón y la Lenteja de agua y por las manadas de Ferales (perros domésticos que se adaptaron a cazar la fauna nativa del humedal). Por lo anterior es necesario generar una estrategia o plan de manejo que integre el humedal a la comunidad.

Figura 17 Problemáticas socioambientales del Humedal Tibanica

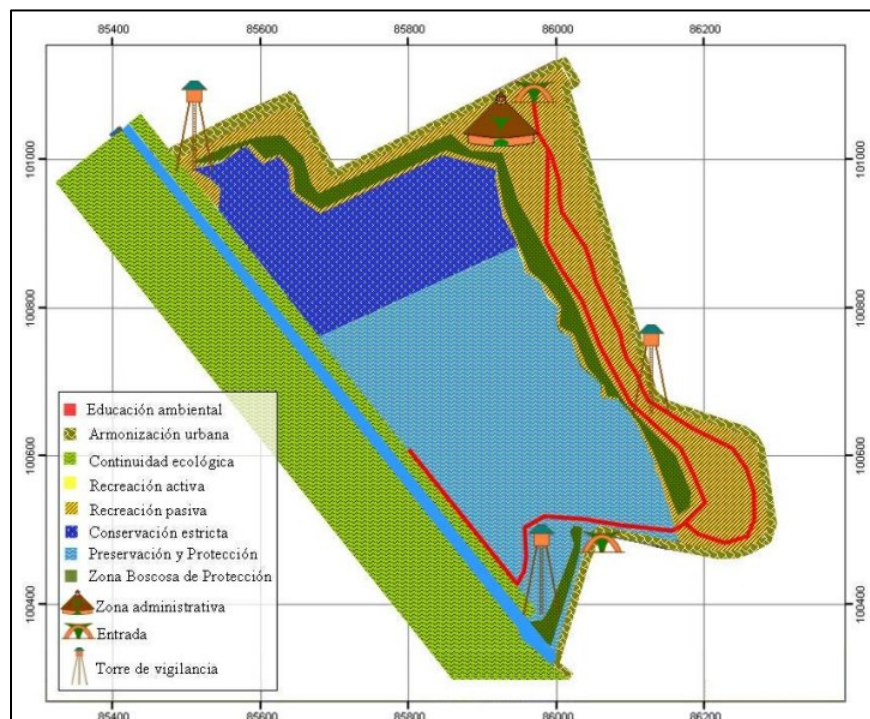


Nota: En la parte superior de la imagen se observan los ferales dentro del humedal, en la parte inferior se observa a lado izquierdo la vegetación invasora en el espejo del agua, así como los residuos encontrados al largo del humedal y una residencia dentro de los límites del humedal. Fuente: El Autor

Si bien en el Plan De Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica presentado por el EAAB (s/f-b), se presentan dos mapas uno para la cobertura esperada del humedal y otro para ubicación de infraestructura física para adecuación del uso del espacio público en el Humedal Tibanica (figura 18), en el presente apartado se muestra en la figura 19 la propuesta de integración del ecosistema como un parque ecológico, tal como lo plantea la SDA y el acueducto permitiéndole funcionar como laguna de amortiguamiento para el control de

crecientes de la Quebrada Tibanica, hogar de paso de especies migratorias y sobre todo como espacio de recreación para la comunidad aledaña

Figura 18 Mapa de ubicación de infraestructura física para adecuación del uso del espacio público en el Humedal Tibanica



Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá- EAAB.

Como estrategia de integración, se propone que el humedal Tibanica cuente con senderos peatonales, delimitados, que le permitan a la comunidad disfrutar de la vegetación y de la fauna del parque ecológico, el ingreso se debe hacer en horarios controlados. Además, se propone sembrar especies nativas del humedal, presentadas en la tabla 3 junto con la comunidad, enfocándose en la que limita con el humedal.

Tabla 3 Especies para la restauración del Humedal Tibanica

Especie	Función
<i>Caesalpinia spinosa</i> ; <i>Quercus Humnolditi</i> ; <i>Salix humboldtiana</i> ; <i>Alnus acuminata</i>	Cerca viva
<i>C. coronopifolia</i> ; <i>Hydrocotyle</i> ; <i>Gratiola bogotensis</i>	Vegetación herbácea nativa
<i>Juncal S. Californicus</i> ; <i>Nymphaeaceae</i> ; <i>S. californicus</i> ; <i>Ranunculus flagelliformis Sm.</i> ; <i>Eleocharis montana</i>	Vegetación acuática sobre cuerpo de agua

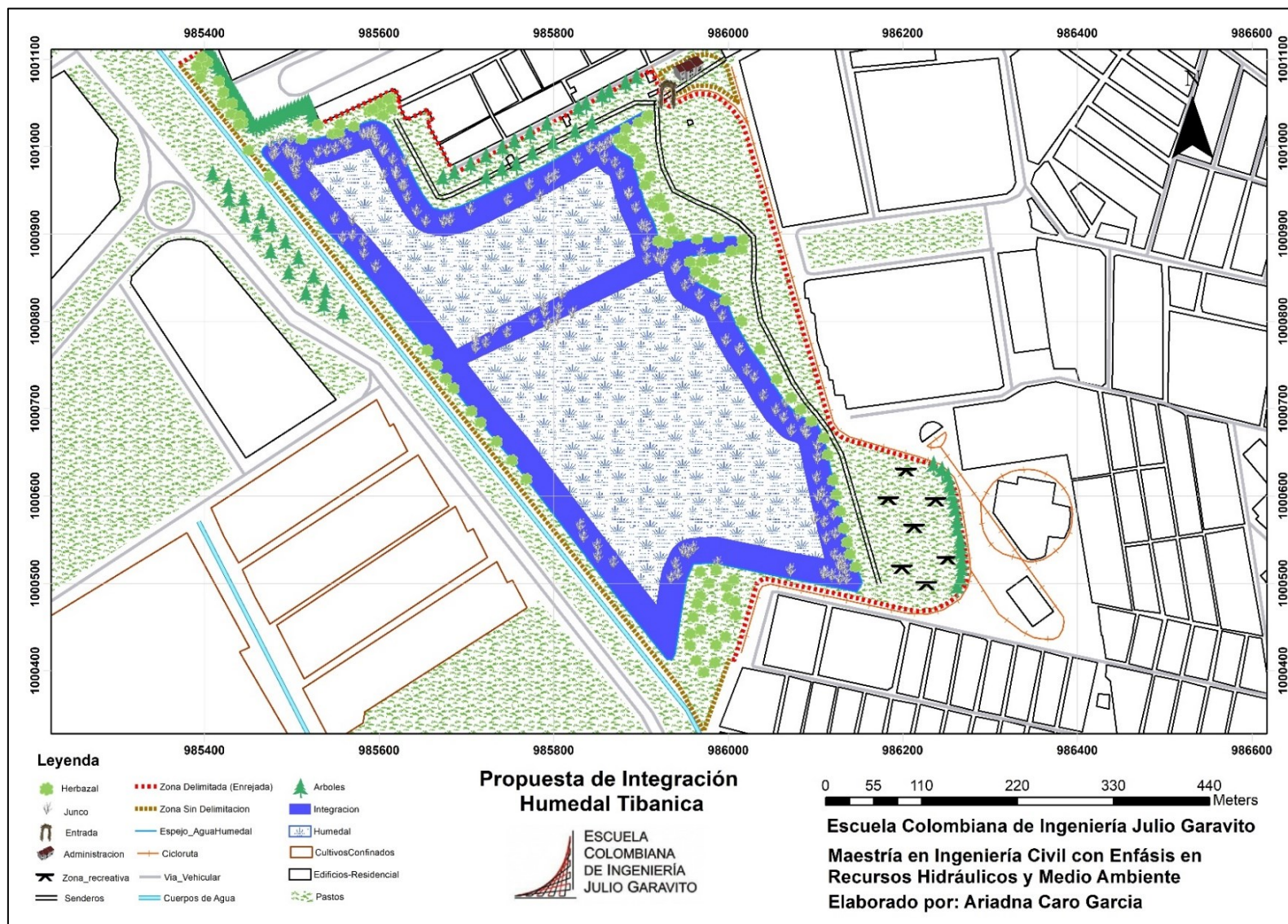
Fuente: Jarín Botánico de Bogotá, adaptado por el autor

Las especies propuestas pretender recuperar la heterogeneidad de hábitats tanto del espejo de agua como se la zona de manejo ambiental y además permitiría que el humedal, el cual está concebido como un parque ecológico por la SDA, se convierta en un banco (reserva) natural de especies en peligro de extinción. Teniendo en cuenta lo anterior, la función se describe a continuación:

- a. Cerca viva: Las especies arbóreas seleccionadas cumplirán la función de protección contra ruidos producidos por el paso de Transmilenio y además para prevenir posibles olores que se generen al inicio de la restauración del humedal. Sin embargo debido al tamaño el *Quercus Humnolditi* (Roble Andino) se debe ubicar hacia la quebrada Tibanica, respecto al *Alnus acuminata* y *Caesalpinia spinosa*, debido a su tamaño y crecimiento se propone ubicarlo hacia la Av. De Cali y la zona urbana y así evitar daños a la infraestructura.
- b. Vegetación herbácea nativa: Debe predominar sobre los pastos y servir para recuperar las condiciones del suelo y contribuir al drenaje natural del humedal.
- c. Vegetación sobre cuerpo de agua: En su mayoría se proponen especies en peligro de extinción, que permitan recuperar las condiciones del espejo de agua, y que además no sean invasoras y requieran de un control permanente en su propagación y sirvan como hábitat para la fauna nativa y migratoria.

Siguiendo las recomendaciones de la SDA y el objetivo de restaurar el ecosistema, se propone la creación de senderos transitables por la comunidad y una zona de recreación, que permitan recorrer una parte del humedal y observar las especies de aves, sin degradar el ecosistema e intervenir en su dinámica natural. Para que esto sea posible es necesario hacer partícipe a la comunidad, mediante talleres y recorridos guiados.

Figura 19 Propuesta de integración del Humedal Tibanica



CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados obtenidos, es posible concluir que las imágenes satelitales gracias a la combinación de bandas y sobre todo al contar con una banda que cubre el espectro infrarrojo, permiten identificar el cuerpo de agua y la vegetación sobre el mismo, de humedales que se encuentran dentro del casco urbano. Además, el análisis multitemporal de las imágenes permite la comparabilidad de la información, permitiendo observar los cambios en el ecosistema y finalmente generar estrategias de conservación y manejo oportunas.

El uso de imágenes satelitales demostró, ser más efectivo para la identificación de humedales urbanos, debido a la cobertura y facilidad de procesamiento. Además, la disponibilidad de estas imágenes en línea facilita su descarga. Sin embargo, en ambos casos, tanto en las imágenes satelitales como en las aerofotografías, no es posible determinar las especies de fauna presentes en el ecosistema, a diferencia de las imágenes obtenidas con el dron, las cuales facilitan la caracterización de la zona de estudio.

Si bien, las imágenes obtenidas con el dron presentan mayor detalle y permiten observar el estado del área de estudio y permiten la recolección de imágenes en cualquier momento, el área de estudio se ve limitada por el tiempo de duración de la batería y la señal del dron y el control de mando; además requieren mayor procesamiento y no facilitan el procesamiento por clasificación no supervisada para la metodología CLC.

La clasificación no supervisada dificulta la generación de categorías para la clasificación CLC en la imagen obtenida mediante el dron, sin embargo dado el nivel de detalle de la imagen, representa un insumo apropiado para la identificación y delimitación de humedales urbanos.

Con la metodología CLC fue posible identificar que, durante los últimos años la degradación del humedal ha aumentado. Esta metodología, aunque tiene sus limitaciones, dadas las condiciones de cartografía, permite ver en gran medida como el crecimiento poblacional y la escasa planeación ha degradado el humedal año a año reduciendo el espejo de agua, que, en su mayoría, como se pudo observar mediante las imágenes y la visita de campo, está cubierto por Lenteja de Agua, Buchón de Agua y Junco.

La necesidad de terrenos para la construcción de vías y viviendas, ha degradado el humedal y por lo mismo reducido el área del mismo, y por lo tanto como se presentó en la figura 15, la zona de manejo ambiental (buffer) incluye una gran parte de las viviendas del sector norte y de la Avenida Ciudad de Cali (en desarrollo), lo cual aumenta el riesgo de inundación de esta zona, teniendo en cuenta el aumento de las lluvias en el último semestre, y por lo tanto es necesario implementar acciones que mitiguen o prevengan las posibles afectaciones a los predios aledaños.

Si bien, la SDA junto con la líder social y ambiental del Humedal, han tratado de implementar campañas y jornadas de socialización, como el programa “Parceros por Bogotá”, la apropiación sobre la importancia del humedal es casi nula, debido a la baja continuidad de los proyectos y la creciente necesidad de tierras para construcción, debido al crecimiento poblacional y la tardía delimitación de este, pues los asentamientos en la zona vienen desde aproximadamente 1950.

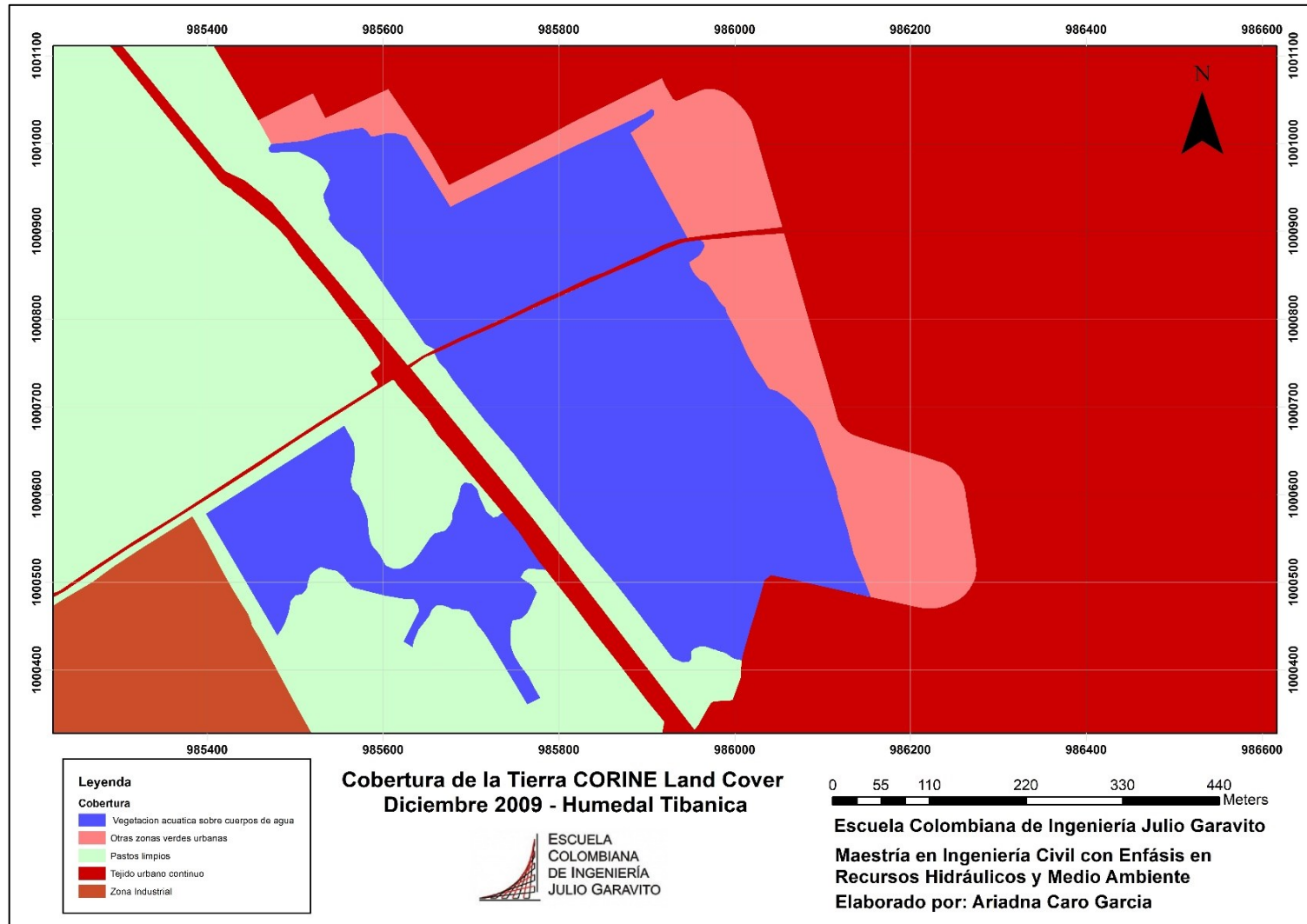
Finalmente es importante tener presente, que en la actualización de la cartografía fue posible observar cómo la ampliación de la Avenida Ciudad de Cali redujo aún más, el área del humedal, sin tener presente la zona de Ronda Hidráulica del humedal ni la Zona de Manejo y Preservación Ambiental, que aseguran la continuidad y conservación de las dinámicas naturales del ecosistema y por ende sus servicios ecosistémicos. Esto se suma al desconocimiento de la población quienes al momento de consulta sobre la obra prefirieron la valorización por la vía que la conservación del humedal, como manifestaron la líder social y los administradores del humedal.

RECOMENDACIONES

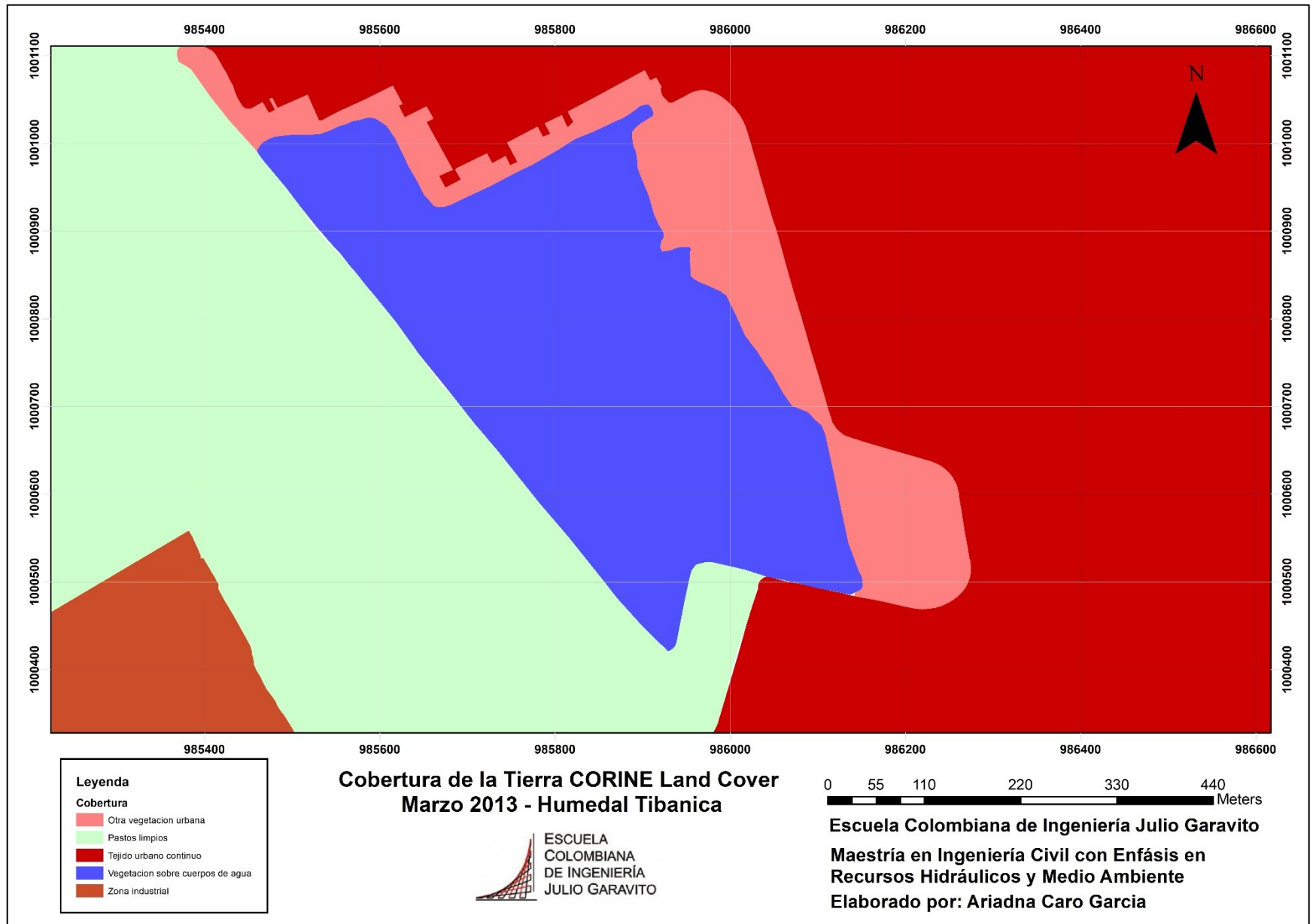
1. Para la realización del análisis multitemporal de la cobertura del Humedal, se recomienda la utilización de imágenes satelitales de periodos secos y húmedos de diferentes años, preferiblemente consecutivos.
2. Para la elaboración de la metodología CORINE Land Cover, es recomendable crear una única layer (capa) en formato Shape en ArcGIS, para evitar traslapos entre capas.
3. Es recomendable combinar el uso de imágenes satelitales e imágenes obtenidas en campo mediante el Dron, debido a que permiten contrastar y detallar la información.
4. Es recomendable implementar otro tipo de clasificación para las imágenes del Dron, por ejemplo, la clasificación supervisada, para la obtención de coberturas.
5. Se recomienda recortar las imágenes satelitales al tamaño de la imagen obtenida mediante el Dron para mayor comparabilidad.
6. Debido a la poca autonomía y poca cobertura del Dron, se recomienda implementar dos puntos de muestreo con el fin de cubrir una mayor área de estudio que sea similar a la obtenida en las imágenes satelitales.
7. Se recomienda la utilización de imágenes satelitales dada la cobertura de la imagen, así como la facilidad para realizar la Clasificación No Supervisada para obtener la cobertura del suelo, sin embargo, de ser posible, se deberían usar imágenes de alta resolución.
8. Respecto a la integración del humedal, se recomienda que se disminuya la cobertura de pastos, y se siembren especies nativas, esto haciendo partícipes a los habitantes de las casas aledaña.
9. Se recomienda utilizar el presente estudio para el desarrollo de normas que permitan la creación de políticas públicas referentes a la conservación e integración de los humedales, en especial el Humedal Tibanica a la comunidad.

ANEXOS

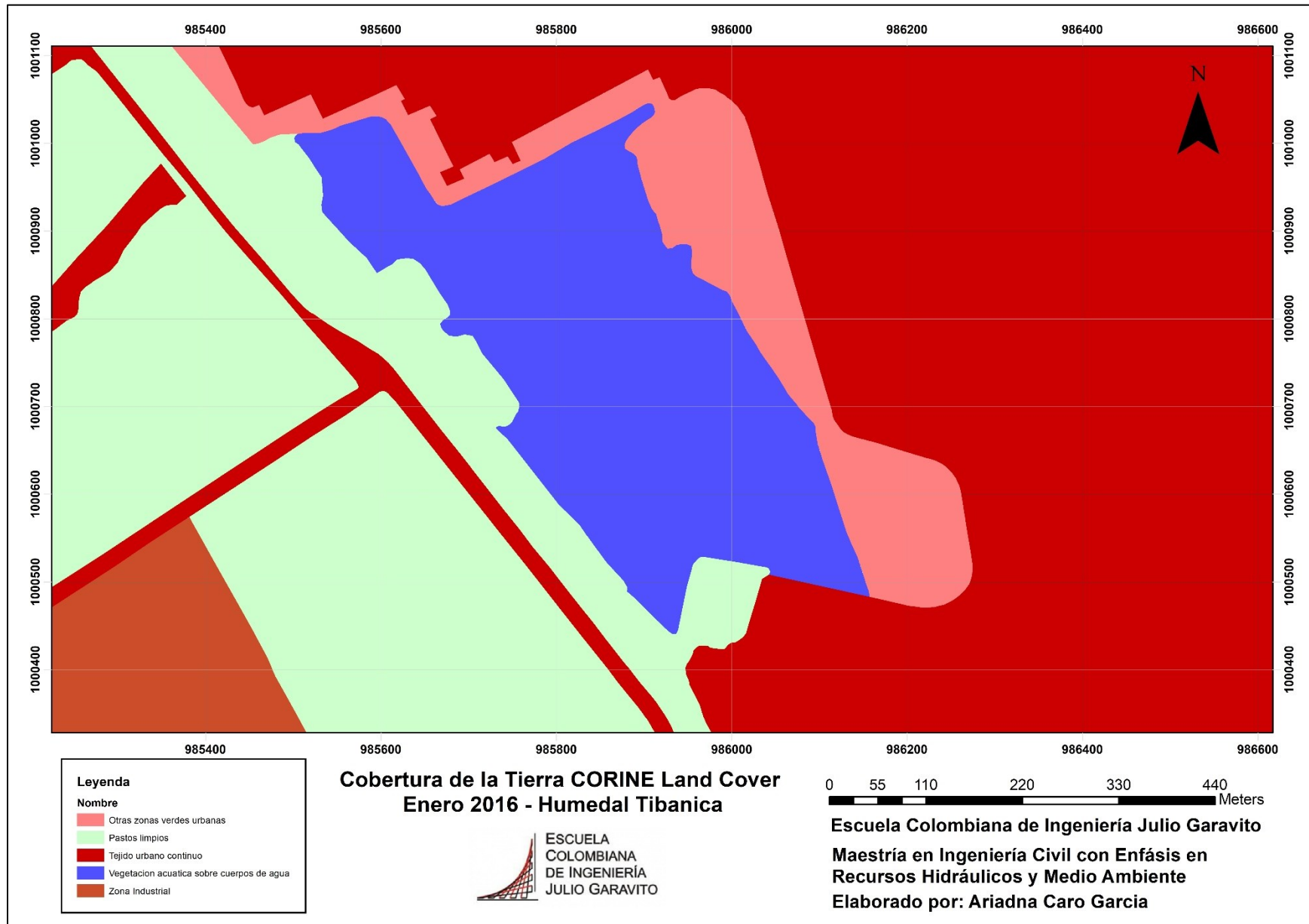
Anexo 1. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, diciembre 2009



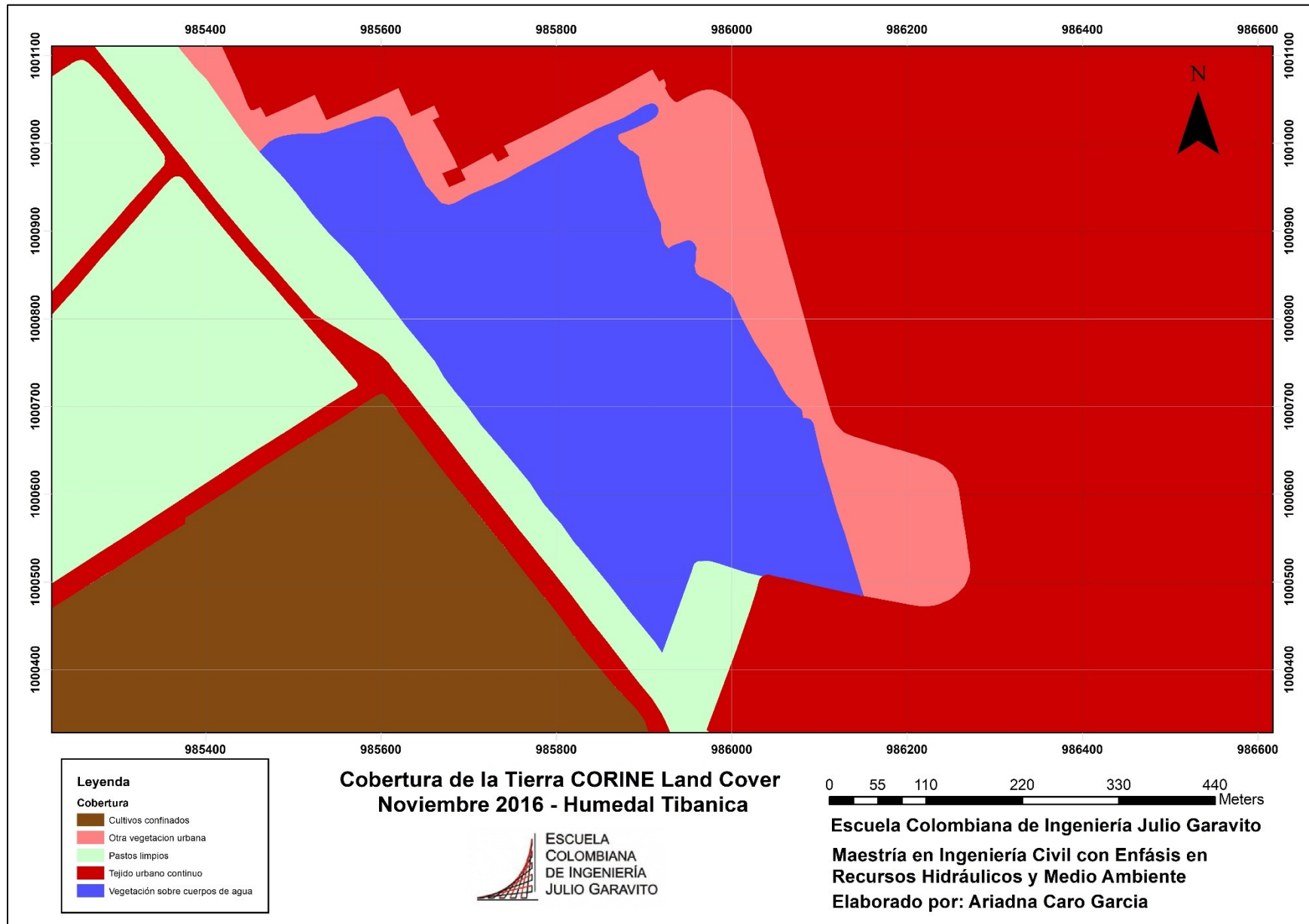
Anexo 2. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, marzo 2013



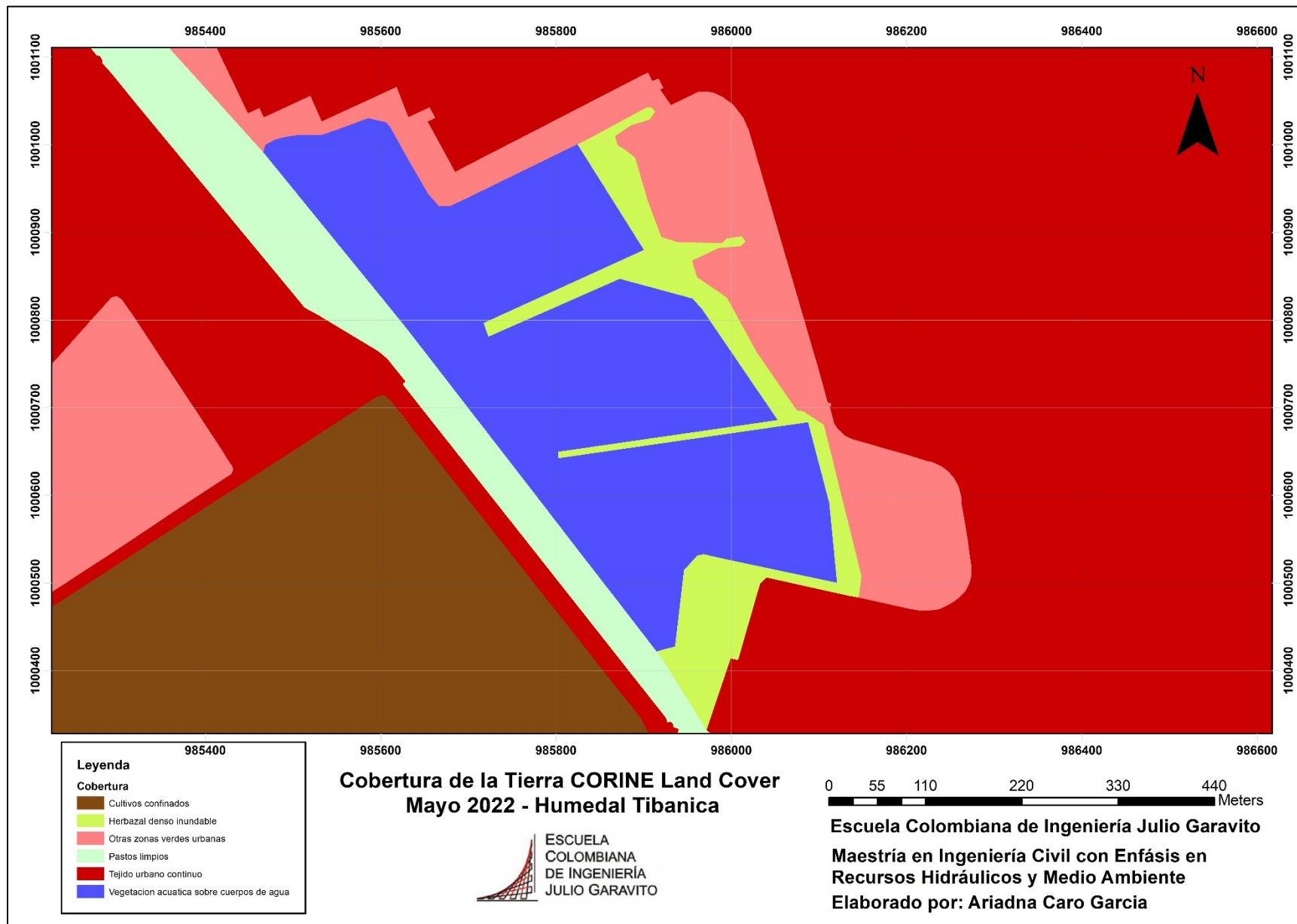
Anexo 3. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, enero 2016



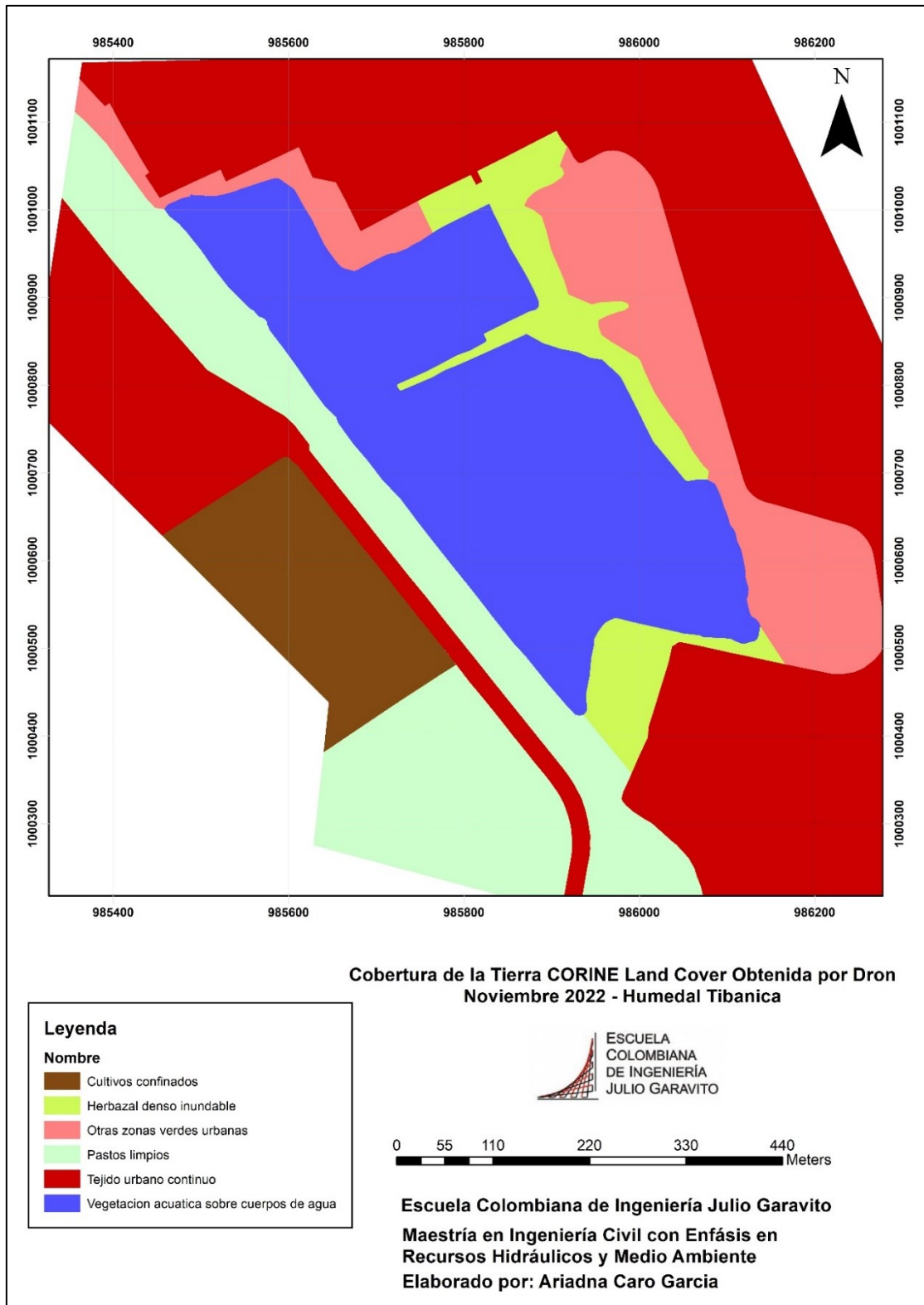
Anexo 4. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, noviembre 2016



Anexo 5. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, mayo 2022



Anexo 6. Cobertura del Suelo Humedal Tibanica, noviembre 2022 - Imagen obtenida con el dron



Anexo 7. Información pluviométrica de las estaciones aledañas a la zona de estudio

Mes	Las Huetas	Casa Blanca	Bosa Barreno	Promedio
1	14.50	20.76	19.77	18.34
2	25.15	32.23	26.96	28.11
3	49.08	53.49	50.52	51.03
4	71.15	83.68	78.16	77.66
5	68.27	81.31	68.55	72.71
6	43.45	53.60	53.40	50.15
7	31.92	41.22	36.18	36.44
8	26.87	38.50	39.48	34.95
9	35.09	44.85	43.88	41.28
10	63.93	79.21	82.40	75.18
11	62.14	74.43	78.10	71.56
12	36.83	35.55	37.08	36.49

BIBLIOGRAFIA

- Ahmed, K. R., Akter, S., Marandi, A., & Schüth, C. (2021). A simple and robust wetland classification approach by using optical indices, unsupervised and supervised machine learning algorithms. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100569>
- Cabrera-Amaya, D. M., Lopera-Doncel, C., Vásquez-Valderrama, M. Y., Sandoval-Ramos, M., & López-Cruz, J. W. (2017). Floristic diversity and changes in land cover of the Jaboque wetland basin and La Florida Park (Bogotá, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(160), 326–337. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.496>
- EAAB. (s/f-a). *Parque ecológico distrital de humedal Tibanica*. Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/gestores-ambientales/gestion-ambiental/Sistema_hidrico_del_Distrito_Capital/cuenca_tunjuelo/parque_ecologico_distrital_de_humedal_tibanica!/ut/p/z0/fY4xC8IwFIT_SpfOeVoprIjCFAoFh5olPJNHfTVN2jQRf77RwdHt7vjuOCFFL
- EAAB. (s/f-b). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL HUMEDAL TIBANICA- Plan de Acción*.
- Decreto 2811 de 1974, (1974). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Ideam. (s/f). *METODOLOGÍA CORINE LAND COVER*. Recuperado el 29 de noviembre de 2022, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>
- IDOM. (s/f). *Capítulo 5. ESCENARIOS DE CRECIMIENTO URBANO ESTUDIO DE CRECIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LA HUELLA URBANA PARA LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL ÁREA BOGOTÁ REGIÓN VERSIÓN FINAL*.
- IGAC. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. En *Area: Vol. TH-62-04-1* (Número 257).
- IGAC. (2021). *ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA ESCALA 1:25.000* .
- Jaramillo, Á., & Chaves, B. (2000). Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé*, 51(2), 102–113.

- Nieto, C. F., & Velandia, C. C. L. (2020). Coverage transformations analysis of tibanica urban wetland, locality of Bosa, Bogotá D. C. *Territorios*, 43, 1–24.
<https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/TERRITORIOS/A.7951>
- Ovierdo Camargo, M. E. (2017). *PROPUESTA PARA INDICADORES AMBIENTALES PARA HUMEDALES ALTOANDINOS: HUMEDAL DE TIBANICA*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas .
- Passuci, V., Carmona, F., & Rivas, R. (2016). Identificación de zonas anegadas y no anegadas mediante técnicas de teledetección. *Revista Estudios Ambientales*.
- Rico Muñoz, A. (2022). El Ideam estima que el fenómeno de La Niña seguirá activo en el segundo semestre. *La República* . <https://www.larepublica.co/economia/segun-el-ideam-el-fenomeno-de-la-nina-podria-seguir-en-el-segundo-semester-del-ano-3425752>
- SDA. (2021). *GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO RURAL Modelo: Informe de Gestión de parques Ecológicos Distritales de Humedales*.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2020, agosto 15). *Zona de Manejo y Preservación Ambiental- ZMPA: área fundamental para el cuidado de cuerpos de agua* .
https://ambientebogota.gov.co/search?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=1268630&_101_type=content&_101_urlTitle=zona-de-manejo-y-preservacion-ambiental-zmpa-area-fundamental-para-el-cuidado-de-cuerpos-de-agua
- Ahmed, K. R., Akter, S., Marandi, A., & Schüth, C. (2021). A simple and robust wetland classification approach by using optical indices, unsupervised and supervised machine learning algorithms. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100569>
- Cabrera-Amaya, D. M., Lopera-Doncel, C., Vásquez-Valderrama, M. Y., Sandoval-Ramos, M., & López-Cruz, J. W. (2017). Floristic diversity and changes in land cover of the Jaboque wetland basin and La Florida Park (Bogotá, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(160), 326–337. <https://doi.org/10.18257/racefyn.496>
- EAAB. (s/f-a). *Parque ecológico distrital de humedal Tibanica*. Recuperado el 7 de diciembre de 2022, de <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/gestores-ambientales/gestion->

ambiental/Sistema_hidrico_del_Distrito_Capital/cuenca_tunjuelo/parque_ecologico
_distrital_de_humedal_tibanica!/ut/p/z0/fY4xC8IwFIT_SpfOeVoprIjCFAoFh5olPJNHfTVN2jQRf77RwdHt
7vjuOCFFL

EAAB. (s/f-b). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL HUMEDAL TIBANICA- Plam de Acción.*

Decreto 2811 de 1974, (1974). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Ideam. (s/f). *METODOLOGÍA CORINE LAND COVER*. Recuperado el 29 de noviembre de 2022, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

IDOM. (s/f). *Capítulo 5. ESCENARIOS DE CRECIMIENTO URBANO ESTUDIO DE CRECIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LA HUELLA URBANA PARA LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL ÁREA BOGOTÁ REGIÓN VERSIÓN FINAL.*

IGAC. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. En *Area: Vol. TH-62-04-1* (Número 257).

IGAC. (2021). *ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA ESCALA 1:25.000 .*

Jaramillo, Á., & Chaves, B. (2000). Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé*, 51(2), 102–113.

Nieto, C. F., & Velandia, C. C. L. (2020). Coverage transformations analysis of tibanica urban wetland, locality of Bosa, Bogotá D. C. *Territorios*, 43, 1–24.

<https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/TERRITORIOS/A.7951>

Ovierdo Camargo, M. E. (2017). *PROPUESTA PARA INDICADORES AMBIENTALES PARA HUMEDALES ALTOANDINOS: HUMEDAL DE TIBANICA .* Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas .

Passuci, V., Carmona, F., & Rivas, R. (2016). Identificación de zonas anegadas y no anegadas mediante técnicas de teledetección. *Revista Estudios Ambientales.*

Rico Muñoz, A. (2022). El Ideam estima que el fenómeno de La Niña seguirá activo en el segundo semestre. *La República* . <https://www.larepublica.co/economia/segun-el-ideam-el-fenomeno-de-la-nina-podria-seguir-en->

el-segundo-semester-del-ano-3425752

SDA. (2021). *GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO RURAL Modelo: Informe de Gestión de parques Ecológicos Distritales de Humedales*.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2020, agosto 15). *Zona de Manejo y Preservación Ambiental- ZMPA: área fundamental para el cuidado de cuerpos de agua* .

https://ambientebogota.gov.co/search?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=1268630&_101_type=content&_101_urlTitle=zona-de-manejo-y-preservacion-ambiental-zmpa-area-fundamental-para-el-cuidado-de-cuerpos-de-agua

Benoit Contesse, I. (2015). Introducción a la Convención Ramsar. *Curso Biodiversidad y Conservación de Humedales en la Región Metropolitana - Versión N° 16, 29*.

Ley 357 del 21 de Enero de 1997, (1997).

Cruz, D., & Motta, J. (2017). *Estimation of area loss of Bogota's Wetlands in the last five decades due construction and respective effects*.

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5345/1/CruzSolanoDianaPaola2017.pdf>

Duarte, J. D., Luis, F., Medina, A., Luis, S., & Santiago Bonilla, F. (2016). *ADAPTACIÓN DE LOS DESARROLLOS URBANOS SOBRE LOS HUMEDALES DE LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS FUCHA Y TUNJUELITO*.

Eskandari-Damaneh, H., Noroozi, H., M. Ghoochani, O., Taheri-Reykandeh, E., & Cotton, M. (2020). Evaluating rural participation in wetland management: A contingent valuation analysis of the set-aside policy in Iran. *Science of the Total Environment*, 747, 141127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141127>

Esri. (2017). *Introducción a SIG*. Introducción a SIG. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>

Forestal, C., Senhadji-Navarro, K., Andrés Ruiz-Ochoa, M., Pablo, J., Miranda, R., Navarro, S., Ochoa, R., & Rodríguez Miranda, M. A. (2017). Ecological status of some colombian wetlands in the last 15 years: a prospective evaluation Artículo de investigación. *Colombia Forestal*.

<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a07>

Gutiérrez Vallejo, D. B., & Hidalgo Molina, M. D. (2019). Propuesta de Jardín Botánico Integral para La Conservación del Ecosistema de Humedales. *REVISTARQUIS*, 8(2), 108–130.

<https://doi.org/10.15517/ra.v8i2.37913>

Huang, Y., Zhou, Y.-X., Wu, W., Kuang, R.-Y., & Li, X. (2009). Shanghai urban wetland extraction and classification with remote sensed imageries based on a decision tree model. *Jilin Daxue Xuebao (Diqui Kexue Ban)/Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 39(6), 1156–1162.

IGN. (2009). ¿Qué es la teledetección? *Eduspace*, 2–4. <http://www.ign.es>

Política Nacional para humedales interiores de Colombia, Estrategias para su conservación y uso sostenible 67 (2002).

http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_nal_humedales_int_colombia.pdf

Ochoa, M. (2020). *Humedales de Colombia continúan en “cuidados intensivos”*. Semana Sostenible.

<https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/humedales-de-colombia-continuan-en-cuidados-intensivos/42827>

Powers, R. P., Hay, G. J., & Chen, G. (2012). How wetland type and area differ through scale: A GEOBIA case study in Alberta’s Boreal Plains. *Remote Sensing of Environment*, 117, 135–145.

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.009>

Resolución 1128, (2006). <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40271>

Quijano, M., Villanova, S., García, J., & Gomez, A. (2018). Análisis espacial como una herramienta para la delimitación de humedales urbanos. *Los Humedales del Oriente antioqueño y su conceptualización*, September.

Ramsar. (2014). *About the Convention on Wetlands | Ramsar*. <https://www.ramsar.org/about-the-convention-on-wetlands-0>

RAMSAR. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales*.

- Secretaria Distrital de Ambiente. (2008). Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. *Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos, January*, 125–170. <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/protocolo-de-recuperacion-y-rehabilitacion-ecologica-de-humedales-en-centros-urbanos-anexos%0Ahttp://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resu>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2006). *Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica*. 194, 776. <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/a839bb11-389b-4225-bc03-a741f54eb529>
- Simioni, J. P. D., Guasselli, L. A., Ruiz, L. F. C., Nascimento, V. F., & De Oliveira, G. (2018). Small inner marsh area delimitation using remote sensing spectral indexes and decision tree method in southern Brazil. *Revista de Teledetección*, 2018(52), 55–66. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.10366>
- Universidad de Murcia. (s/f). *Tema 4 SIG y teledetección 4.1 Visión histórica*.
- Vicepresidencia del Estado de Chile. (2019). *Humedales urbanos*. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/79038/1/277282.pdf>
- Xu, X., & Ji, W. (2014). Knowledge-based algorithm for satellite image classification of urban wetlands. *AIP Conference Proceedings*, 1618, 285–288. <https://doi.org/10.1063/1.4897729>
- Benoit Contesse, I. (2015). Introducción a la Convención Ramsar. *Curso Biodiversidad y Conservación de Humedales en la Región Metropolitana - Versión N° 16*, 29.
- Ley 357 del 21 de Enero de 1997, (1997).
- Cruz, D., & Motta, J. (2017). *Estimation of area loss of Bogota's Wetlands in the last five decades due construction and respective effects*. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5345/1/CruzSolanoDianaPaola2017.pdf>
- Duarte, J. D., Luis, F., Medina, A., Luis, S., & Santiago Bonilla, F. (2016). *ADAPTACIÓN DE LOS DESARROLLOS URBANOS SOBRE LOS HUMEDALES DE LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS FUCHA Y TUNJUELITO*.
- Eskandari-Damaneh, H., Noroozi, H., M. Ghoochani, O., Taheri-Reykandeh, E., & Cotton, M. (2020). Evaluating

rural participation in wetland management: A contingent valuation analysis of the set-aside policy in Iran. *Science of the Total Environment*, 747, 141127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141127>

Esri. (2017). *Introducción a SIG*. Introducción a SIG. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>

Forestal, C., Senhadji-Navarro, K., Andrés Ruiz-Ochoa, M., Pablo, J., Miranda, R., Navarro, S., Ochoa, R., & Rodríguez Miranda, M. A. (2017). Ecological status of some colombian wetlands in the last 15 years: a prospective evaluation Artículo de investigación. *Colombia Forestal*. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a07>

Gutiérrez Vallejo, D. B., & Hidalgo Molina, M. D. (2019). Propuesta de Jardín Botánico Integral para La Conservación del Ecosistema de Humedales. *REVISTARQUIS*, 8(2), 108–130. <https://doi.org/10.15517/ra.v8i2.37913>

Huang, Y., Zhou, Y.-X., Wu, W., Kuang, R.-Y., & Li, X. (2009). Shanghai urban wetland extraction and classification with remote sensed imageries based on a decision tree model. *Jilin Daxue Xuebao (Dixiu Kexue Ban)/Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 39(6), 1156–1162.

IGN. (2009). ¿Qué es la teledetección? *Eduspace*, 2–4. <http://www.ign.es>

Política Nacional para humedales interiores de Colombia, Estrategias para su conservación y uso sostenible 67 (2002). http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_nal_humedales_int_colombia.pdf

Ochoa, M. (2020). *Humedales de Colombia continúan en “cuidados intensivos”*. Semana Sostenible. <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/humedales-de-colombia-continuan-en-cuidados-intensivos/42827>

Powers, R. P., Hay, G. J., & Chen, G. (2012). How wetland type and area differ through scale: A GEOBIA case study in Alberta’s Boreal Plains. *Remote Sensing of Environment*, 117, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.009>

Resolución 1128, (2006). <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40271>

- Quijano, M., Villanova, S., García, J., & Gomez, A. (2018). Análisis espacial como una herramienta para la delimitación de humedales urbanos. *Los Humedales del Oriente antioqueño y su conceptualización*, September.
- Ramsar. (2014). *About the Convention on Wetlands | Ramsar*. <https://www.ramsar.org/about-the-convention-on-wetlands-0>
- RAMSAR. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales*.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2008). Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. *Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos*, January, 125–170. <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/protocolo-de-recuperacion-y-rehabilitacion-ecologica-de-humedales-en-centros-urbanos-anexos%0Ahttp://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resu>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2006). *Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica*. 194, 776. <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/a839bb11-389b-4225-bc03-a741f54eb529>
- Simioni, J. P. D., Guasselli, L. A., Ruiz, L. F. C., Nascimento, V. F., & De Oliveira, G. (2018). Small inner marsh area delimitation using remote sensing spectral indexes and decision tree method in southern Brazil. *Revista de Teledetección*, 2018(52), 55–66. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.10366>
- Universidad de Murcia. (s/f). *Tema 4 SIG y teledetección 4.1 Visión histórica*.
- Vicepresidencia del Estado de Chile. (2019). *Humedales urbanos*. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/79038/1/277282.pdf>
- Xu, X., & Ji, W. (2014). Knowledge-based algorithm for satellite image classification of urban wetlands. *AIP Conference Proceedings*, 1618, 285–288. <https://doi.org/10.1063/1.4897729>