

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS HUMEDALES SANTA MARÍA DEL
LAGO, TORCA-GUAYMARAL Y LA CONEJERA, PERTENECIENTES AL
COMPLEJO DE HUMEDALES URBANOS (RAMSAR) DE BOGOTÁ

EDGAR HERNANDO PEDRAZA MOSCOSO
JULIETH GERALDINNE TORRES SANCHEZ

DIRECTORA

YENNY BEATRIZ MENDOZA PLAZAS
Agrologa MSc Suelos y Aguas

UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS
DIVISIÓN INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2022

CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. OBJETIVOS	5
4.1 GENERAL	5
4.2 ESPECÍFICOS.....	5
5. ANTECEDENTES	6
6. MARCO TEÓRICO.....	8
6.1 Humedales y convención Ramsar	8
6.2 Zonificación agroecológica	8
6.3 Clasificación de las tierras por su capacidad de uso	9
6.3.1. Clase de Capacidad	10
6.4 Plan de manejo ambiental	11
6.5 Servicios ecosistémicos.....	12
6.5.1 Servicio de abastecimiento.....	12
6.5.2 Servicio de regulación	12
6.5.3 Servicio de apoyo	12
6.5.4 Servicio cultural	13
6.6 Tensores ambientales	13
6.7 Uso de tierra	13
6.8 Cobertura.....	13
6.9 Propiedades del suelo	14
6.9.1 Textura	14
6.9.2 pH.....	14
6.9.3 Densidad real	15
6.9.4 Carbono orgánico	15
7. METODOLOGÍA.....	16
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	20
8.1 Caracterización y estrategias de recuperación de los servicios ecosistémicos.	20
8.1.1 Humedal Santa María del Lago	20

8.1.1.1 Descripción lugar.....	20
8.1.1.2 Ruta de muestreo.....	21
8.1.1.3 Uso del suelo	22
8.1.1.4 Cobertura vegetal.....	23
8.1.1.5 Flora.....	24
8.1.1.6 Fauna	25
8.1.1.7 Tensores ambientales	26
8.1.2 Humedal La Conejera.....	27
8.1.2.1 Descripción del lugar.....	27
8.1.2.2 Ruta de muestreo.....	28
8.1.2.3 Tipo de suelo.....	29
8.1.2.4 Uso de suelo	31
8.1.2.5 Cobertura vegetal.....	32
8.1.2.6 Flora.....	33
8.1.2.7 Fauna	34
8.1.2.8 Tensores ambientales	35
8.1.3 Humedal Torca - Guaymaral	37
8.1.3.1 Descripción del lugar.....	37
8.1.3.2 Ruta de muestreo.....	38
8.1.3.3 Tipo de suelo.....	39
8.1.3.4 Uso de suelo	40
8.1.3.5 Cobertura vegetal.....	42
8.1.3.6 Flora.....	43
8.1.3.7 Fauna	44
8.1.3.8 Tensores ambientales	45
8.1.4 Evaluación de servicios ecosistémicos.....	46
8.1.4.1 Estrategias para el Humedal Santa María del Lago	50
8.1.4.2 Estrategias para el Humedal La Conejera.....	53
8.1.4.3 Estrategias para el Humedal Torca - Guaymaral	55
8.2 Propuestas de uso de suelo para cada humedal.....	59
8.2.1 Zonificación agroecológica del Humedal Santa María del Lago	59

8.2.1.1 Uso y manejo de los suelos del Humedal Santa María del Lago	59
8.2.2 Zonificación agroecológica del Humedal La Conejera	61
8.2.2.1 Uso y manejo de los suelos del Humedal La Conejera	62
8.2.3 Zonificación agroecológica del Humedal Torca – Guaymaral	65
8.2.3.1 Uso y manejo suelos del Humedal Torca - Guaymaral	66
9. IMPACTO SOCIAL Y HUMANISTICO DEL PROYECTO	68
10 CONCLUSIONES.....	69
11 RECOMENDACIONES	71
12 BIBLIOGRAFIA	72
13. ANEXOS	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clases de capacidad.....	10
Tabla 2 Medición y asignación de puntajes para priorizar los servicios ecosistémicos	19
Tabla 3 Asignación de valores para la priorización de servicios	19
Tabla 4: Resultados de laboratorio para el Humedal Santa María del Lago	22
Tabla 5: Coberturas del Humedal Santa María del Lago	24
Tabla 6: Resultados de laboratorio para el Humedal La Conejera	30
Tabla 7: Coberturas del Humedal La Conejera.....	33
Tabla 8 Resultados de laboratorio para el Humedal Torca - Guaymaral	40
Tabla 9: Coberturas del humedal Torca - Guaymaral	43
Tabla 10: Servicios ecosistémicos de los humedales de estudio.....	46
Tabla 11: Descripción de la evaluación de los servicios ecosistémicos del humedal Santa María del Lago.....	50
Tabla 12 Descripción de la evaluación de los servicios ecosistémicos del humedal La Conejera	53
Tabla 13: Descripción de la evaluación de los servicios ecosistémicos del humedal Torca – Guaymaral	55
Tabla 14: Uso y manejo de los suelos del Humedal Santa María del Lago	60
Tabla 15 Uso y manejo de los suelos del Humedal La Conejera.....	63
Tabla 16 Uso y manejo de los suelos del Humedal Torca - Guaymaral	66

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de la metodología.....	16
Ilustración 2: Evidencia de la toma de muestras	17
Ilustración 3: Mapa ubicación del humedal Santa María del Lago	20
Ilustración 4 Ruta y puntos de muestreo de suelo del humedal Santa María del Lago	21
Ilustración 5: Evidencias de la toma de muestras de suelo del humedal Santa María del Lago	22
Ilustración 6: Mapa estado de aprovechamiento del suelo del humedal santa maría del lago	23
Ilustración 7: Mapa coberturas del Humedal Santa María del Lago.....	24
Ilustración 8: Flora del Humedal Santa María del Lago	25
Ilustración 9: Flora del Humedal Santa María del Lago	26
Ilustración 10: Mapa ubicación del Humedal La Conejera	28
Ilustración 11: Mapa de ruta y puntos de muestreo de suelos del Humedal La Conejera	29

Ilustración 12: Evidencias de la toma de muestras de suelo del Humedal La Conejera	30
Ilustración 13: Mapa estado de aprovechamiento de suelo del humedal La Conejera	32
Ilustración 14: Mapa de coberturas del Humedal La Conejera	33
Ilustración 15: Flora del Humedal La Conejera	34
Ilustración 16: Fauna del Humedal La Conejera	35
Ilustración 17: Mapa ubicación del Humedal Torca - Guaymaral.....	37
Ilustración 18: Mapa de ruta y puntos de muestreo de suelo del Humedal Torca - Guaymaral	38
Ilustración 19 Evidencias de la toma de muestras de suelo del Humedal Torca – Guaymaral	39
Ilustración 20 Mapa de estado de aprovechamiento de suelo del humedal Torca – Guaymaral	41
Ilustración 21: Mapa del Humedal Torca - Guaymaral.....	42
Ilustración 22: Flora del Humedal Torca – Guaymaral.....	44
<i>Ilustración 23 Matriz evaluación de servicios ecosistémicos</i>	<i>48</i>
Ilustración 24: Zonificación agroecológica del Humedal Santa María del Lago	59
Ilustración 25: Zonificación agroecológica del Humedal La Conejera.....	61
Ilustración 26: Zonificación agroecológica del Humedal Torca - Guaymaral	65
Ilustración 27: Diagrama triangular de las clases texturales	76

1. RESUMEN

La convención RAMSAR en conjunto con la cooperación internacional y mediante acciones locales y nacionales, tiene como misión la conservación y el uso racional de todos los humedales, como aporte al objetivo de un desarrollo sostenible a nivel mundial (*Ramsar*, 2015). Actualmente los humedales Santa María del Lago, La Conejera y Torca-Guaymaral cuentan con un Plan de Manejo Ambiental que no contempla las principales alteraciones antrópicas que se han presentados los últimos años por lo cual se propone realizar una zonificación agroecológica que permita evidenciar el uso de suelo actual, tensores ambientales y servicios ecosistémicos afectados y con base en esto plantear estrategias de recuperación, restauración y conservación de los ecosistemas de estudio.

Inicialmente se identificaron las variables de estudio para generar una línea base, luego se realizó una serie de visitas para identificar dichas variables posteriormente se realizó la toma de muestras y fueron llevadas a laboratorio para analizar pH, textura, densidad real y carbono orgánico con el fin de comparar la información real con la teoría y definir su uso de suelo actual. Posteriormente se utilizó el método de priorización para evaluar los servicios ecosistémicos y formular estrategias de recuperación, con el fin de realizar la zonificación agroecológica. Finalmente se identificaron los tensores ambientales para proponer estrategias enfocadas a remediar o minimizar este deterioro.

Como resultado se tuvo que los tensores ambientales más persistentes son vertimientos por conexiones erradas, presencia de especies invasoras, fragmentación y eutroficación. En cuanto a la evaluación de servicios ecosistémicos, mediante la metodología planteada se encontró que los más afectados son la conservación del recurso suelo y tratamiento de aguas residuales. Por lo anterior se concluye que se pueden implementar diversas alternativas de recuperación y conservación tales como promover el control de especies invasoras de fauna, fomentar la siembra de especies nativas, cercar las zonas donde podrían ubicarse asentamientos e identificar puntos de vertimientos que afectan la naturaleza del humedal, esto debido a que los humedales de estudio cuentan con una variedad de suelo apta para un aprovechamiento y uso sostenible de los recursos.

Palabras clave: zonificación agroecológica, uso de suelo, estrategias de recuperación, tensores ambientales, uso sostenible

2. ABSTRACT

The RAMSAR convention, in conjunction with international cooperation and through local and national actions, has as its mission the conservation and rational use of all wetlands, as a contribution to the objective of sustainable development worldwide. Currently, the Santa María del Lago, La Conejera and Torca-Guaymaral wetlands have an Environmental Management Plan that does not contemplate the main anthropic alterations that have occurred in recent years, for which it is proposed to carry out an agroecological zoning that allows evidence of the use of current soil, environmental stressors and affected ecosystem services and based on this, propose recovery, restoration and conservation strategies for the ecosystems under study. (Ramsar, 2015).

Initially, the study variables were identified to generate a baseline, then a series of visits were made to identify these variables, then samples were taken and taken to the laboratory to analyze pH, texture, real density and organic carbon in order to compare the actual information with the theory and define its current land use. Subsequently, the prioritization method was used to evaluate ecosystem services and formulate recovery strategies, in order to carry out agroecological zoning. Finally, the environmental stressors were identified to propose strategies focused on remedying or minimizing this deterioration.

As a result, it was found that the most persistent environmental stressors are discharges due to wrong connections, the presence of invasive species, fragmentation and eutrophication. Regarding the evaluation of ecosystem services, through the proposed methodology, it was found that the most affected are the conservation of soil resources and wastewater treatment. Based on the foregoing, it is concluded that various recovery and conservation alternatives can be implemented, such as promoting the control of invasive species of fauna, encouraging the planting of native species, fencing off the areas where settlements could be located, and identifying discharge points that affect the nature of the environment. wetland, this because the study wetlands have a variety of soil suitable for the sustainable use of resources.

Keywords: agroecological zoning, land use, recovery strategies, environmental stressors, sustainable use

3. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la convención Ramsar tiene como misión la conservación y el uso racional de todos los humedales, como aporte al objetivo de un DS a nivel mundial, mediante la cooperación internacional y acciones locales y nacionales. En Colombia, mediante la Ley 357 de 1997, se ratificó la Convención Ramsar y los humedales fueron reconocidos por su valor como ecosistemas estructurantes del territorio en diversas escalas temporales y geográficas por su integridad ecológica, de la que dependen la biodiversidad y procesos ecológicos como el del ciclo del agua y de nutrientes, entre otros (Herrera Arango et al., 2008). Así mismo la convención Ramsar define el término humedal como, “Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar, 2006).

Teniendo en cuenta la definición dada por convención Ramsar, todos los humedales ubicado en la ciudad de Bogotá hacen parte de los sistemas Lacustre y Ribereño, debido a que los caracteriza la misma condición de elevación sobre el nivel del mar. En los últimos 60 años Bogotá y sus habitantes han contribuido a la pérdida de 50.000 hectáreas de humedales dentro del perímetro urbano, por lo tanto, quedan actualmente 674 hectáreas, distribuidos en 14 humedales de planicie. La gran mayoría de estos humedales en el 2003, fueron declarados área Importante para la Conservación de las Aves de Colombia y el Mundo por el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Birdlife International.

Los humedales son afectados por diferentes factores, entre los que se encuentran: planificación y técnicas de manejo inadecuadas y políticas de desarrollos sectoriales inconsistentes y desarticulada, así mismo Los humedales en estudio presentan varias problemáticas, llamadas también “tensores ambientales” como lo son, las numerosas construcciones que lo rodean, el manejo inadecuado de basuras, alteraciones lumínicas y sonoras, así como también, alteraciones de su sistema hidráulico, siendo una de las problemáticas más severas, debido a la contaminación, déficit hídrico, fragmentación y sedimentación de sus aguas. al ser estos cuerpos lugares llenos de vida animal, vegetal, resaltando su capacidad ecológica e hidráulica, la conservación de los humedales debe ser primordial en las políticas de ordenamiento territorial, aunque en la actualidad los diferentes entes gubernamentales encargados de su protección, Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) han venido recuperando y generando políticas de protección, aunque las acciones que han sido implementadas por estos entes han sido inexistentes, la cual da por resultados a un proceso de reducción de área naturales, deterioro y contaminación.

Teniendo en cuenta la problemática antes mencionada se hace necesario realizar una zonificación agroecológica con el fin de establecer una medida sobre el potencial productivo de las diferentes zonas, una correlación de los factores

socioeconómicos con los recursos naturales, proporcionar una base para la planificación agrícola y proporcionar una base para la puesta en marcha de nuevas políticas de desarrollo que contemplen cambios estructurales, teniendo en cuenta lo anterior la presente investigación tiene por objetivo realizar la zonificación agroecológica de los humedales Capellanía, Santa María del Lago, Torca-Guaymaral y La Conejera del Distrito Capital de Bogotá con el fin Formular estrategias de recuperación de los servicios ecosistémicos además proponer los usos del suelo adecuados para las diferentes zonas del humedal teniendo en cuenta la clasificación de capacidad del suelo.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Realizar la zonificación agroecológica de los humedales Santa María del Lago, Torca- Guaymaral y La Conejera del Distrito Capital de Bogotá.

4.2 ESPECÍFICOS

- Formular estrategias de recuperación de los servicios ecosistémicos de los humedales Santa María del Lago, Torca- Guaymaral y La Conejera del Distrito Capital de Bogotá.
- Proponer los usos del suelo adecuados para las diferentes zonas del humedal teniendo en cuenta la clasificación de capacidad del suelo.

5. ANTECEDENTES

Los humedales son considerados ecosistemas valiosos debido servicios ecosistémicos que estos nos prestan y a pesar de que se viene resaltando la importancia que representan en nuestro entorno, se siguen viendo afectados a la gran variedad de tensores a los que son expuestos en la zona urbana. Bogotá inicialmente presentaba un alto porcentaje de cobertura vegetal debido a su condición de sabana la cual fue disminuyendo a medida que aumentaba la urbanización, en los años sesenta se contaba con aproximadamente 50000 hectáreas de humedales, mientras que en la actualidad esta cifra se redujo a 675 hectáreas lo cual supone una pérdida de un 98,65%. Como consecuencia se producen afectaciones en servicios de regulación ecosistémica, pérdida de cuerpos de agua, desequilibrio ecosistémico, disminución en la captación de la contaminación, entre otros que repercuten en la calidad de vida de las comunidades más cercanas a la zona.

Debido a la degradación e impactos que ha sufrido el complejo de humedales en la capital se han venido desarrollando investigaciones y alternativas de recuperación desde los años noventa. Uno de los primeros proyectos presentados por el acueducto es el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Capellanía en el cual se presenta la zonificación como una herramienta para la recuperación ecológica de este ecosistema, para realizar la zonificación ambiental se realizó un análisis de mapas temáticos que proporcionan información sobre cobertura vegetal, localización de tensores ambientales, uso social del espacio y uso del suelo. Para obtener resultados más significativos se cruzaron los datos de la cartografía social con los datos del sistema de información geográfica, como resultado se propone una zonificación de acuerdo a la zona y requerimientos que presente el humedal. Este estudio presenta información de gran valor, aunque para proponer nuevas estrategias de recuperación a partir de la zonificación se requiere información actualizada del humedal debido al deterioro que se ha venido presentado en los últimos años.

Inicialmente se presenta el estudio **“Optimization of wetland restoration siting and zoning in flood retention areas of river basins in China: A case study in Mengwa, Huaihe River Basin”** en donde proponen una metodología para desarrollar sitios potenciales y zonas funcionales para la restauración de humedales, en el desarrollo de este estudio se utilizaron nueve escenarios en donde se variaron las condiciones de inundación, climáticas e hidrológicas. La metodología del presente documento se basa en la evaluación, optimización y verificación para lo cual se realizó un análisis espacial basado en SIG utilizando como herramienta ArcGIS.

En el estudio **“Effect of zoning plans on urban land-use change: A multi-scenario simulation for supporting sustainable urban growth”** se busca regular la zonificación en una simulación de escenarios múltiples utilizando el modelo CLUMondo el cual se utiliza para modelar el cambio de sistema territorial dinámico y espacial, con esta herramienta se realizó la simulación del crecimiento urbano en

las áreas urbanas funcionales españolas de Madrid, Barcelona, Valencia y Zaragoza de 2012 a 2030 en cuatro escenarios. Los escenarios reflejan el grado de intervención urbanística, considerando la legislación española y los objetivos de sostenibilidad de la agenda urbana 2030. Las simulaciones muestran que al cambiar el crecimiento a zonas con proyectos de urbanización se podrían salvar casi 4200 ha de pastizales y tierras de cultivo de la sobre edificación y 3800 ha al trasladarlas a zonas sin proyecto de urbanización.

El estudio **“Future impacts of drivers of change on wetland ecosystem services in Colombia”** del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt realizó una investigación de los servicios ecosistémicos que ofrecen los humedales y como estos son impactados por los impulsores del cambio de uso de la tierra, para el presente estudio se analizaron diecinueve humedales a nivel nacional de los cuales se encontró que los más vulnerables a los impactos del uso de la tierra se encuentran en la zona Magdalena-Cauca, para esto se utiliza el programa Corine Land Cover y la metodología de mapeo participativo. Se encontró que las actividades que generan mayor impacto son: los cultivos, la ganadería, la minería y el desarrollo urbano, la solución que se propone es la restricción de actividades nocivas en los humedales y la implementación de legislación para garantizar la protección de estos ecosistemas.

Por último se presentó el estudio **“Analyzing the spatiotemporal pattern and driving factors of wetland vegetation changes using 2000-2019 time-series Landsat data”** en donde se realiza un sondeo de los patrones espacio-temporales en el cambio de la vegetación en el humedal del lago Dongting en un periodo de diecinueve años, para realizar el monitoreo se hizo uso de imágenes de teledetección con alta resolución espacial y temporal en este caso fueron imágenes Landsat ya que esta tiene en cuenta variables como: registros históricos, disponibilidad, cobertura y resolución espacial. Como resultado se obtuvo que en los últimos años se ha presentado un aumento de la cobertura vegetal debido a las políticas de cuidado de los humedales que se han implementado, también se observó que el aumento de la cobertura vegetal tiene una relación directamente proporcional al cambio climático debido a que al aumentar la temperatura se favorece la reproducción de las especies presentes en el humedal.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Humedales y convención Ramsar

Los humedales son ecosistemas con un alto valor ecológico, social, histórico, cultural y escénico, que mejora sustancialmente la calidad de entorno, están constituidos por un cuerpo de agua permanente o estacional con escasa profundidad, una franja alrededor que puede inundarse periódicamente y una franja de terreno no inundable, por su parte, el complejo de humedales de Bogotá hace parte de la red de espacios y corredores verdes que sostienen y conducen la biodiversidad, además de procesos ecológicos esenciales para el desarrollo sostenible de todo el ecosistema, este por su parte está conformado por los cerros, el valle aluvial del río Bogotá y la planicie, además de las reservas, parques y vegetación de quebradas y ríos.

El creciente desarrollo urbanístico del distrito capital trae grandes afectaciones a estos ecosistemas debido a que esto causa la profundización de los cauces naturales, creación de infraestructuras hidráulicas, relleno con escombros, material de excavación y basuras para la ampliación de zonas urbanas, reduciendo así su área y por consiguiente disminuyendo los servicios ecosistémicos que estos brindan. Debido a la alta importancia que estos ecosistemas representan para la ciudad y el alto deterioro que han venido presentando, es que el gobierno decide incorporar este complejo de humedales a la convención Ramsar.

La convención Ramsar nace con la necesidad de promover acciones nacionales y cooperación internacional para la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos, esta fue adoptada en 1971 a nivel internacional, sin embargo, no fue hasta 1998 que Colombia fue incluida tras su participación con siete sitios Ramsar. El complejo de humedales urbanos del distrito capital de Bogotá fue incluido en la lista de humedales de importancia internacional Ramsar el 6 de agosto de 2018 mediante el decreto 1468 del ministerio de medio ambiente en cumplimiento a la ley 357 de 1997, además, Colombia cuenta con 20.252.500 Ha de estos ecosistemas, siendo estos de tipo estuarino, arrecifes, manglares, marismas, ciénagas, meandros, lagunas, chucuas y pantanos, estos ecosistemas al ser tan variados forman una inmensa red de ecosistemas indispensable para la vida de la fauna y flora e incluso para el ser humano.(Cancillería, 2021)

6.2 Zonificación agroecológica

La zonificación agroecológica es la división de una región determinada en fracciones más pequeñas con características físicas como: clima, suelos, tipos de suelo y biológicas como: fauna y flora, estas características se relacionan directamente con su aptitud y potencial de producción(Rincón Gualteros, 2018). Con el fin de dar respuesta a posibles cambios de uso y aprovechamiento de los recursos, así mismo proponer soluciones a problemas de subaprovechamiento o sobre aprovechamiento

presente en la zona de estudio, esto supone beneficios como plataforma funcional en procesos de gestión de los humedales, abarcando aspectos tanto biofísicos como socioculturales puesto que la agroecología y la sostenibilidad de los ecosistemas estratégicos necesitan la involucración activa y permanente de la comunidad para que puedan ser sustentables y así perduren a través del tiempo. Debido a la activa participación que requiere la agroecología, se convierte principalmente en nicho para el conocimiento y apropiada gestión de los humedales, puesto que son los más interesados en la transformación de los espacios, serán las personas que tengan un vínculo directo con el humedal haciendo que se cree un conocimiento común en donde se incluyan prácticas y formas de concebir el territorio y de esta forma contribuyendo a la recuperación ecológica de los mismos. (Mendoza Rodríguez, 2015).

6.3 Clasificación de las tierras por su capacidad de uso

Las tierras se clasifican por su capacidad de uso principalmente con base en sus limitaciones permanentes y para ello se tiene en cuenta el número y el grado de las mismas. La regla general establece que, si una limitación es severa, su ocurrencia es suficiente para ubicar las tierras en una clase de menor potencial para el uso comercial, sin importar que las otras limitaciones sean de menor grado. Además, por su magnitud, las limitaciones pueden ser generales y específicas; las primeras, indican las limitaciones globales referidas a la erosión, la pendiente, el suelo, la humedad y el clima ambiental; las segundas identifican la clase de limitación específica dentro de la general; por ejemplo: fertilidad, salinidad, etc.

La clasificación por capacidad de uso es de carácter interpretativo y se fundamenta en los efectos combinados del clima ambiental y las características permanentes de los suelos, sobre los riesgos de deterioro, las limitaciones en su uso, la capacidad de producción y los requerimientos de manejo del suelo. La clasificación de las tierras por su capacidad de uso se fundamenta en el análisis de las características de los suelos que limitan el uso y generan riesgo de degradación de los mismos, principalmente por erosión.

El criterio fundamental para recomendar o aceptar usos cuyos requerimientos están por fuera de los límites de variación de una clase agrológica es que ese tipo de utilización sea igual o mayor en rentabilidad económica, ecológica y ambiental. Las categorías corresponden a un nivel de generalización de la información referido a la capacidad de la tierra para la producción de plantas en cultivo, al requerimiento de protección de áreas altamente vulnerables o a la necesidad de conservación y/o recuperación de la naturaleza. Se reconocen las siguientes categorías: clase, subclase y grupo de capacidad o de manejo. (Aguilar Trujillo, 2014)

6.3.1. Clase de Capacidad

La clase de capacidad agrupa suelos que presentan el mismo grado relativo de limitaciones generales y de riesgos. Los criterios para clasificar los suelos por su capacidad de uso al nivel de clase se analizan y describen en esta metodología, y se aplican según las características globales y específicas de las tierras.

Las clases se reúnen en tres (3) grandes grupos:

Grupo de tierras con capacidad para ser utilizadas en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semi intensivo (clases 1 a 4). Grupo de tierras que pueden ser utilizadas en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales (clases 5-6-7). Tierras que deben ser utilizadas sólo en preservación, conservación y ecoturismo (clase 8) (Aguilar Trujillo, 2014).

Tabla 1: Clases de capacidad

CLASE	DESCRIPCIÓN
1	Las tierras no presentan o tienen muy pocas limitaciones para el uso agropecuario, siendo éstas de grado ligero, fácilmente corregibles. Son aptas para una amplia diversidad de cultivos adaptados a las condiciones ecológicas, así como para ganadería intensiva con pastos de corte.
2	Las tierras presentan limitaciones ligeras que pueden reducir la posibilidad de elección de plantas para cultivo y requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar, incluyendo las de conservación, para prevenir su degradación o para mejorar la relación agua-aire.
3	Agrupar tierras con moderadas limitaciones y restricciones para el uso por erosión, pendiente, suelo, humedad o daño, solos o combinados. Estas disminuyen las posibilidades de selección de cultivos y las épocas de siembra e implican prácticas adecuadas de labranza y cosecha.
4	Tierras que tienen limitaciones severas que la restringen a cultivos específicos y exigen prácticas cuidadosas de manejo y conservación difíciles de aplicar y mantener. Se pueden utilizar en ganadería con pastos de buenos rendimientos y con un manejo técnico de los potreros. La agroforestería es una buena opción en los sectores de pendientes más pronunciadas, áreas erodadas y susceptibles al deterioro.

5	Es una clase potencial que tiene limitaciones severas para el uso que son factibles de modificar, disminuir o eliminar, con cierto grado de dificultad y con altos costos económicos. El uso de las tierras en estado natural se limita a agricultura y ganadería estacional escasamente tecnificada, agroforestería, conservación y preservación de los recursos naturales y ecoturismo.
6	Tierras que presentan limitaciones muy severas que, en términos generales, las hacen aptas únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales.
7	Tierras que presentan limitaciones fuertemente severas, que las hacen inadecuadas para cultivos; tienen aptitud forestal; el bosque tiene carácter protector, pero cuando las condiciones del relieve o la topografía y los suelos ofrecen suficiente profundidad efectiva para el anclaje y el desarrollo normal de las raíces de las especies arbóreas se puede hacer un uso sostenible del recurso forestal de tipo productor, excepcionalmente se pueden establecer sistemas agroforestales como el café con sombra con prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas tendientes a prevenir y controlar los procesos de erosión.
8	Son tierras que por su vulnerabilidad extrema (áreas muy escarpadas) o por su importancia como ecosistemas estratégicos (páramo) para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico, deben destinarse a la conservación de la naturaleza o a su recuperación en el caso de que hayan sido deterioradas. En la clase 8 se incluyen tierras misceláneas tales como: tierras malas (bad lands) o misceláneos erosionados, playas, dunas, glaciares, afloramientos rocosos, cárcavas, fosos de grava y de cantera, vaciaderos, cauces de ríos, tierras de ripio, minas de sal, tierras de escoria, calvas y tierras ubicadas a alturas superiores a los 3.600 m.s.n.m.

Fuente: (Aguilar Trujillo, 2014)

6.4 Plan de manejo ambiental

La conservación de los humedales toma gran importancia debido a los múltiples beneficios sociales y económicos que estos prestan, estos son conocidos como servicios ecosistémicos, muchos de ellos están relacionados con el agua, ya que estos ofrecen suministro, regulación y purificación de este recurso, además de reposición de aguas subterráneas, estos juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes, mitigación del cambio climático, seguridad alimentaria, seguridad laboral, recreación y turismo y valores culturales, debido a esto, es necesaria la elaboración de planes de manejo ambiental para la conservación, ya que en estos

se establecen las medidas necesarias encaminadas al manejo y gestión de estos servicios, tales como la adquisición predial, saneamiento predial, eliminación de conexiones erradas, restauración ecológica, reforestación, manejo y conservación de fauna, entre otros (Bernal Caicedo & Rojas Jiménez, 2017). La importancia de la implementación de un plan de manejo ambiental radica en que mediante este se establecen las medidas necesarias para mantener o recuperar el ecosistema, además de una serie de pasos que deberán ser analizados y actualizados a medida que se desarrollen e implementen las medidas, cabe resaltar que todo esto debe estar montado en un sistema documental para poder llevar el debido control del plan.

6.5 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son beneficios directos o indirectos que los seres humanos reciben de los ecosistemas, gracias a ellos disponemos de alimentos, agua, regulación del clima, entre otros. Estos surgen de las interacciones de factores abióticos y bióticos que aportan a la biodiversidad que presenta un hábitat, dichos servicios se clasifican en cuatro categorías: (FAO, 2018)

6.5.1 Servicio de abastecimiento

Estos hacen referencia a beneficios materiales que se obtienen de los ecosistemas como agua, alimentos, madera y por lo general estos servicios son comercializados, sin embargo, existen poblaciones que dependen completamente de este servicio, otro de los aportes son los recursos medicinales ya que proporcionan una diversidad de organismos que ofrecen remedios eficaces para muchos tipos de problemas de salud. Se utilizan en la medicina popular y tradicional, así como en la elaboración de productos farmacéuticos. (FAO, 2018)

6.5.2 Servicio de regulación

Este es uno de los servicios más importantes debido a que ayuda a que los múltiples procesos de un ecosistema se desarrollen de manera óptima, entre estos procesos se encuentran: regulación de la calidad del aire y la fertilidad de los suelos, el control de las inundaciones y enfermedades, control del clima local, almacenamiento de carbono, tratamiento de aguas residuales, regulación de los flujos de agua y la polinización de los cultivos. (FAO, 2018)}

6.5.3 Servicio de apoyo

Este servicio es necesario para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos ya que proporciona los espacios vitales para el desarrollo y subsistencia de especies bien sean de plantas o animales, de acuerdo al hábitat se puede encontrar un mayor grado de biodiversidad desde el punto de vista genético,

entre estos servicios se encuentran: hábitat para especies y conservación de la diversidad genética. (FAO, 2018)

6.5.4 Servicio cultural

Este servicio hace referencia a los beneficios inmateriales que puede ofrecer el ecosistema a la comunidad entre los cuales se encuentran: actividades de recreo, salud mental y física, experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia, apreciación estética, inspiración para la cultura y turismo. Los humedales cuentan con un entorno suficiente para brindar todos estos servicios, sin embargo, es de tener en cuenta que para que esto se lleve a cabo de forma adecuada, este deberá contar con las condiciones óptimas de cuidado y preservación tanto de las autoridades competentes como de la población. Así mismo, si todos estos servicios se pierden se verían reflejados en la pérdida de este vital ecosistema, el cual tiene la capacidad de fomentar espacios de cultura y educación para todas las edades, espacios fundamentales para la conservación y preservación del mismo, el sentido de pertenencia y cuidado tanto de la vida humana, como de la flora y fauna del medio. (FAO, 2018)

6.6 Tensores ambientales

Los tensores ambientales son perturbaciones que se producen de manera antrópica en un ecosistema afectando altamente su biodiversidad y procesos que allí se desarrollan, estas afectaciones varían de acuerdo a la tensión allí presente entre los cuales encontramos: urbanización, mala disposición de residuos sólidos, alteración del cuerpo hídrico, fragmentación, invasión de ronda, sedimentación, especies invasoras, entre otros. Para remediar o lograr minimizar este deterioro primero se requiere identificar la transformación, definir las consecuencias y verificar que manejo le dan entidades públicas y privadas encargadas de la conservación y cuidado de la zona en cuestión. (Caro Barajas, 2018)

6.7 Uso de tierra

El uso del suelo se define como la utilización de la tierra física y sus recursos por los seres humanos para diversos fines, el uso del suelo implica la gestión y transformación natural o de tierra desnuda en entornos construidos, en términos de uso de suelo tenemos la siguiente clasificación: uso de suelo residencial, uso de suelo recreativo, uso agrícola, uso comercial y uso de áreas protegidas. (FAO, 2018)

6.8 Cobertura

La cobertura del suelo depende de diversas situaciones y propiedades físicas como: textura, estructura, color, porosidad, densidad aparente, densidad real y capacidad de infiltración, químicas como: contenido de nutrientes, acidez, salinidad, pH y por

último propiedades biológicas como: cantidad de materia orgánica y microorganismos.(FAO, 2018)

6.9 Propiedades del suelo

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, este se desarrolla debido a la erosión proveniente de rocas, está compuesto por una fase sólida que son las partículas orgánicas e inorgánicas, una fase líquida que es el agua subterránea y la fase gaseosa como CO₂, O₂ y vapor de agua. El suelo posee propiedades físicas, químicas y biológicas que influyen en el correcto funcionamiento del suelo de acuerdo al ecosistema y uso que esté presente. Con base en lo anterior se definen algunas propiedades físicas y químicas que son relevantes en la zonificación agroecológica ya que a partir de esto se define el uso adecuado.(Universidad Nacional de la Plata, 2018)

6.9.1 Textura

Esta propiedad es la encargada de definir el tamaño de la partícula de suelo determinando si este es arena, limo o arcilla, esto influye en la aireación, movimiento del agua, retención de humedad, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y con ellos en su productividad, uso y manejo. A su vez, el suelo está constituido por una matriz sólida de materiales orgánicos e inorgánicos que ocupa alrededor de la mitad de su volumen total. La otra mitad está ocupada por espacios llamados poros que, a su vez, pueden contener agua y aire en distintas proporciones. Una característica de la matriz sólida que determina muchas de las propiedades físicas de los suelos es su distribución de tamaños de partículas, también llamada granulometría o textura. Informalmente, a los suelos en los que predominan las partículas pequeñas se los conoce como suelos de textura fina, y como de textura más gruesa a aquellos en los que las partículas son de tamaño mayor.(Fernández & Trillo, 2005)

6.9.2 pH

El pH del suelo es una característica de importancia como indicador de la condición de acidez o alcalinidad del suelo. En muchos suelos se presenta un pH inferior a 5,0, el cual puede conducir a problemas de toxicidad de aluminio o de manganeso y deficiencias de calcio, magnesio, potasio, azufre, boro, cobre o zinc. Un suelo se acidifica por pérdida de bases intercambiables ocasionadas por la lluvia, la descomposición de la materia orgánica, la oxidación del azufre, la nitrificación del amonio (NH₄⁺) y el uso de fertilizantes nitrogenados. Existe una relación inversa entre el pH y los contenidos de Al³⁺, el cual resulta tóxico para las plantas y para los microorganismos encargados de la mineralización de la materia orgánica. (Farfán Valencia, 2020)

6.9.3 Densidad real

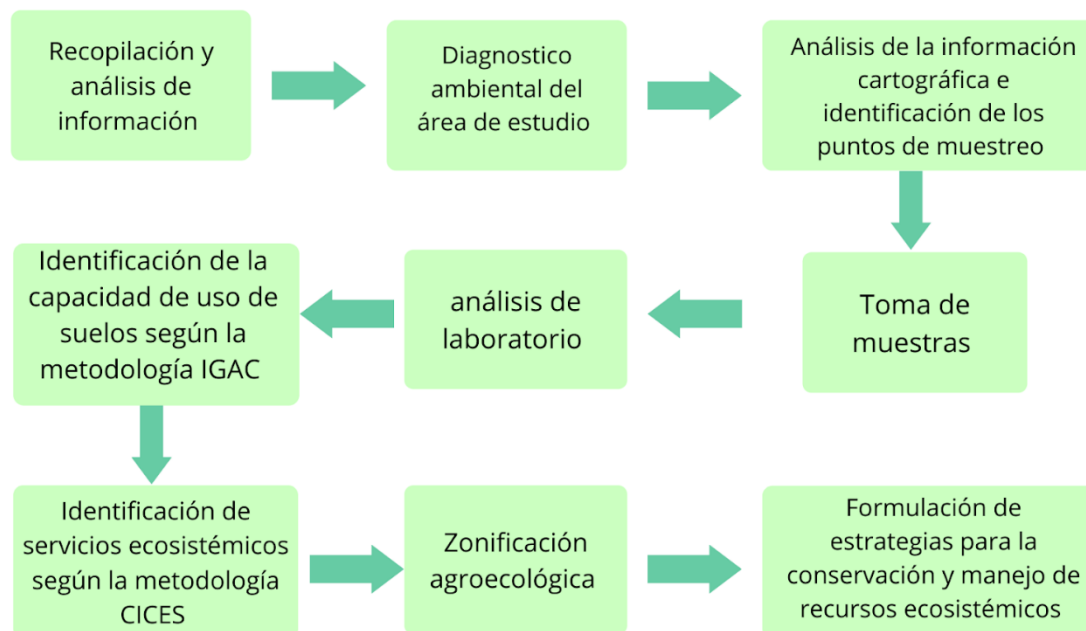
Es el peso de las partículas sólidas del suelo relacionado con el volumen que ocupan, esto quiere decir que únicamente se tiene en cuenta la fase sólida del suelo para hacer el muestreo, además, es la fase sólida del suelo. Este valor es prácticamente constante en la mayoría de los suelos. La posible variación de la densidad real del suelo se debe normalmente a la variación de la cantidad de materia orgánica en el suelo. (Gómez Giraldo, 2013)

6.9.4 Carbono orgánico

El carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos. El COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes. El COS asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo. La cantidad de COS no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo. El carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo. (Eduardo Martínez et al., 2008)

7. METODOLOGÍA

Ilustración 1 Diagrama de la metodología



Fuente: Los autores

En la ilustración 1 se presentan las fases que se tienen en cuenta para realizar la zonificación agroecológica de los humedales Santa María del Lago, La Conejera y Torca-Guaymaral. En la primera fase se realizó una revisión y análisis de información de documentos como: Planes de Ordenamiento Territorial del Distrito (POT), Planes de Manejo Ambiental de los humedales Ramsar (PMA), Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas (POMCA) y artículos en bases de datos como Scopus, Science Direct y Web Of Science, en un periodo comprendido del año 2015 a 2021 con el fin de generar un diagnóstico teórico del estado actual de los humedales teniendo en cuenta, uso de suelo, tensores ambientales y servicios ecosistémicos con el fin de utilizarlo como base para actualizar la información.

La fase de diagnóstico ambiental consistió en hacer una serie de visitas en donde se identificaron parámetros como: cobertura vegetal, uso de suelo, distribución hidrográfica, tensores ambientales y servicios ecosistémicos, dichas variables fueron actualizadas en campo utilizando como base una cartografía existente, esto se hizo con el fin de verificar la información teórica y generar un mapa de cobertura vegetal por cada humedal, así mismo se realizó una descripción de la zona teniendo en cuenta sus respectivos planes de ordenamiento territorial.

Con la cartografía base proporcionada por el IDEAM se delimitó la zona de estudio utilizando el software Arc GIS 10.5 con el fin de trasponer el mapa generado con imágenes satelitales obtenidas del Instituto Geografico Agustín Codazzi (IGAC) y el

mapa de cobertura vegetal, con base en lo anterior se establecen los puntos de muestreo teniendo en cuenta el criterio de cobertura vegetal y de acuerdo a esto definir si la muestra es simple o compuesta, una vez identificados los puntos se definió la ruta más adecuada y se tomó la muestra correspondiente.

Para la toma de muestras se utilizó el método de cajuela con base en la guía de muestreo del instituto Geográfico Agustín Codazzi, allí se plantea que se debe retirar la cobertura y hacer un cuadrado de 25x25 con una profundidad hasta de 2 a 20 cm, el presente estudio enfocar la muestra al horizonte A con una profundidad de 10 cm, luego se tomó 1 Lb de muestra en cada punto establecido para hacer su respectivo análisis en laboratorio de los parámetro de relevancia para el estudio.

Ilustración 2: Evidencia de la toma de muestras



Fuente: Los autores

Para realizar el análisis de laboratorio se requiere que la muestra esté totalmente seca, primero se analizó el pH del suelo, este parámetro influye en la absorción de nutrientes que tiene el suelo por lo cual influye también en su productividad, lo ideal es que el pH se encuentre en un rango de 6,5 a 7 ya que al ser neutro puede asimilar mejor los nutrientes, por otro lado, se analizó el parámetro textura el cual es relevante ya que de acuerdo a la textura del suelo se sabe que tan bien puede retener agua y nutrientes, en el caso de los suelos arcillosos tienen una alta capacidad de retención de agua y nutrientes pero son más susceptibles a compactarse a diferencia de las arenas que entre las partículas tienen gas y agua lo cual permite el flujo de nutrientes y a las raíces les proporciona el espacio para poder crecer,

Además, se tuvo en cuenta para el análisis es el carbón orgánico ya que regula la actividad biológica del suelo y proporciona energía permitiendo que los microorganismos descompongan la materia orgánica favoreciendo los ciclos

biogeoquímicos, movilización y disponibilidad de nutrientes para las plantas, posteriormente se analizó la densidad real, esta propiedad es relevante porque de acuerdo a su valor se puede determinar cómo está constituido el suelo, si la densidad es inferior a 2,65 g/cm quiere decir que el suelo presenta una alta cantidad de materia orgánica y si es superior refiere presencia de óxidos de hierro o minerales ferromagnéticos, por último se evaluó la presencia de andosoles la cual es relevante debido a que estos suelos tienen propiedades que favorecen la presencia de cualquier tipo de cultivo debido a su alto contenido de nutrientes. Estos parámetros de análisis son relevantes para la presente investigación ya que ayudan a clasificar de manera óptima los órdenes de suelo con el fin de proponer un uso y manejo adecuado.

Una vez identificados y caracterizados los servicios ecosistémicos generados en los humedales, se procedió a su priorización, utilizando el método Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) el cual consiste en identificar variables como: estado del servicio que hace referencia a la condición actual en que se encuentra el servicio ecosistémico evaluado dicha variable se encuentra en un rango de 1 que es inexistente a 5 que es alto, tendencia del servicio la cual hace referencia al comportamiento del servicio en un rango de tiempo en donde 1 es mejora del servicio y 5 empeora del servicio ecosistémico y grado de conocimiento que hace referencia al conocimiento que tiene la comunidad, las autoridades ambientales y la disposición que se tiene frente a la recuperación y conservación de los servicios ecosistémicos en donde 1 es nulo y 5 es aceptable, así mismo el resultado de la ecuación de priorización varía entre 1 y 5, si se acerca más a 5, se hace prioritaria su atención. Este método se implementó teniendo en cuenta las visitas realizadas in situ y comparándolas con la información teórica generada en los Planes de Manejo Ambiental de cada uno de los humedales.

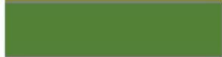
Es importante resaltar que la priorización se hace con aquellos servicios cuyas características tienden a deteriorarse y que tienen una alta demanda teniendo en cuenta que tendrán mayor peso aquellos servicios cuyo estado tienda a empeorar. Luego, tendrán prioridad aquellos en donde su mayor parte es producida por el humedal. Posteriormente se dará mayor prioridad a aquellos servicios que presenten un grado de conocimiento aceptable. Estas variables se evaluaron en base al criterio de observación en campo el cual consiste en diálogos con guías ecológicos y la comunidad, además de un diagnóstico in situ.

Tabla 2 Medición y asignación de puntajes para priorizar los servicios ecosistémicos

Estado del servicio (E)		Tendencia del servicio (T)		Grado de conocimiento (C)	
Medición	Asignación	Medición	Asignación	Medición	Asignación
Alto	A = 5	Empeora del servicio	ES = 5	Aceptable	A = 5
Medio	M = 4	Tendencia a empeorar	TE = 4	Escaso	E = 3
Bajo	B = 3	Sin tendencia	S = 3	Nulo	N = 1
Desconocido	I = 2	Tendencia a mejorar	TM = 2		
Inexistente	D = 1	Mejora del servicio.	MS = 1		

Fuente: (Henao Echeverria et al., 2018)

Tabla 3 Asignación de valores para la priorización de servicios

Color	Valor	Priorización
	$> 4 \leq 5$	Alta
	$> 3 \leq 4$	Media
	$> 1 \leq 3$	Baja
	1-2	Muy baja

Fuente: (Henao Echeverria et al., 2018)

Para realizar la zonificación agroecológica se adaptó la metodología de la FAO de acuerdo a las necesidades del proyecto, en donde se cruzan los parámetros de relevancia en el ecosistema de humedal, los parámetros evaluados son: cobertura vegetal, zonas de riesgo, hidrografía y aprovechamiento de suelo. Finalmente se formularon las estrategias de conservación y uso sostenible para los humedales de estudios teniendo en cuenta los lineamientos de la Política Nacional de humedales de Colombia, las resoluciones 196 de 2006 y 1497 de 2018 y El Manual de métodos para el desarrollo de inventarios para la biodiversidad, que establecen directrices para la conservación y el uso sostenible de los humedales.

Por último, para la identificación de capacidad de uso del suelo se utilizó la metodología para la clasificación de tierras según su uso del IGAC, esta metodología clasifica el suelo de la clase I a la clase VIII teniendo en cuenta parámetros establecidos, para la clasificación de los suelos de la presente investigación se utilizaron los parámetros analizados en laboratorio

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el diagnóstico de los humedales de estudio Santa María del Lago, La Conejera y Torca- Guaymaral se realizó una descripción del lugar y su ubicación, el uso de suelo actual, la cobertura vegetal identificada, flora, fauna y sensores ambientales los cuales se describen respectivamente a continuación:

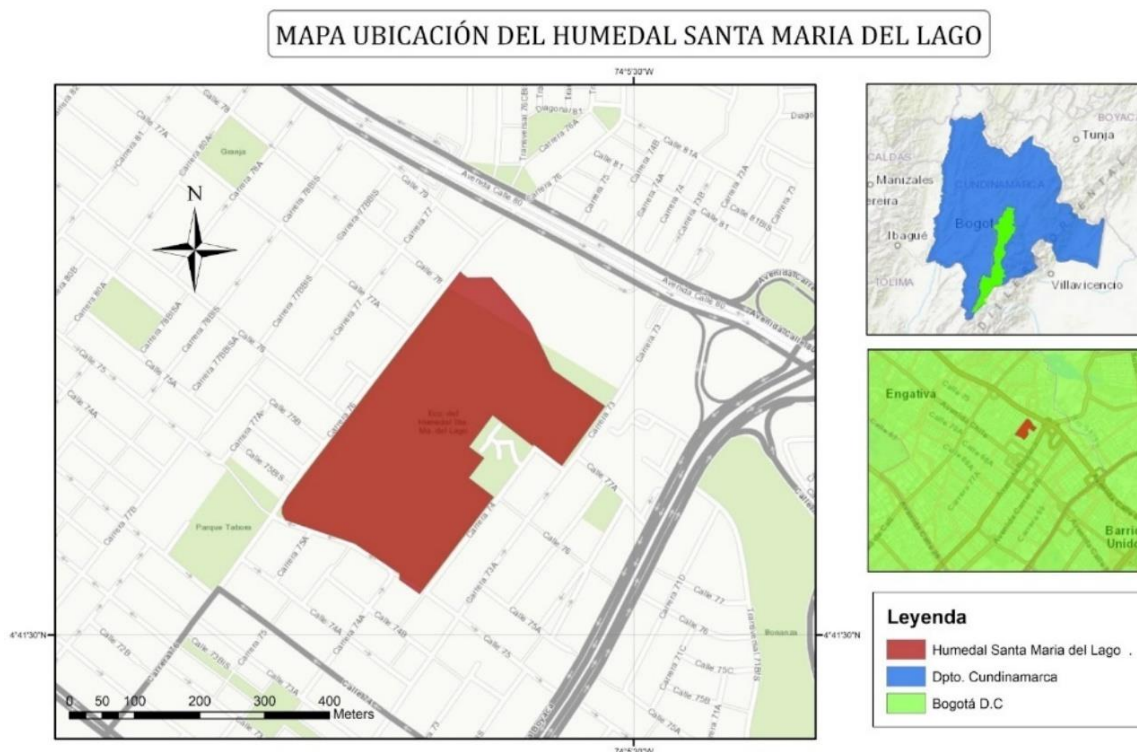
8.1 Caracterización y estrategias de recuperación de los servicios ecosistémicos.

8.1.1 Humedal Santa María del Lago

8.1.1.1 Descripción lugar

El Humedal Santa María del Lago está localizado al noroccidente de la ciudad, hace parte de localidad de Engativá, entre coordenadas 1°010.600 - 1°011.150 Norte y 997.800 - 998.400 Sur, extendiéndose en dirección suroeste - noreste. Limita por el norte con el Conjunto Residencial San Francisco, hacia el oriente con las Carreras 74 y 73 A y el Conjunto Residencial Sago, por el occidente con la carrera 76 y por el sur con la calle 75. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

Ilustración 3: Mapa ubicación del humedal Santa María del Lago

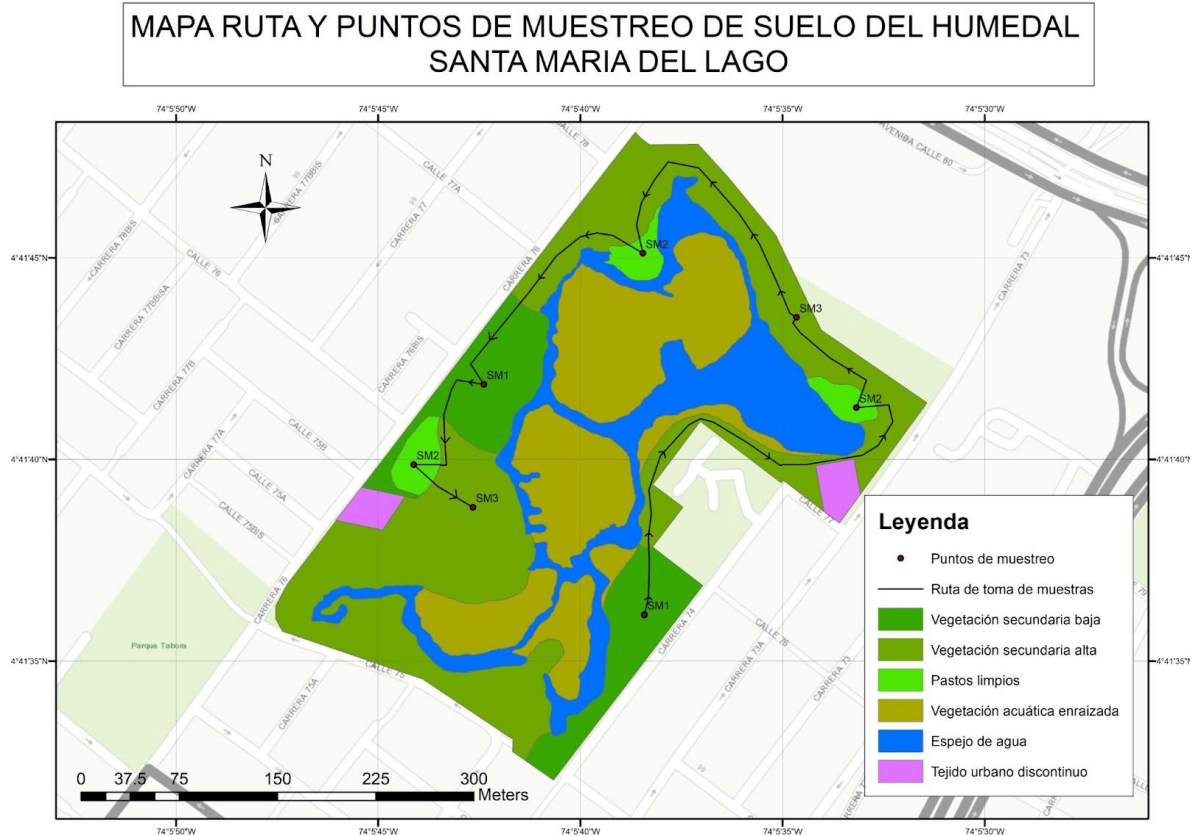


Fuente: Los autores

8.1.1.2 Ruta de muestreo

En el siguiente mapa se observa el transecto en donde se identificaron los puntos de muestreo de acuerdo a la cobertura, se identificaron siete puntos estratégicos para analizar, en la cobertura de vegetación secundaria baja, vegetación secundaria alta y pastos limpios, debido a que las muestras presentan características similares se homogeneizaron arrojando como resultado un total de tres muestras para analizar.

Ilustración 4 Ruta y puntos de muestreo de suelo del humedal Santa María del Lago



Fuente: Los autores

Con las muestras obtenidas en campo se realizó un análisis para determinar el pH, densidad real y aparente, textura, presencia de andisoles y carbono orgánico, de acuerdo a los resultados se logró determinar que en el humedal Santa María del Lago predominan los suelos de orden inceptisol ya que los valores teóricos para el potencial de hidrógeno (pH) se identifica como suelo alcalino, su densidad aparente oscila entre 0,67 y 1,79, su textura es arena franca o franco arenosa y por último la presencia de materia orgánica es media por lo cual presenta un característico color pardo oscuro como se evidencia en la ilustración 4

Ilustración 5: Evidencias de la toma de muestras de suelo del humedal Santa María del Lago



Fuente: Los autores

Tabla 4: Resultados de laboratorio para el Humedal Santa María del Lago

SANTA MARIA DEL LAGO										
ORDEN	COBERTURA	MUESTRA	pH	DENSIDAD		TEXTURA				% CARBONO ORGANICO
				DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD REAL	% arena total	% arcilla total	% limos	Textura	
Inceptisol	VEG.SEC.BAJA	SM1	6.4	1,246	1.929	65.24	8.84	25.92	Arena franca	29.45
Inceptisol	PASTOS	SM2	7.18	1.273	1.957	55.28	15.78	28.94	Franco arenosa	37.59
Inceptisol	VEG.SEC.ALTA	SM3	6.8	1.288	2.071	72.38	6.90	20.71	Arena franca	30.94

Fuente: Los autores

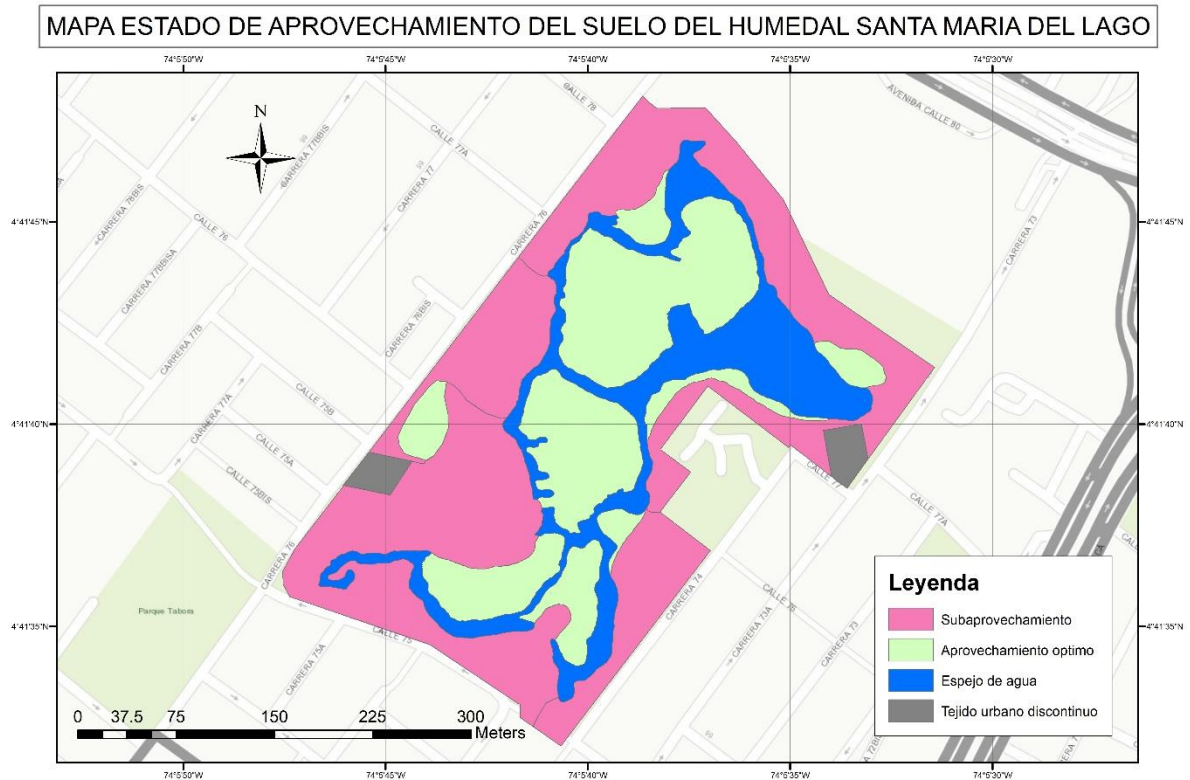
Con base en la anterior tabla se puede inferir que, en el Humedal Santa María del Lago, el suelo se caracteriza por estar en un estado joven con poco desarrollo, mal drenados con una alta capacidad de retención hídrica en superficie. De igual forma, el resultado en el porcentaje de carbono orgánico indica la capacidad que tiene el suelo para el funcionamiento y equilibrio ecosistémico, a partir de los servicios ecosistémicos de regulación climática, suministro de agua, manutención de la biodiversidad y aprovisionamiento de servicios esenciales para el bienestar antrópico.

8.1.1.3 Uso del suelo

Dentro del área de influencia del humedal Santa María del Lago el uso del suelo es netamente urbano, la actividad predominante es residencial, esta actividad se desarrolla principalmente debido a que existen conjuntos residenciales, casas o edificios de cinco pisos sumado a esto tenemos construcciones individuales de hasta tres pisos. Así mismo por la carrera 76 tiene un uso del suelo mixto en donde se involucran actividades de comercio, educativos y recreación, actividades que afectan el entorno inmediato del PED Humedal generando tensores ambientales como lo son contaminación auditiva y visual y basuras. Al interior del Parque

Ecológico Distrital de Humedal (PEDH), el suelo está destinado a un uso forestal de protección, educación e información ambiental y a la recreación pasiva. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2009)

Ilustración 6: Mapa estado de aprovechamiento del suelo del humedal santa maría del lago



Fuente: Los autores

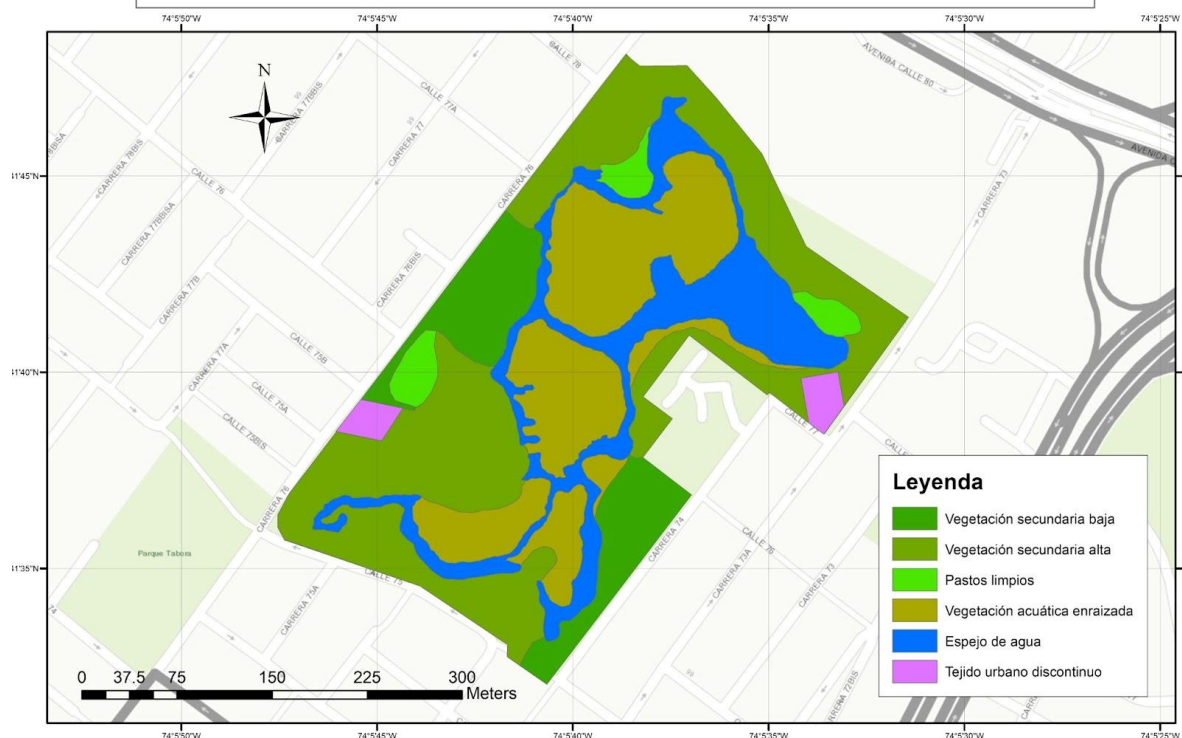
Como se puede observar en la ilustración 6, las coberturas evaluadas están mayormente subaprovechadas debido a que el suelo presente en el humedal puede ser mejor aprovechado por otro tipo de coberturas, cabe resaltar que esta evaluación fue hecha teniendo en cuenta únicamente las características físicas y químicas del suelo

8.1.1.4 Cobertura vegetal

En el humedal Santa María del Lago se identificó la cobertura con el apoyo de un guía para reconocer la fisiología de la flora y actualizar la cartografía, en este humedal se definieron cinco tipos de cobertura las cuales son: vegetación secundaria baja, tejido urbano discontinuo, pastos limpios, vegetación secundaria alta y vegetación acuática enraizada siendo esta dos últimas las que presentan una mayor predominancia en el humedal con un porcentaje de 37,57 y 26,34 respectivamente.

Ilustración 7: Mapa coberturas del Humedal Santa María del Lago

MAPA DE COBERTURAS DEL HUMEDAL SANTA MARIA DEL LAGO



Fuente: Los autores

Tabla 5: Coberturas del Humedal Santa María del Lago

Humedal Santa María del Lago			
Cobertura	Área(m2)	Área (Ha)	Porcentaje
Vegetacion secundaria baja	13201,83236	1,32	12,16%
Vegetacion secundaria alta	40770,50094	4,08	37,57%
Vegetacion acuatica enraizada	28589,45202	2,86	26,34%
Espejo de agua	20078,82966	2,01	18,50%
Tejido urbano discontinuo	2130,422132	0,21	1,96%
Pastos limpios	3755,913165	0,38	3,46%
total	108526,9503	10,85	

Fuente: Los autores

8.1.1.5 Flora

Este ecosistema se caracteriza por presentar el espejo de agua más extenso en comparación con todos los demás humedales bogotanos. Esta condición favorece la presencia de praderas flotantes herbáceas con presencia principalmente de clavito y sombrilla de agua (*Ludwigia peploides* e *Hydrocotyle* sp., MH), las cuales en otros casos se encuentran asociadas a otras especies herbáceas no flotantes como el botoncillo y el barbasco (*Bidens laevis*, *Polygonum* sp., MI). Dominan también las comunidades errantes emergidas representadas por buchón, lenteja y helecho de agua (*Limnobium laevigatum*, *Lemna* sp.; *Azolla filiculoides*), las cuales

en algunos casos se asocian con las especies de las praderas flotantes herbáceas (MO, ML). Prácticamente la totalidad de la pradera graminoide es dominada por enea o espadaña (*Typha domingensis*, TY).

En la ronda se encuentran sembradas especies nativas y exóticas distribuidas en parches alrededor del humedal. La composición de éstos varía entre, los compuestos exclusivamente por especies nativas: sauce y cerezo (*Salix humboldtiana*, *Prunus serotina*, RQ); aliso y arrayán (*Alnus acuminata*, *Myrcianthes leucoxyla*, RR), los compuestos por especies introducidas: urapanes (*Fraxinus chinensis*, RE); acacias (*Acacia* spp., RB); eucaliptos (*Eucalyptus* spp., RA) y los mixtos: acacias e higuierillas (*Acacia* spp., *Ricinus communis*, RS) y acacias y chilcos (*Acacia* sp., *Baccharis latifolia*, RP), esta última especie aparece no como resultado de un proceso de siembra sino de una regeneración natural. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2009)

Ilustración 8: Flora del Humedal Santa María del Lago



Fuente: Los autores

8.1.1.6 Fauna

El humedal Santa María del lago a pesar de tener un uso del suelo completamente urbano, posee una considerable riqueza biótica, que es favorecida por la buena calidad de sus aguas. Su ronda hidráulica es muy pobre en oferta de recursos para la fauna, ya que prácticamente está desprovista de cobertura vegetal nativa y la

poca existente es en su mayoría exótica. A pesar de esta condición, el humedal funciona como paradero de aves migratorias, algunos de los ejemplos de la fauna de este humedal son: Pato zambullidor (*Podilymbus podiceps*), tingua de pico amarillo (*Fulica americana*), Gavilán, tingua pico rojo, colibrí común o chillón, tingua azul, periquito de anteojos, tangara veranera cuyas plumas cambian color amarillo a rojo, azulejo, entre otras. Estas aves además de encontrar refugio y alimento en el humedal, brindan equilibrio al ecosistema y cumplen, entre varias funciones importantes, con el proceso de polinización que asegura la preservación de la vida en estos lugares. (Morales Mejía, 2018)

Ilustración 9: Flora del Humedal Santa María del Lago



Fuente: Los autores

8.1.1.7 Tensores ambientales

Este humedal presenta múltiples tensores ambientales debido a su ubicación y a las actividades antrópicas que ha sufrido a lo largo del tiempo, degradando el ecosistema, afectando la biodiversidad y alterando las interacciones ecológicas que allí se presentan. En la visita de diagnóstico y registro fotográfico se identificaron los siguientes tensores ambientales:

- **Especies invasoras:** La introducción de especies invasoras surge debido a que el humedal estaba abierto a todo público, por lo cual la comunidad plantaba especies de jardín sin pensar en las posibles consecuencias, al reconocer la relevancia ecosistémica del humedal este fue delimitado con una cerca, sin embargo los impactos fueron identificados al pasar el tiempo cuando disminuyeron las especies nativas mientras que las especies invasoras se reproducían con mayor facilidad, un claro ejemplo es el kikuyo quien desde que fue introducido ha generado una competencia agresiva con las especies endémicas del humedal reteniendo recursos vitales como luz, nutrientes y agua, otras de las especies invasoras que habitan el humedal

actualmente son: Enea (*Typha latifolia*), botoncillo amarillo (*Bides lavis*), buchón (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna gibba*), entre otras.

- Fragmentación: Este tensor hace referencia a la disminución del área del humedal, ya que en un inicio contaba con un área de 90 Ha y debido a:
 1. La privatización de 40 Ha con el fin de urbanizar la zona
 2. Prestación del servicio de transporte y aumentó en la contaminación del aire
 3. Criadero de cerdos
 4. Construcción de vías

el área se redujo a tan solo 10,86 Ha, actualmente este tensor se refleja en la pérdida de biodiversidad en cuanto a flora y fauna además de esto se produce fragmentación en el espejo de agua debido a la necesidad de este recurso que tienen las especies invasoras.

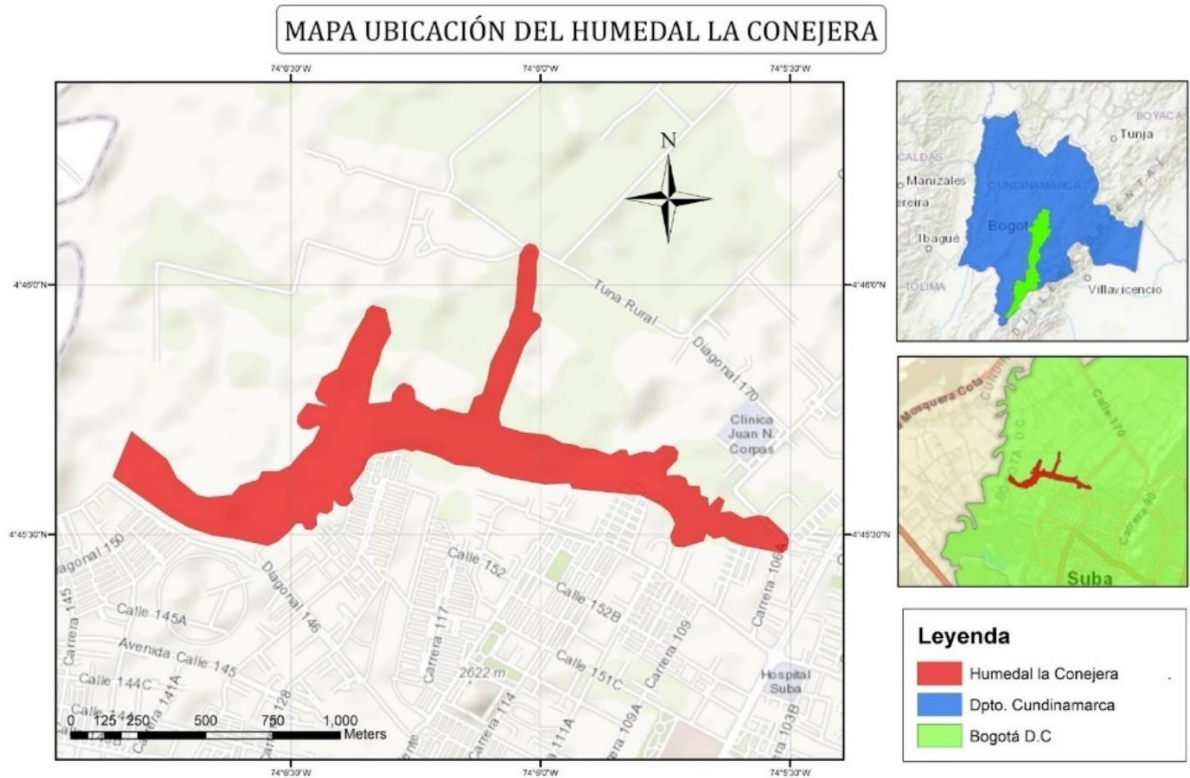
- Contaminación auditiva: El humedal al tener un uso de conservación y turismo realiza recorridos donde explican cada una de las funciones de cada especie que allí habita, además de esto al cruzar la avenida Boyacá y la avenida 76 genera altos niveles de ruido lo cual repercute en la salud y calidad de vida de la fauna del humedal.(Secretaria Distrital de Ambiente, 2009)

8.1.2 Humedal La Conejera

8.1.2.1 Descripción del lugar

El Humedal La Conejera se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá, en la Localidad 11 (Suba), entre 4°45' de latitud norte y 74°6' de longitud oeste. Cuenta con un área total de 59,89 Ha, área de ronda hidráulica 45,73 Ha, perímetro 8785,99 m, y una elevación de 2542msnm. El humedal La Conejera se sitúa entre los cerros de Suba, limita al oriente con la quebrada La Salitrosa y por el occidente con el río Bogotá, en donde desemboca finalmente así mismo limita por el norte con la vía Suba-Cota, por el sur, con el río Juan Amarillo. El sector norte del Humedal está rodeado en su mayor parte por predios rurales como la Hacienda Las Mercedes, el Seminario Luis Amigó y la Clínica Juan N. Corpas, al sur y al oriente el Humedal está rodeado principalmente por predios urbanizados con más de 14 barrios, entre ellos Compartir, Londres y Prados. (Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006)

Ilustración 10: Mapa ubicación del Humedal La Conejera



8.1.2.2 Ruta de muestreo

En el siguiente mapa se logra apreciar el transecto que se siguió en el humedal La Conejera para la obtención de las muestras, en total se identificaron seis puntos de muestreo de acuerdo a la cobertura ubicados en: vegetación secundaria baja, bosque denso alto y pastos limpios.

Ilustración 11: Mapa de ruta y puntos de muestreo de suelos del Humedal La Conejera



Fuente: Los autores

8.1.2.3 Tipo de suelo

Con las muestras obtenidas en campo se identificó que el humedal La Conejera cuenta con cuatro órdenes de suelo según las propiedades analizadas, en donde predominan los histosoles además hay presencia de andisoles, alfisoles y entisoles. esta clasificación se realizó con base en los valores teóricos como se muestra en la tabla 4, además del registro fotográfico como se observa a continuación:

Ilustración 12: Evidencias de la toma de muestras de suelo del Humedal La Conejera



Fuente: Los autores

Tabla 6: Resultados de laboratorio para el Humedal La Conejera

LA CONEJERA										
ORDEN	COBERTURA	Muestra	Ph	DENSIDAD		TEXTURA				% CARBONO ORGANICO
				DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD REAL	% arena total	% arcilla total	% limos	Textura	
histosol	Veg.sec.baja	VS1	5.58	0,864	1.583	49.07	18.52	32.41	Franca	27.15
histosol	Veg.sec.baja	VS2	3.98	0,835	1.230	66.37	11.21	22.42	Franco arenosa	15.95
Andisol	Bos.den.alto	CB1	5.24	0,799	2.277	73.44	7.97	18.59	Arena franca	33.98
Alfisol	Bos.den.alto	CB2	6.91	0,767	1.234	67.16	9.85	22.99	Franco arenosa	24.70
Entisol	Bos.den.alto	CB3	4.42	1,146	1.131	32.34	38.66	29.00	Franco arcillosa	30.95
histosol	Pastos.limpios	PA1	5.45	0,891	2.550	57.91	12.38	29.71	Franco arenosa	28.86

Fuente: Los autores

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio para el humedal La Conejera se puede inferir, de acuerdo al orden encontrado, que, para

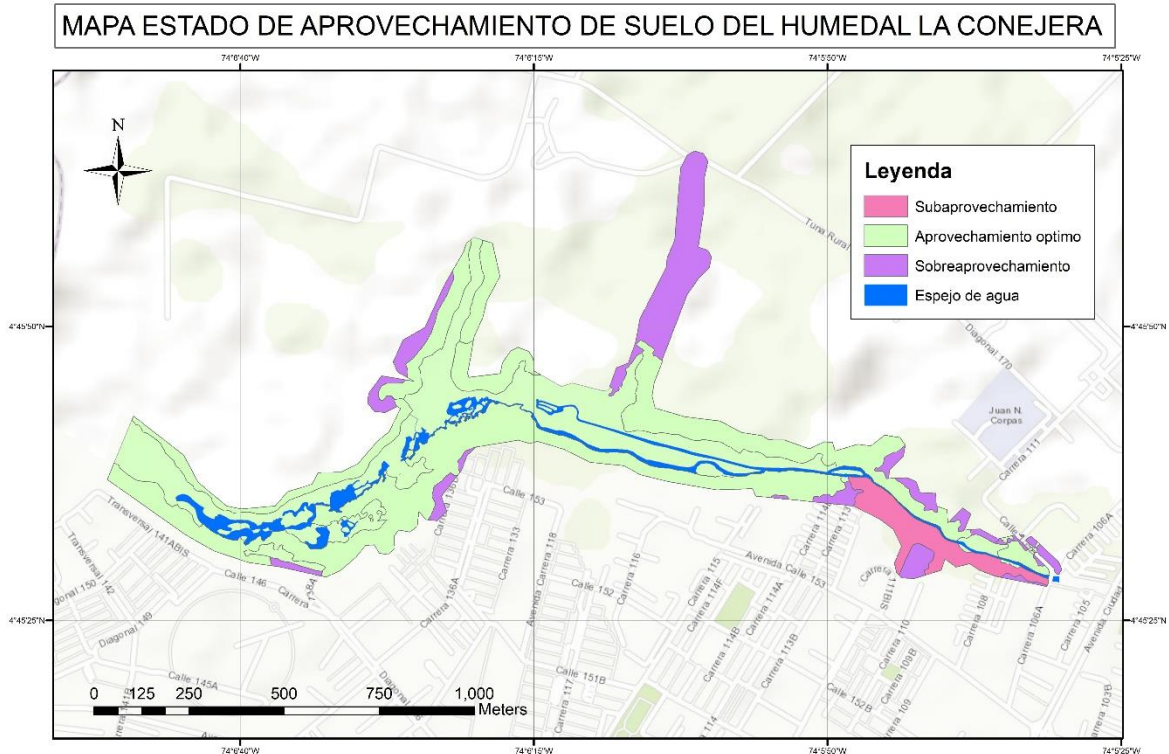
dicho humedal, se cuenta con suelos orgánicos, con buen contenido de materia orgánica, libres de erosión y de otras perturbaciones edáficas aptos para el desarrollo de las condiciones naturales de un ecosistema como el humedal. Así mismo, en relación con la textura se puede inferir que se tratan de suelo altamente permeables que permite la infiltración de agua proveniente de la precipitación, lo que promueve la retención hídrica y recarga subterránea de sistemas de acuíferos y superficiales, controlan eventos como inundaciones puesto que logran acaparar grandes volúmenes de agua en su interior.

8.1.2.4 Uso de suelo

En la localidad de Suba se presentan cuatro usos del suelo determinados por el Plan de ordenamiento territorial (POT), estos suelos se clasifican como: Suelo urbano, Suelo de expansión urbana, Suelo de protección y por último Suelo rural. La localidad de Suba tiene una extensión total de 10.056,11 ha, de las cuales 2.901,9 han estado urbanizadas y 6.234,7 ha pertenecen al área suburbana, 853,86 ha son suelo de expansión, 3.404,72 ha corresponden al suelo rural y 1.754,66 ha al suelo protegido, siendo este último, el de carácter protegido, vulnerado por el urbanismo y un manejo inadecuado del ecosistema. Los conflictos por uso del suelo se relacionan con las tierras cercanas a las de preservación en zona plana, caracterizadas por su baja actitud agropecuaria, pero que son aprovechadas en el cultivo de flores bajo invernadero, presentando sobreutilización de los recursos y deterioro ambiental.

Sin embargo, el mayor conflicto se presenta en tierras definidas con aptitud ecológica y ambiental de importancia proteccionista y de preservación las cuales presentan deterioro progresivo por actividades de urbanización, estas tierras requieren manejo basado en la regeneración natural, reforestaciones, control de la contaminación y manejo paisajístico, actualmente se presenta un acelerado proceso de urbanización aumentando permanentemente el uso urbano, causando un deterioro del uso agrícola. (Secretaría de Planeación, 2020)

Ilustración 13: Mapa estado de aprovechamiento de suelo del humedal La Conejera



Como se puede observar en la ilustración 13, las coberturas evaluadas están mayormente aprovechadas óptimamente, esto a que el suelo que se logró identificar está acorde a los requerimientos de la vegetación actual, adicionalmente, se tienen otras zonas que aunque sean menores en cuanto a extensión, toman una importancia significativa debido a que se encuentran subaprovechadas o sobre aprovechadas, cabe resaltar que esta evaluación fue hecha teniendo en cuenta únicamente las características físicas y químicas del suelo

8.1.2.5 Cobertura vegetal

La mayor parte del humedal la conejera se clasifica dentro de cuatro tipos de cobertura las cuales son: vegetación secundaria baja, vegetación acuática enraizada, pastos limpios y bosque denso alto siendo esta última la de mayor predominancia a lo largo del humedal con un porcentaje de 43,67, seguido por la vegetación acuática enraizada con un porcentaje de 29,57. Para lograr clasificar la cobertura del humedal La Conejera se requirió una metodología basada en la identificación fisiológica de algunas especies y se registró sobre la cartografía existente.

Ilustración 14: Mapa de coberturas del Humedal La Conejera

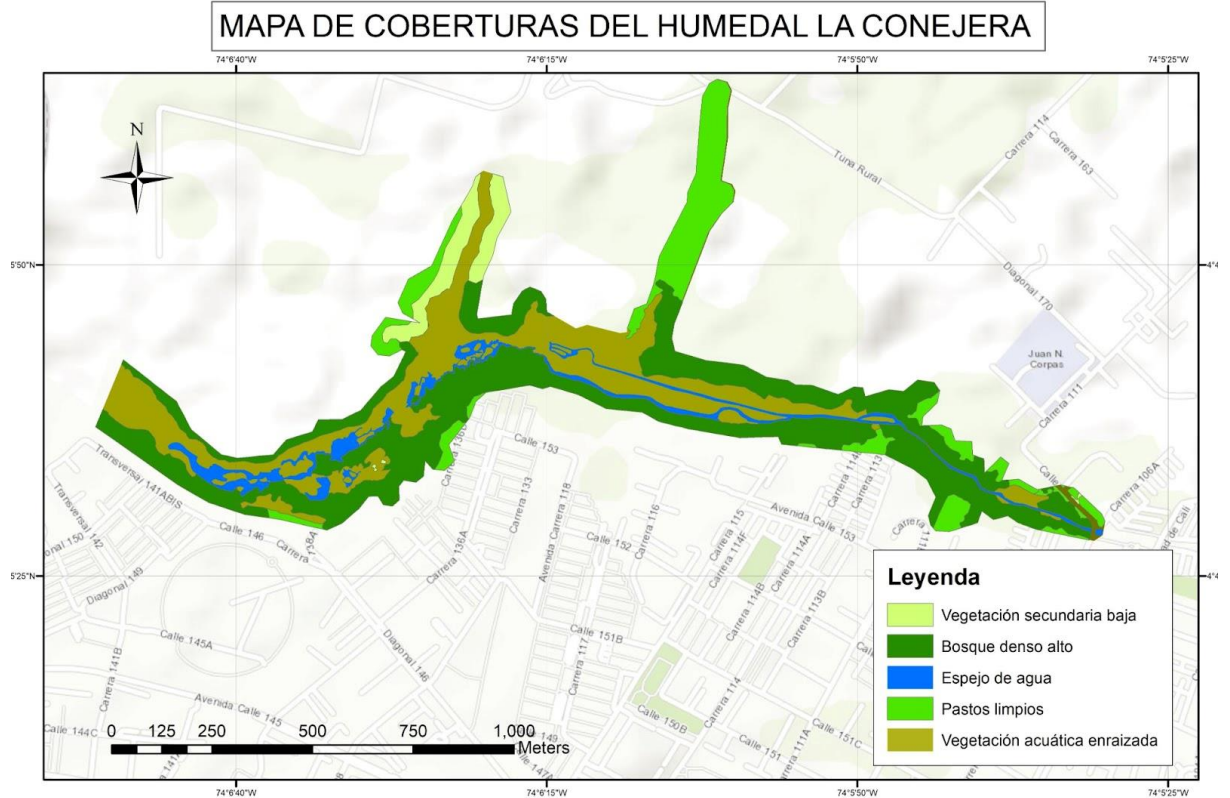


Tabla 7: Coberturas del Humedal La Conejera

Humedal La Conejera			
Cobertura	Área (m2)	Área (Ha)	Porcentaje
Vegetación secundaria baja	28497,98653	2,85	4,84%
Bosque denso alto	256983,2538	25,70	43,67%
Espejo de agua	40318,6162	4,03	6,85%
Vegetación acuática enraizada	174020,7756	17,40	29,57%
Pastos limpios	88589,6346	8,86	15,06%
total	588410,2668	58,84	

Fuente: Los autores

8.1.2.6 Flora

El humedal la conejera presenta un espejo de agua que se distribuye a lo largo del humedal por lo cual predominan múltiples especies de vegetación acuática como: araceae (lenteja de agua), araliaceae (sombrellita de agua), cyperaceae (junco), también hay presencia de brassica (berros) que es una especie exótica, además de contar con especies de bosque secundario como: araliaceae (mano de oso), betulaceae (aliso), salicaceae (saúce), verbenaceae (espino) y asparagaceae (palma bayoneta), malvaceae (algodon extranjero) que son especies exóticas, por último se encuentra variedad de especies de pasto, a diferencia de las demás, estas

presentan un mayor número de especies exóticas lo cual repercute en la biodiversidad del humedal ya que compiten por luz, nutrientes y agua, estas especies son: acanthaceae (Ojo de Poeta), amaranthaceae (Paico), fabaceae (Carretón), malvaceae (Malvarrosa), poaceae (Kikuyo, Falsa poa, Raigrás) y como especie nativa se encuentra: asteraceae (Chilco de pantano, cotoncillo, vira vira) y solanaceae (hierba mora). (Secretaría de ambiente, 2021)

Ilustración 15: Flora del Humedal La Conejera



Fuente: Los autores

8.1.2.7 Fauna

Este humedal tiene un alto grado de biodiversidad en su fauna ya que se encuentran aves, mamíferos y entomofauna. En cuanto a las especies de aves hay unas que son endémicas pero también influye la etapa de migración por la que pasan algunas especies, las más comunes en el humedal la conejera son: *Spatula discors*, *Colibri coruscans*, *Coragyps atratus*, *Vanellus chilensis*, *Zenaidura macroura*, *Fulica americana*, *Gallinula galeata*, *Zonotrichia capensis*, *Orochelidon murina*, *Turdus fuscater*, como especies endémicas se encuentran: *Synallaxis subpudica* y *Porphyrio melanops*, estas especies de aves en general están muy relacionadas

a ecosistemas de montaña y humedal, este humedal a pesar de no ser el más grande de Bogotá, si es el que tiene un mayor flujo de especies de aves.

En cuanto a mamíferos presentes en el humedal en número de individuos es muy bajo a comparación de las aves, entre ellos se encuentran: *Leptomys pucheranii* (Ardilla de montaña), *Cavia aperea* (Curí), *Didelphis marsupialis* (Chucha de montaña), *Neotoma fuscata* (Comadreja), *Felis catus* (Gato doméstico), *Canis familiaris* (Perro doméstico), *Rattus norvegicus* (Rata urbana), las tres últimas son especies invasoras que representan un impacto ya que sus heces ayudan a la proliferación de vectores y malos olores. Por último, la entomofauna es altamente biodiversa debido a que el humedal presenta todas las condiciones para la reproducción de arácnidos e insectos como: coleópteros, hemípteros, dípteros, himenópteros, lepidópteros, entre otros. Estos contribuyen al correcto desarrollo del ecosistema debido a la polinización ya que hay especies de dípteros y coleópteros que contribuyen además de abejas, abejorros y mariposas. (Acueducto Aguas y Alcantarillado de Bogotá, 2019)

Ilustración 16: Fauna del Humedal La Conejera



Fuente: Los autores

8.1.2.8 Tensores ambientales

El humedal la conejera a pesar de encontrarse en un proceso de restauración aún sigue presentando tensores ambientales bastante significativos que afectan directamente la biodiversidad del humedal y la comunidad que allí reside, para identificar estos tensores se requirió una visita de diagnóstico en el humedal y su alrededor, estos tensores son:

- Vertimientos por conexiones erradas: Este tensor se genera debido a la presencia de asentamientos y viviendas ilegales que conectan la tubería del

desagüe de inodoros, lavadoras, lavamanos, duchas y otras actividades generando que el agua residual doméstica llegue al alcantarillado de agua lluvia lo que implica que no sean sometidas a un tratamiento previo generando contaminación del cuerpo de agua del humedal que a su vez repercute en el aumento de vectores, roedores y malos olores que afectan directamente a los residentes y visitantes debido a enfermedades respiratorias, además de producir una alteración y afectación a la biodiversidad y en general al ecosistema.

- Presencia de especies invasoras: En este humedal se encuentra especies invasoras que deterioran la fauna y flora nativa, en cuanto a fauna se identificaron especies como: *Felis catus* (Gato doméstico), *Canis familiaris* (Perro doméstico) y *Rattus norvegicus* (Rata urbana), generando un impacto negativo en la cadena trófica debido a que afectan especies de aves y pequeños mamíferos nativos y al disminuir su población altera procesos ecosistémicos, además las heces de estos individuos generan un aumento en vectores y malos olores que pueden aumentar la transmisión de enfermedades. En cuanto a la flora se encuentra un mayor número de individuos como: pasto kikuyo, ojo de poeta, campanita, curuba, calabaza, lenteja de agua, Barbasco, lengua de vaca, enea, lentejita de agua, entre otras, que a diario compiten por recursos como: luz, agua, espacio y nutrientes para poder reproducirse con mayor rapidez afectando a las especies nativas y endémicas del humedal.
- Disposición de residuos sólidos: En la visita se logró identificar que debido a actividades antrópicas y de turismo que se realizan en el humedal en su perímetro se encuentran residuos sólidos, principalmente plásticos de un solo uso como: envolturas de alimentos y botellas.
- Fragmentación: Este humedal presenta una reducción del área debido a la urbanización que se presenta a su alrededor, ya que se evidencian varios conjuntos residenciales, en un inicio este humedal contaba con 500 Ha y actualmente el área es de 58,9 Ha, aunque no cruza ninguna vía principal si transcurren medios de transporte con frecuencia alterando el suelo alrededor del humedal. Actualmente el humedal ha tenido una problemática de fragmentación importante debido a la obras que se adelantan por parte de Reserva Fontanar la cual pretende realizar un proceso de urbanización afectando directamente al humedal produciendo una pérdida del 2% del área actual del humedal esto conlleva a una serie de impactos negativos los cuales fueron identificados, uno de los principales impactos generados por esta fragmentación del humedal es la pérdida de la biodiversidad y la tala de árboles dentro del área de influencia de dicho humedal.
- Erosión: A lo largo del recorrido se identificó que este ecosistema cuenta con un alto grado de pendiente en algunas zonas por lo cual se produce un arrastre de agua y nutrientes que a simple vista no es muy notorio, pero al

tomar la muestra se encuentra un suelo completamente carente de materia orgánica.

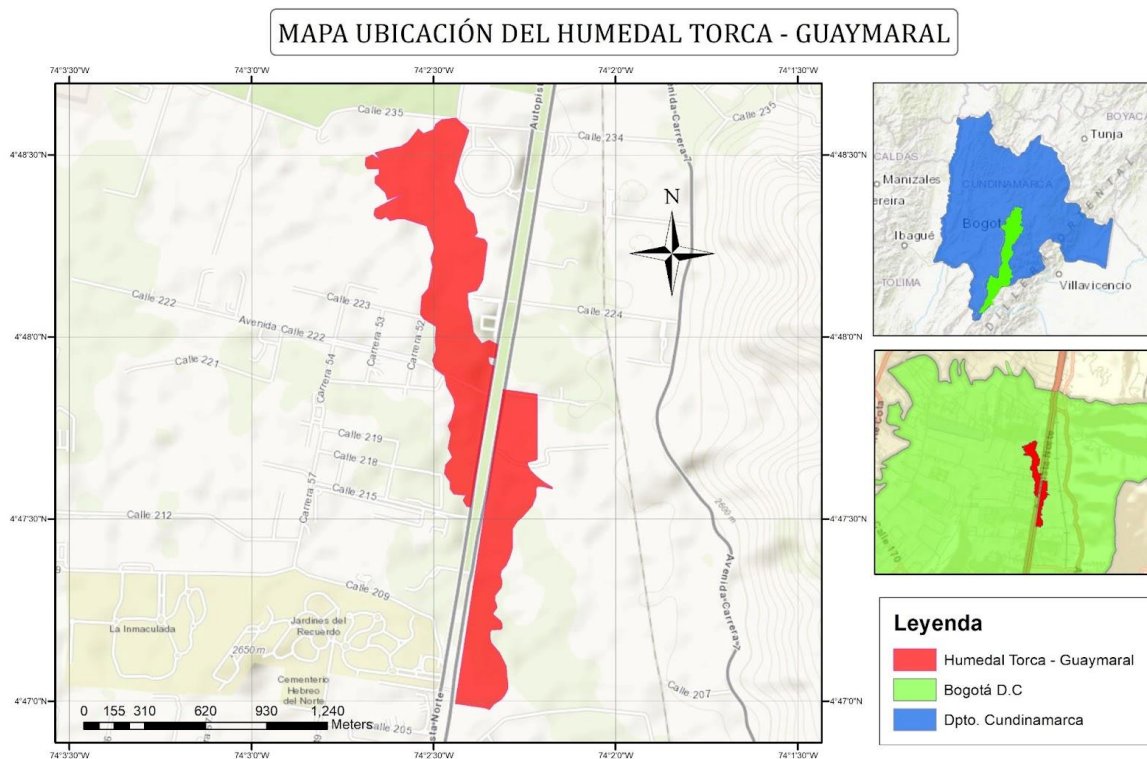
- Eutrofización: Debido a la pendiente que presenta el humedal los nutrientes son arrastrados al cuerpo de agua generando un exceso de nitrógeno y fósforo favoreciendo el crecimiento desmedido del junco y al no hace un recambio constante de esta especie impide la presencia de aves acuáticas en el humedal.

8.1.3 Humedal Torca - Guaymaral

8.1.3.1 Descripción del lugar

Los humedales de Torca y Guaymaral son elementos ecológicos que forman parte de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá D. C. El sector Torca se ubica en la localidad de Usaquén, vereda de Torca, cerca de la reserva forestal protectora “Bosque Oriental de Bogotá”, la cual se encuentra en conexión con el “Parque Urbano Canal de Torca”. El extremo sur ocupa una pequeña porción en el cementerio Jardines de Paz y desde este punto sigue paralelo a la Autopista Norte por el costado derecho en dirección sur-norte hasta alinearse con el Colegio San Viator; presenta un área de 30,27 ha. Por su parte el sector Guaymaral se ubica en la localidad de Suba, vereda Casablanca y se encuentra separado del humedal Torca por la Autopista Norte. (Fundación Humedales Bogotá, 2021)

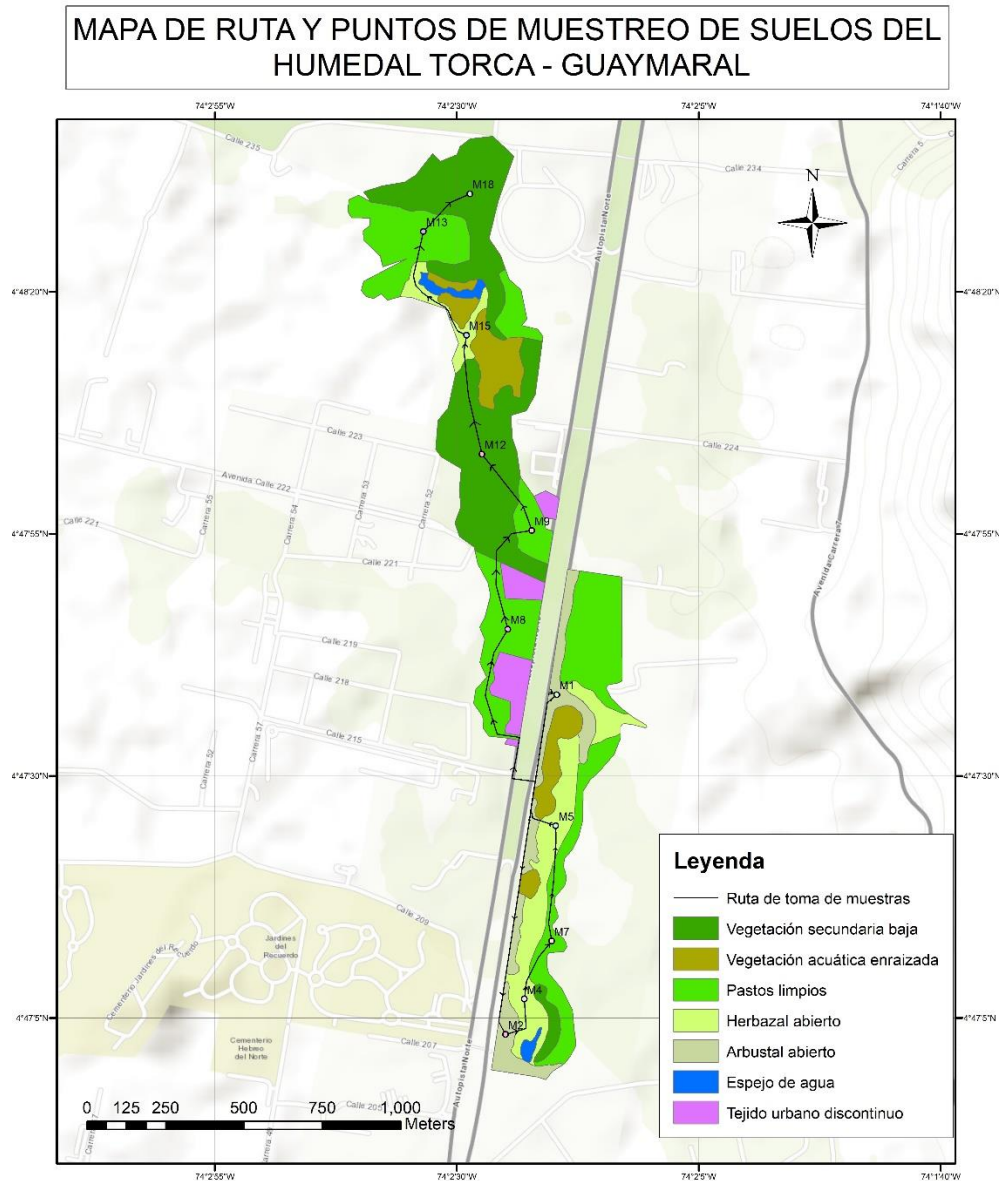
Ilustración 17: Mapa ubicación del Humedal Torca - Guaymaral



8.1.3.2 Ruta de muestreo

En el siguiente mapa se logra apreciar el transecto que se siguió en el humedal Torca - Guaymaral para la obtención de las muestras, en total se identificaron once puntos de muestreo de acuerdo a la cobertura ubicados en: vegetación secundaria baja, vegetación acuática enraizada, pastos limpios, herbazal abierto y arbustal abierto.

Ilustración 18: Mapa de ruta y puntos de muestreo de suelo del Humedal Torca - Guaymaral



Fuente: Los autores

8.1.3.3 Tipo de suelo

Con las muestras obtenidas en campo se identificó que el Humedal Torca - Guaymaral cuenta con cuatro órdenes de suelo según las propiedades analizadas, en donde predominan los inceptisol además hay presencia de histosoles, andisoles, alfisoles y entisoles. esta clasificación se realizó con base en los valores teóricos como se muestra en la tabla 7, además del registro fotográfico como se observa a continuación:

Ilustración 19 Evidencias de la toma de muestras de suelo del Humedal Torca – Guaymaral



Fuente: Los autores

Tabla 8 Resultados de laboratorio para el Humedal Torca - Guaymaral

TORCA - GUAYMARAL										
ORDEN	COBERTURA	Muestra	Ph	DENSIDAD		TEXTURA				% CARBONO ORGANICO
				DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD REAL	% arena total	% arcilla total	% limos	Textura	
Inceptisol	t-Arbustal abierto	M1	6.29	0,946	1.534	78.15	8.74	13.11	Arena franca	15.68
Inceptisol	t-Arbustal abierto	M2	5.25	0,837	1.563	55.02	17.30	27.68	Franco arenosa	25.31
Histosol	t-Herbasal abierto	M4	5.2	0,995	1.885	89.74	5.13	5.13	Arena franca	28.26
Alfisol	t-Herbasal abierto	M5	6.17	1.071	1.829	76.60	7.80	15.60	Arena franca	34.88
Andisol	t-pastos	M7	6.62	1.071	1.627	66.34	9.62	24.05	Franco arenosa	24.34
Andisol	g-pastos	M8	4.63	1.118	1.841	75.07	4.99	19.94	Arena franca	25.25
Inceptisol	g-pastos	M9	6.15	0,989	1.371	76.80	9.94	13.26	Arena franca	31.32
Histosol	g-veg.sec.baja	M12	3.47	1.064	1.612	88.60	4.56	6.84	Arena franca	22.23
Andisol	g-pastos	M13	4.56	1.289	1.560	56.60	13.56	29.84	Franco arenosa	36.40
Entisol	g-Herbasal abierto	M15	5.13	0,967	1.740	33.12	34.68	32.20	Franco arcillosa	27.35
Inceptisol	g-veg.sec.baja	M18	6.33	0,973	1.780	82.50	5.00	12.50	Arena franca	21.04

Fuente: Los autores.

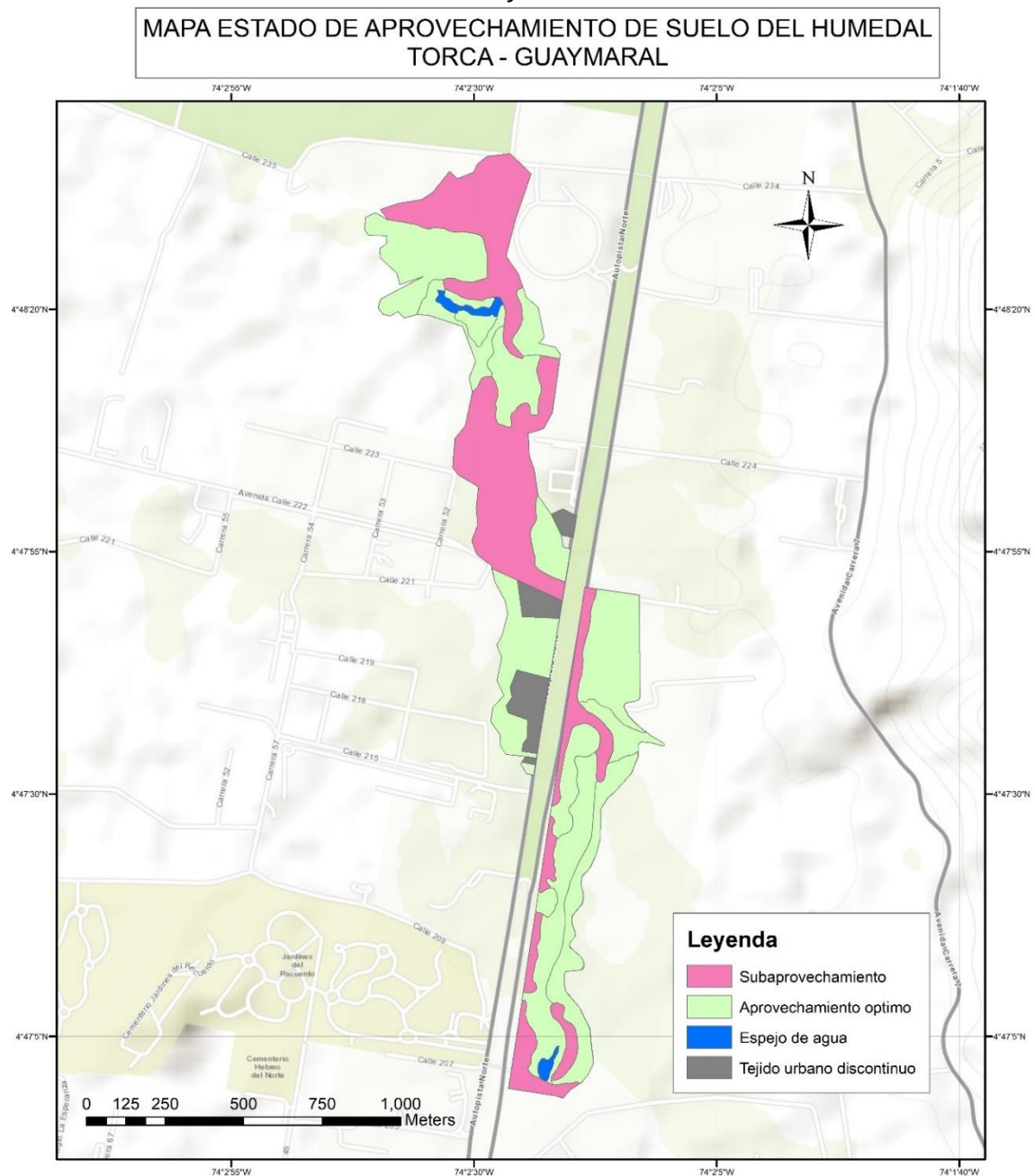
Para el humedal Torca-Guaymaral, los resultados en las pruebas de laboratorio indican que se cuenta con suelos poco desarrollados, en estado joven, con alto contenido de materia orgánica, que contribuyen a la regulación hidro climática, hábitat de especies y retención hídrica; a partir de las texturas de los diferentes ordenes, se evidencia un suelo altamente permeable con buena capacidad de asimilación de agua lluvia que permite la recarga de sistemas subterráneos, que en períodos de estiaje permiten el intercambio de agua entre el cuerpo hídrico superficial y las reservas subterráneas.

8.1.3.4 Uso de suelo

El humedal Torca y Guaymaral se encuentra en la Upz Paseo Los Libertadores, esta cuenta con una extensión de 631 ha, su uso de suelo se divide en dos importantes categorías, la primera de estas es el suelo urbano que a su vez se subdivide en 6 diferentes uso de suelo, el primero son los suelos de tipo residencial, el segundo son los suelos en desarrollo, el tercero son los suelos de uso comercial,

el cuarto son los suelos residenciales de urbanización incompleta, el quinto son los suelos con centralidad urbana y por ultimo tenemos los suelos de tipo dotacional. La segunda categoría son los suelos protegidos o áreas protegidas, esta cuenta con extensión de 201 Ha, allí está ubicado el parque metropolitano Guaymaral y el parque Humedal Torca, así mismo se ubica el canal de torca, canal los molinos y cerro de Torca que los cuales forman parte del suelo en protección de Bogotá.

Ilustración 20 Mapa de estado de aprovechamiento de suelo del humedal Torca – Guaymaral



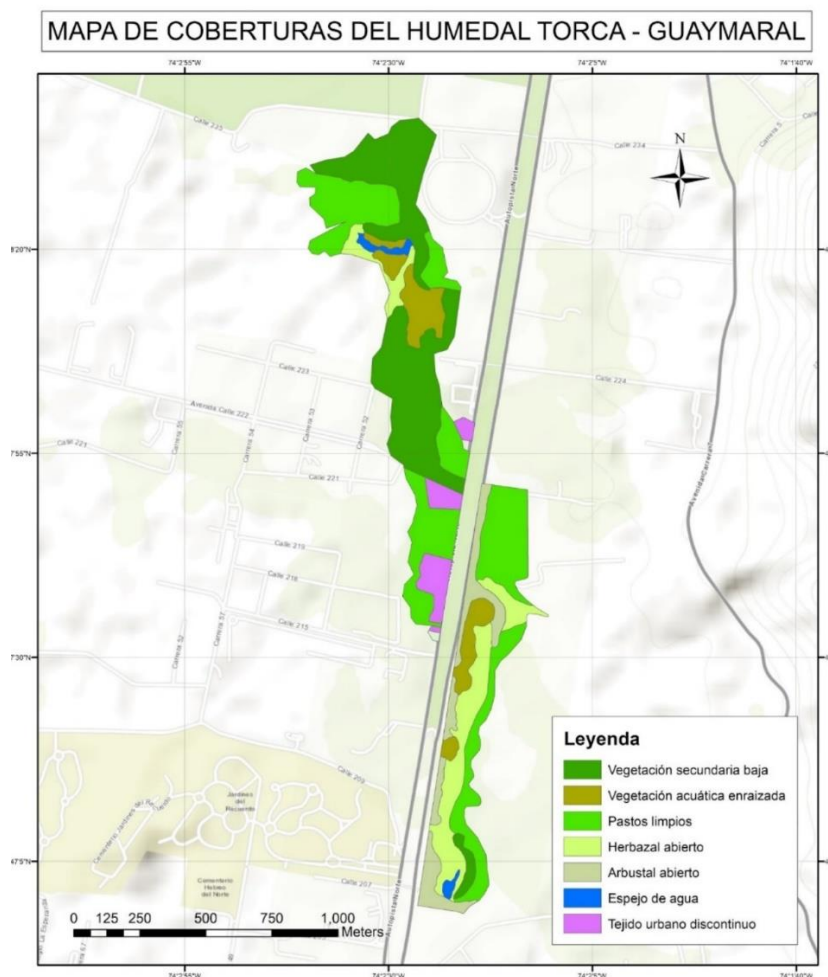
Fuente: Los autores

Como se puede observar en la ilustración 20, las coberturas evaluadas están mayormente aprovechadas óptimamente, esto a que el suelo que se logró identificar está acorde a los requerimientos de la vegetación actual, adicionalmente, se tienen otras zonas que aunque sean menores en cuanto a extensión, toman una importancia significativa debido a que se encuentran subaprovechadas, cabe resaltar que esta evaluación fue hecha teniendo en cuenta únicamente las características físicas y químicas del suelo

8.1.3.5 Cobertura vegetal

En el humedal Torca- Guaymaral se logró identificar seis tipos de cobertura utilizando como base sus características y condiciones físicas, como se muestra en la imagen 6 las coberturas identificadas son: vegetación acuática enraizada, tejido urbano discontinuo, herbazal abierto, arbustal abierto, pastos limpios y vegetación secundaria baja siendo estas últimas las de mayor predominancia con un porcentaje de 34,38 y 30,28 respectivamente.

Ilustración 21: Mapa del Humedal Torca - Guaymaral



Fuente: Los autores

Tabla 9: Coberturas del humedal Torca - Guaymaral

Humedal Torca - Guaymaral			
Cobertura	Área (m2)	Área (Ha)	Porcentaje
Vegetacion secundaria baja	241491,7245	24,15	30,28%
Vegetacion acuatica enraizada	69023,46749	6,90	8,66%
Tejido urbano discontinuo	37297,30207	3,73	4,68%
Herbazal abierto	104165,8633	10,42	13,06%
Espejo de agua	9457,510131	0,95	1,19%
Arbustal abierto	61796,67034	6,18	7,75%
Pastos limpios	274172,9125	27,42	34,38%
total	797405,4504	79,74	

Fuente: Los autores

8.1.3.6 Flora

Este humedal es bastante extenso y muy biodiverso en cuanto a flora las especies más representativas son: *Vasconcellea pubescens* (papayuela), *Senna viarum* (alcaparro), *hydrocotyle verticillata* (sombrellita de tierra), *hydrocotyle ranunculoides* (sombrellita de agua), *baccharis breviseta* (chilco de pantano), *schoenoplectus californicus* (junco), *juncus effusus* (junco de estera), *rumex conglomeratus* (lengua de vaca), *eichhornia crassipes* (buchón), esta son especies nativas y que se han conservado a lo largo del tiempo, sin embargo hay muchas especies exóticas debido principalmente a actividad antrópica dichas especies compiten por nutrientes, luz y agua con las especies nativas generando alteración en los procesos ecosistémicos propios del humedal entre estas especies se encuentran: *Cenchrus clandestinus* (kikuyo), *Holcus lanatus* (falsa poa), *trifolium pratense* (trébol rojo), *raphanus raphanistrum* (alpisto), *sambucus nigra* (sauco), entre otras. (Secretaria de ambiente, 2021)

Ilustración 22: Flora del Humedal Torca – Guaymaral



Fuente: Los autores

8.1.3.7 Fauna

Este humedal cuenta con gran cantidad de individuos de diversas especies de aves por lo cual se considera muy biodiverso, su cuerpo de agua permite el constante flujo de aves acuáticas como: gallareta americana, patamarilla mayor, zambullidor, gallinula melanops, pato de collar, además se habitan especies de varios tamaños y múltiples colores como: garza azul, pijije alas blancas, garza nocturna, águila alas anchas, playero, lechuza campanario, garrapatero mayor, calzadito reluciente, colibrí de mulsant, carpintero café, halcón esmerejon, burlisto copeton, tirano dorso negro, tirano tijereta gris, tangara palmera, chipe peregrino, garcita verdosa, entre otros, la presencia de estas aves beneficia servicios ecosistémicos como dispersión de semillas y polinización, además de regular la población de insectos.

Para la identificación de mamíferos se tuvo en cuenta los comederos y excretas, arrojando como resultado la presencia de poblaciones reducidas de curies (*Cavia porcellus anolaime*), ratones y ratas silvestres (*Mus musculus*, *Rattus rattus*, *Rattus novergicus*) y algunas especies de murciélagos, así mismo se identificaron especies de anfibios como lo son la rana sabanera (*Dendropsophus labialis*) y el sapito (*Colostethus subpunctatus*), en cuanto a los reptiles, la única especie identificada para este humedal es la culebra sabanera (*Atractus crassicaudatus*).

Por último, se identificaron las comunidades de artropofauna terrestre teniendo en cuenta la vegetación presente en los humedales de Torca y Guaymaral, arrojando

como resultado que los órdenes de insectos más predominantes son: Coleóptera, Diptera, Lepidóptera e Hymenóptera, estos grupos son denominados de alto rango o megadiversos por la alta riqueza, abundancia y su predominio en un gran número de microhábitats existentes. (Secretaría distrital de medio ambiente, 2021)

8.1.3.8 Tensores ambientales

El humedal la Torca - Guaymaral a pesar de encontrarse en un proceso de restauración aún sigue presentando tensores ambientales bastante significativos que afectan directamente la biodiversidad del humedal y la comunidad que allí reside, para identificar estos tensores se requirió una visita de diagnóstico en el humedal y su alrededor, estos tensores son:

- **Infraestructura vial:** El humedal Torca y Guaymaral se encuentra dividido por la vía autopista norte generando así un efecto borde lo cual hace referencia a que dificulta la movilidad de algunas especies por lo cual altera la diversidad genética y repercute en la fragmentación del ecosistema en general.
- **Contaminación auditiva:** Debido a la ubicación de la vía se producen altos niveles de ruido a diario esto impide que los animales escuchen a sus depredadores y se reproduzcan con normalidad, además de esto genera perturbación en las aves encargadas del proceso de dispersión de semillas así que el impacto se extiende a la flora del humedal
- **Especies invasoras:** En el humedal se logró percibir la presencia de animales domésticos, lo cual altera la cadena trófica y proceso ecosistémicos que ocurren de manera natural allí, debido a que estos mamíferos pueden devorar a las aves y pequeños roedores, además sus heces generan problemas de contaminación hídrica y aumentó de vectores y enfermedades respiratorias de los residentes de la zona. Este tensor se extiende a la flora debido a que una de las especies invasoras es la especie de pasto kikuyo el cual es bastante agresivo con las especies nativas debido a que compite por los recursos de manera agresiva afectando las especies nativas y endémicas del humedal.
- **Residuos sólidos:** Este humedal al encontrarse en una zona de expansión urbana y debido a los bajos niveles de apropiación social del ecosistema presenta una alta cantidad de residuos sólidos, principalmente escombros lo cual genera una colmatación en su espejo de agua afectando directamente la diversidad y capacidad de reproducción de las especies acuáticas que allí habitan.
- **Alteraciones hidrológicas del drenaje:** El cuerpo hídrico es afectado debido a que la infraestructura del sector interfiere con los drenajes que

alimentan el humedal y disminuye la capacidad de infiltración esto repercute en la disponibilidad de agua para la fauna del ecosistema además de la comunidad que requiere este servicio de abastecimiento para sus actividades diarias.

- **Vertimientos:** Debido a los vertimientos ilegales provenientes de empresas es cuerpo de agua principal se encuentra contaminado y en épocas de lluvia genera inundaciones que se extienden hasta la autopista norte, estos vertimientos provienen de actividades de granja, grasas, aceites, sedimentos y actividad porcícola, esto afecta el proceso de conservación y protección del humedal y la biodiversidad del ecosistema. (Acueducto aguas y alcantarillado de Bogotá, 2019). (López barrera et al., 2015)

8.1.4 Evaluación de servicios ecosistémicos

De acuerdo con Gretchen Daily (Daily 1997), los servicios son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los conforman, sostienen y nutren a la vida humana. Esta definición pone énfasis en las condiciones biofísicas cambiantes dentro de los ecosistemas, así como en las interacciones entre estas y sus componentes bióticos. El concepto de servicios ecosistémicos permite hacer un vínculo explícito entre el estado y funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Esta relación puede ser directa o indirecta, y los seres humanos pueden o no estar conscientes de su existencia. (Balvanera & Cotler, 2007)

Teniendo en cuenta lo anterior la evaluación de la oferta de servicios ecosistémicos se realizó acorde a la relación de la presencia de especies y su potencialidad y teniendo en cuenta lo estipulado en la evaluación de ecosistemas del milenio (Viota Fernández & Maraña Saavedra, 2010), que definen los servicios de aprovisionamiento, soporte, regulación y cultural, que para el caso de estos humedales se calificaron teniendo en cuenta el nivel de dependencia de la comunidad hacia los servicios ecosistémicos como se observa en la tabla 8 en donde se hace una recopilación de los servicios ecosistémicos más reiterativos en los humedales en estudio

Tabla 10: Servicios ecosistémicos de los humedales de estudio

REGULACIÓN	Mejora en la calidad del aire a nivel local	La calidad del aire presenta una mejora debido a que los árboles de este ecosistema se encargan de eliminar contaminantes de la atmósfera como el dióxido de carbono.
	Microclima	Debido a la cantidad de vegetación presente en el humedal favorece en gran medida el desarrollo del ciclo del agua por lo cual ayuda a regular el clima en esta zona.

	Tratamiento de aguas residuales	Los humedales tienen la capacidad de depurar el agua debido al flujo de caudal que tienen y a los microorganismos capaces de descomponer algunos contaminantes que se encuentran por actividades antrópicas.
	Polinización	Los humedales de estudio al contar con gran diversidad de flora cuentan con un gran número de polinizadores bien sean: abejas, abejorros, moscas, polillas, mariposas y colibríes lo cual ayuda a la reproducción de todas las especies de plantas del ecosistema.
	conservación del recurso suelo	El suelo se conserva y evita la erosión debido a los microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica y su vez ayudar a la fijación de nitrógeno
Apoyo	Hábitat para especies	Los humedales son ecosistemas muy diversos ya que además de tener las condiciones aptas para albergar especies nativas, también ofrecen condiciones óptimas para especies que llegan en periodos de migración.
	Ciclos biogeoquímicos	El ciclaje de nutrientes consiste en cómo los microorganismos a través de la descomposición de la materia orgánica devuelven los nutrientes a los suelos permitiendo el desarrollo de la vegetación.
	Reciclaje del agua	El ciclo del agua cumple un papel muy importante debido a que regula la temperatura del humedal y favorece las condiciones para el desarrollo óptimo de la flora y fauna del ecosistema
Abastecimiento	Agua	Los humedales proporcionan agua a la comunidad, favoreciendo su calidad de vida, está principalmente tiene un uso agrícola además de favorecer actividades domésticas.
	Medicina	Los humedales de estudio cuentan con variedad de plantas que se utilizan con fines medicinales como: hierbabuena y ortiga.

Culturales	Turismo	Todos los humedales de estudio cuentan con un horario de atención en donde se realizan caminatas guiadas por el humedal y se busca concientizar a la comunidad de la importancia de este ecosistema.
	Actividades de recreo y salud mental	Los humedales ofrecen actividades como caminatas, mirador de aves y charlas con el fin de generar apropiación por parte de la comunidad, además de esto sirve para relajar el cuerpo y despejar la mente.

Fuente: Los autores

A continuación, se presenta la matriz donde se evaluaron los servicios ecosistémicos:

Ilustración 23 Matriz evaluación de servicios ecosistémicos

EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS						
HUMEDAL	CATEGORIA	SERVICIO AEFCTADO	Estado del servicio (E)	Tendencia del servicio (T)	Grado de conocimiento (G)	Priorización (P)
SANTA MARIA DEL LAGO	Regulación	Calidad del aire a nivel local	3	2	3	2,55
		Microclima	4	2	3	2,9
		Polinización	2	3	5	3,05
		Conservación del recurso suelo	4	4	1	3,4
	Apoyo	Hábitat para especies	3	3	3	3
		Ciclos biogeoquímicos	3	3	3	3
		Reciclaje del agua	5	4	3	4,15
	Abastecimiento	Medicina	3	3	1	2,6
	Cultural	Turismo	1	1	5	1,8
		Actividades de recreo y salud mental	1	1	5	1,8
LA CONEJERA	Regulación	Mejora en la calidad del aire a nivel local	2	2	3	2,2
		Microclima	3	2	3	2,55
		Tratamiento de aguas residuales	5	5	1	4,2
		Polinización	3	3	3	3

		conservación del recurso suelo	4	4	1	3,4
	Apoyo	Hábitat para especies	2	2	3	2,2
		Ciclos biogeoquímicos	2	3	1	2,25
		Reciclaje del agua	2	3	3	2,65
	Abastecimiento	Medicina	2	3	1	2,25
	Cultural	Turismo	1	2	5	2,25
		Actividades de recreo y salud mental	1	2	5	2,25
TORCA-GUAYMARAL	Regulación	Mejora en la calidad del aire a nivel local	3	4	5	3,85
		Microclima	3	2	3	2,55
		Tratamiento de aguas residuales	5	4	3	4,15
		Polinización	4	4	3	3,8
		Conservación del recurso suelo	4	3	5	3,75
	Apoyo	Hábitat para especies	4	3	3	3,35
		Ciclos biogeoquímicos	3	3	3	3
		Reciclaje del agua	2	3	1	2,25
	Abastecimiento	Agua	3	3	1	2,6
		Medicina	1	3	1	1,9
	Cultural	Turismo	1	3	5	2,7
		Actividades de recreo y salud mental	1	3	5	2,7

Fuente: Los autores

Para el diagnóstico de los servicios ecosistémicos se utilizó el método de priorización, dicho método es utilizado para la identificación, caracterización y evaluación de la calidad de los servicios ecosistémicos, mostró ser una herramienta consistente la cual permitió establecer las relaciones entre las acciones y actividades impactantes en los humedales de estudio así mismo mostrar el suministro de servicios ecosistémicos. El método facilitó priorizar y calificar catorce servicios ecosistémicos de los que depende el bienestar de las comunidades locales.

Para implementar dicho método se utilizó la ecuación(1) (Ecuación de priorización) la cual cuenta con las siguientes variables: estado del servicio, esta variable hace referencia al grado de utilización del SE, tendencia del servicio, esta variable hace

referencia al grado de deterioro de los SE y por último el grado de conocimiento la cual hace referencia a cómo la comunidad conserva el SE, es de vital importancia recalcar que la asignación numérica de dichas variables depende del diagnóstico realizado in situ, el resultado de la ponderación de dichas variables es un valor numérico en el rango de 1 a 5, siendo 1 una prioridad baja del servicio ecosistémico y 5 una prioridad alta.

Por lo anterior es indispensable proponer estrategias de conservación y recuperación únicamente a los servicios ecosistémicos que arrojan un resultado superior a 3, debido que su priorización entra en un rango de asignación media a alta por lo cual es importante darle un manejo. Según el diagnóstico realizado en campo es importante aclarar que los impactos que más contribuyen al deterioro de las condiciones ecológicas de los humedales son los siguientes: alteración del flujo hídrico, el uso intensivo del suelo, el agotamiento del recurso hídrico, el vertimiento de efluentes agrícolas y domésticos, la fragmentación y deterioro del hábitat, la eutrofización y la pérdida de especies nativas.

8.1.4.1 Estrategias para el Humedal Santa María del Lago

La descripción de la evaluación de cada uno de los servicios ecosistémicos que se tuvieron en cuenta se presenta a continuación:

Tabla 11: Descripción de la evaluación de los servicios ecosistémicos del humedal Santa María del Lago

HUMEDAL	CATEGORIA	SERVICIO AEFCTADO	PRIORIZACIÓN (P)	DESCRIPCIÓN
SANTA MARIA DEL LAGO	Regulación	Calidad del aire a nivel local	2,55	Este valor se obtuvo debido a que el humedal no se encuentra rodeado por ninguna vía principal por lo cual no presenta un alto flujo de vehículos que afecten el ecosistema con sus emisiones
		Microclima	2,9	El microclima de la localidad presenta un bajo grado de priorización debido a que la cobertura vegetal del humedal al ser abundante permite una regulación del clima de la zona
		Polinización	3,05	Este servicio se ve afectado principalmente por la introducción de especies invasoras y el valor es medio debido a que poco a poco se están introduciendo especies nativas que favorezcan las condiciones para los polinizadores
		Conservación del recurso suelo	3,4	Debido a la pendiente que conlleva al cuerpo de agua se identificó que hay zonas donde el suelo se encuentra compactado y no es muy fértil como en otras zonas donde la vegetación es más densa debido a que no hay arrastre de nutrientes

	Apoyo	Hábitat para especies	3	El humedal presenta un ecosistema apto para favorecer el hábitat de diversas especies de flora y fauna sin embargo al contar con un problema de especies invasoras repercute en los procesos ecológicos como alteración en la cadena trófica
		Ciclos biogeoquímicos	3	El humedal presenta alteración en los ciclos biogeoquímicos debido al área que ocupa el pasto kikuyo ya que esta especie invasora retiene gran parte de nitrógeno y fósforo lo cual impide la correcta recirculación de estos elementos
		Reciclaje del agua	4,15	Este servicio se encuentra altamente afectado debido a que el cuerpo hídrico no tiene bifurcaciones y no favorece la aireación, además es un cuerpo léntico por lo cual a pesar de que el ciclo cumple su proceso desde la evapotranspiración no se logra cumplir desde el cuerpo de agua principal. Así mismo el cuerpo de agua presenta eutrofización por lo cual favorece el crecimiento de forraje que impide que el agua cumpla su ciclo de manera eficiente.
	Abastecimiento	Medicina	2,6	El humedal cuenta con varias especies de plantas medicinales sin embargo gran parte de la comunidad desconoce su función, así mismo, a pesar de que cuenta con un servicio de abastecimiento para la comunidad, dicho servicio se encuentra restringido debido a que el humedal se encuentra en un proceso de restauración y conservación.
	Cultural	Turismo	1,8	Este servicio no presenta afectaciones significativas debido a que se ha fortalecido en gran medida la parte turística implementando recorridos que favorecen el apropiamiento de la comunidad con su entorno, sin embargo, el valor no es cero porque el turismo trae repercusiones como aumento en las basuras y aumento en la contaminación auditiva
		Actividades de recreo y salud mental	1,8	Se identificó que gran parte de la comunidad visita el humedal porque es un entorno de mucha calma y ayuda a apropiarse de la naturaleza y su importancia

Fuente: Los autores

Este humedal en general no presenta alteraciones muy significativas ya que mantienen un control riguroso para lograr preservar este ecosistema, sin embargo, son 3 los servicios ecosistémicos que presentan una priorización media- alta por lo cual se proponen las siguientes estrategias de recuperación

- Polinización

Los polinizadores son esenciales para el mantenimiento de un ecosistema ya que ayuda a la reproducción de la toda la flora que su vez desarrolla las condiciones óptimas para que la fauna persista en este lugar, al evaluar las tres categorías se observa que a pesar de que el conocimiento sobre los polinizadores es alto, falta bastante para resaltar el importante papel que cumple, teniendo esto en cuenta la estrategia que se propone es promover el interés e importancia de la conservación y restauración del ecosistema dentro de la comunidad generando un programa en donde se facilite la participación de la comunidad y se apropien de este espacio. (Minambiente, 2018)

Además, es necesario abstenerse de reproducir especies exóticas que pueden fomentar que lleguen nuevos polinizadores generando competencia entre las especies nativas y disminuyendo su población, con base en esto lo recomendable es introducir especies nativas ya que favorece la reproducción de los polinizadores y a largo plazo el ecosistema va a funcionar sin intervención antrópica.

- Conservación del recurso suelo

El suelo de este humedal no presenta un alto grado de erosión pero es un servicio que se ve afectado debido a la cantidad de especies exóticas que se encuentran dentro del humedal, al encontrarse estas especies siempre están generando competencia por luz, espacio, agua y nutrientes esto hace que se reproduzcan con más rapidez generando un daño irreversible en el suelo ya que supera su capacidad de regeneración, por esto representa una amenaza para este recurso a largo plazo, con base en lo anterior la estrategia que se propone es dejar los sedimentos que tiene el suelo bien sean introducidos o generados de manera natural ya que estas retienen nutrientes importantes para la microbiota del suelo, otra de las estrategias que se proponen es el control de las especies invasoras para que no aumente su población de manera exponencial y por último se propone no depositar materiales de concreto dentro del humedal ya que genera una compactación del suelo impidiendo el crecimiento de la cobertura vegetal. (Díaz Duarte, 2020)

- Reciclaje del agua

Este humedal no cuenta con una red de drenajes superficiales que permitan el flujo de agua a lo largo del humedal por lo cual presenta una condición de estancamiento generando un aumento de vectores y disminuyendo la calidad del agua, además de esto tiene mucha vegetación acuática por lo cual el agua contiene una gran cantidad de materia orgánica, la estrategia que se propone es realizar mantenimiento en la zona de juncal para permitir la recirculación del agua. (Henao Echeverría et al., 2018)

8.1.4.2 Estrategias para el Humedal La Conejera

La descripción de la evaluación de cada uno de los servicios ecosistémicos que se tuvieron en cuenta se presenta a continuación:

Tabla 12 Descripción de la evaluación de los servicios ecosistémicos del humedal La Conejera

HUMEDAL	CATEGORIA	SERVICIO AEFCTADO	PRIORIZACIÓN (P)	DESCRIPCIÓN
LA CONEJERA	Regulación	Mejora en la calidad del aire a nivel local	2,2	Este valor se obtiene debido a que se encuentra apartado de las vías principales por lo cual el flujo vehicular es mínimo y a pesar de que al rededor del humedal hay urbanización dicho humedal debido a que cuenta con una amplia cobertura boscosa retiene la mayor parte de contaminantes atmosféricos.
		Microclima	2,55	El humedal cuenta con un área en su mayoría boscosa que ayuda a retener los gases de efecto invernadero, además de esto favorece el ciclo del agua proporcionando condiciones climáticas más estables por lo cual su priorización es baja
		Tratamiento de aguas residuales	4,2	Este es el servicio que se ve mayormente afectado debido a que el humedal presenta conexiones erradas por lo cual las ARD y agua generadas por asentamientos ilegales son vertidas directamente en el humedal sin un tratamiento previo generando la contaminación del cuerpo hídrico y proliferación de plagas y vectores
		Polinización	3	Este valor se obtiene debido a que se identificó que el humedal cuenta con especies vegetales invasoras lo que influye directamente en los polinizadores por no contar con las condiciones adecuadas, sin embargo, la incidencia no es significativa debido a que su área es extensa.
		conservación del recurso suelo	3,4	El humedal el presenta múltiples variaciones en la pendiente por lo cual existe arrastre de nutrientes que impide que el microbiota del suelo se desarrolle correctamente, además de esto se presenta acumulación de material como sedimentos y escombros lo cual compacta el suelo afectando la permeabilidad y la infiltración del suelo ocasionando una erosión
	Apoyo	Hábitat para especies	2,2	Este valor es bajo debido a que este humedal proporciona condiciones óptimas en los periodos de migración de diversas especies de aves, además que acoge y ofrece alimento a especies nativas
		Ciclos biogeoquímicos	2,25	Su valor de priorización es bajo debido a que en el humedal se ha realizado un recambio de especies invasores disminuyendo la competencia por nutrientes y dando lugar a la recirculación optima de los ciclos, además al

				contar con un área extensa existe una proporción entre especies invasoras y nativas.
		Reciclaje del agua	2,65	Este humedal cuenta con un cuerpo de agua que presenta bifurcaciones a lo largo de su cauce favoreciendo la recirculación del agua que ayuda a depurar parte de la contaminación del agua, además la cantidad de vegetación que se encuentra en el humedal ayuda la evapotranspiración y a su vez regula el ciclo del agua
	Abastecimiento	Medicina	2,25	El humedal cuenta con varias especies de plantas medicinales sin embargo gran parte de la comunidad desconoce su función.
	Cultural	Turismo	2,25	Aunque este valor se encuentra en un rango de priorización bajo, el turismo presenta afectación en cuanto a la generación de basuras y contaminación auditiva ya que el humedal no presenta un servicio guiado. Se identifico que este humedal cuenta con los tiempos de recreación más cortos dentro de los humedales de estudio, debido a que está en un proceso de restauración y conservación
		Actividades de recreo y salud mental	2,25	

Fuente: Los autores

Este humedal cuenta con una gran biodiversidad por lo cual la mayoría de sus servicios no se encuentra afectados gravemente, al evaluar a partir del método de priorización se encontró que son dos los servicios que arrojaron un valor entre 3 y 5 de priorización por lo cual se formularán estrategias de recuperación que permitan su mejora a largo plazo.

- Tratamiento de aguas residuales

El cuerpo de agua de este humedal presenta un alto grado de contaminación debido a que la red de alcantarillado tiene conexiones erradas al humedal, además de esto se aprecia una gran cantidad de vegetación acuática más específicamente junco generando un proceso de eutrofización, con base a lo anterior se propone hacer la identificación de las conexiones erradas con el fin de cuantificarlas y de acuerdo al grado de incidencia realizar una capacitación a nivel local que aborde buenas prácticas de la red de alcantarillado como: no arrojar residuos sólidos, evitar vertimientos de hidrocarburos, grasas, aceites y químicos que puedan alterar los procesos naturales de este ecosistema.

En cuanto a la eutrofización se propone realizar un mantenimiento de la zona de juncal y tener en cuenta un diseño de islas irregulares con el fin de asemejar las condiciones naturales para propiciar la recirculación del agua y la mejora del hábitat para la reproducción de aves acuáticas. Por último, se propone hacer un tratamiento para las aguas residuales con dos especies nativas las cuales son: *Lemna minor* L. (lenteja de agua) y *Schoenoplectus californicus* (junco) ya que remueve el 98,5 de nitrógeno y 91,7 de fósforo, además reduce la DBO del humedal en un 95%. (Lara Borrero & Martelo, 2012)

- Conservación del recurso suelo

Este humedal presenta erosión del suelo en varias partes debido a que tiene un alto grado de pendiente lo cual genera un arrastre de agua y nutrientes factores importantes para el microbiota del suelo, para reducir y manejar esta pérdida se propone implementar terrazas para el control de la erosión ya que reduce la velocidad de arrastre de materiales, mejora la infiltración y contribuye al aumentó del agua disponible en el perfil de suelo. (Martin Gange & Davrieux, 2015)

8.1.4.3 Estrategias para el Humedal Torca - Guaymaral

Tabla 13: Descripción de la evaluación de los servicios ecosistémicos del humedal Torca – Guaymaral

HUMEDAL	CATEGORIA	SERVICIO AEFCTADO	PRIORIZACIÓN (P)	DESCRIPCIÓN
TORCA-GUAYMARAL	Regulación	Mejora en la calidad del aire a nivel local	3,85	Este servicio ecosistémico se ve ampliamente afectado debido a que los humedales están separados la autopista norte, vía por la cual transita gran cantidad de vehículos
		Microclima	2,55	En cuanto al microclima no se lograron identificar afectaciones significativas, esto en gran medida al área que este representa además de contar con diferentes vegetaciones a sus costados
		Tratamiento de aguas residuales	4,15	Este servicio ecosistémico se ve mayormente afectado debido a la mala calidad del agua superficial que alimenta al humedal, esto sumado la división generada por la autopista norte que hace que el flujo se vea interrumpido
		Polinización	3,8	Este se ve afectado severamente en relación al ruido y la gran cantidad de contaminantes que son emitidos por los vehículos que transitan por la autopista norte.
		Conservación del recurso suelo	3,75	Las principales afectaciones a este servicio ecosistémico se generan por el relleno sistemático de algunas áreas, afectando así las condiciones naturales del ecosistema, además de la inexistencia de un control en cuanto a basuras y el control de ingreso de personas.
	Apoyo	Hábitat para especies	3,35	Este servicio ecosistémico se ve afectado debido a la pérdida de las condiciones naturales del humedal, esto sumado a la introducción de especies invasoras tanto de fauna como flora repercuten de manera significativa.
		Ciclos biogeoquímicos	3	Estos ciclos se ven afectados debido a las modificaciones de drenajes y tipos de suelo que se generaron con la construcción de la autopista norte
		Reciclaje del agua	2,25	Este servicio no se logra ver afectado significativamente debido a que el humedal

				cuenta con múltiples drenajes que posibilitan el drenaje y recambio del agua
	Abastecimiento	Agua	2,6	Este servicio ecosistémico no se ve ampliamente afectado debido al contante flujo de agua que se genera a causa de los múltiples drenajes que conectan con el humedal.
		Medicina	1,9	El humedal cuenta con vegetación que podría ser utilizada como medicinal, sin embargo, el aprovechamiento de estas es nulo.
	Cultural	Turismo	2,7	Debido a la poca intervención para el cuidado y preservación del humedal hace que este servicio sea inexistente
		Actividades de recreo y salud mental	2,7	Debido a la poca intervención para el cuidado y preservación del humedal hace que este servicio sea inexistente

Fuente: Los autores

Este humedal cuenta con una gran biodiversidad por lo cual la mayoría de sus servicios no se encuentra afectados gravemente, al evaluar a partir del método de priorización se encontró que son dos los servicios que arrojaron un valor entre 3 y 5 de priorización por lo cual se formularán estrategias de recuperación que permitan su mejora a largo plazo.

- Mejora en la calidad del aire a nivel local

Este humedal hace parte de la subregión de la Sabana de Bogotá que por poseer áreas forestales logran capturar dióxido de carbono e interceptar partículas que se encuentran suspendidas en el aire, adicionalmente, por acción de la fotosíntesis emiten oxígeno a la atmósfera que promueven procesos de degradación de material contaminante en el aire. Aunque la contaminación atmosférica persiste al sur de Bogotá por la dirección de los vientos; cabe resaltar que las consecuencias del tránsito de los buses viejos que transitan por la Autopista Norte, los incendios y la quema de residuos ocasiona alteraciones, por lo que, mantener humedales sanos logra mitigar efectos negativos en el ambiente que afectan tanto a la comunidad como a la flora y fauna del humedal (Arango Pulgarin, 2019). Con el fin de contar con un control de ruido y de la contaminación atmosférica a nivel local, se propone adoptar un protocolo para la evaluación de las emisiones y llevar un seguimiento de las mediciones que realizan las autoridades ambientales, teniendo en cuenta, la participación del humedal. (Minambiente, 2021)

- Tratamiento de aguas residuales

El cuerpo de agua del humedal es receptor de vertimientos de ARD y ARnD, que logra asimilar y promover procesos de oxidación y degradación de la materia contaminante a partir del desarrollo de distintos tipos de organismos (animales y vegetales) adaptados a estas condiciones que contribuyen a la depuración natural del humedal, aunque se han desarrollado trabajos de canalización, identificación y

control de vertimientos debido a la alta carga contaminante y de sedimentos que traen los drenajes, el estado de las aguas que ingresan al humedal siguen siendo negativas. Como se mencionó con anterioridad, el humedal recibe vertimientos que alteran las condiciones biológicas y fisicoquímicas que modifican la composición del ecosistema, ocasionando afectaciones en los cuerpos de aguas aledaños, lo que pone en riesgo al desarrollo de la fauna y flora y expone negativamente la salud de los habitantes del sector.

Algunas de las causas identificadas de esta problemática son: ausencia de conocimiento por parte de la comunidad, desconocimiento en el funcionamiento de la red de alcantarillado del sector, desarrollos urbanísticos acelerados, construcciones ilegales, por lo que, es fundamental realizar un seguimiento de las causas de estos vertimientos y darle un correspondiente control (Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, 2018). Por la importancia de este ítem en cuanto a saneamiento hídrico, se propone inicialmente una identificación de los vertimientos, para posteriormente corregir las conexiones erradas de aguas a la red pluvial y de alcantarillado, además de elaborar las fichas técnicas correspondientes que lleven a un control total de estos drenajes. Por último, se precisa capacitar la población del sector y reportar con las autoridades ambientales los actos ilícitos que ponen en riesgo el bienestar del humedal (Acueducto aguas y alcantarillado de Bogotá, 2019).

- Polinización

En el humedal Torca-Guaymaral se presenta el proceso de polinización de la flora nativa, la cual es llevada a cabo por algunas especies de insectos como artrópodos que tienen un papel importante en el ecosistema. Teniendo en cuenta que la polinización que se da en el humedal es natural, directa y/o cruzada, se resaltan algunos riesgos que están afectando este proceso. La polinización es afectada cuando la biodiversidad es amenazada por la fragmentación de hábitats, ya que se modifican los procesos ecológicos que impactan no solo en la flora y fauna sino también en los recursos como agua y suelo, esto debido a las vías de transporte que se encuentran cerca al humedal y que contribuyen a la fragmentación. La estrategia propuesta dentro de este ítem corresponde al mantenimiento de la malla vial de la zona norte que brinde un manejo adecuado de la Autopista Norte teniendo en cuenta los requerimientos de conservación del ecosistema, además se propone la elaboración de un diseño de recuperación y preservación ecológica (Acueducto aguas y alcantarillado de Bogotá, 2019).

- Conservación del recurso suelo

El humedal Torca-Guaymaral presenta riesgos debido al mal uso del suelo que rodea el cuerpo agua, pues en este se ejercen actividades como pastoreo de ganado generando pérdida de flora y compactación en el suelo, por otra parte, se evidencia contaminación alrededor del humedal por residuos sólidos como basuras y escombros que son arrojados por la población que habita cerca a este sector y de

algunas partes donde se realizan actividades de construcción. Las consecuencias de las problemáticas expuestas anteriormente comprometen la capacidad del cuerpo hídrico para albergar agua y promueve la pérdida de la biodiversidad del mismo, impactando drásticamente el ciclo del agua (López barrera et al., 2015). Por otra parte, se propone implementar una barrera de protección en las áreas donde se están acumulando residuos sólidos que evite los factores de riesgo y que se adecue al paisaje del mismo, además, gestionar proyectos de apropiación territorial a partir de capacitación ciudadana que se dirija a la conservación y recuperación del humedal (Acueducto aguas y alcantarillado de Bogotá, 2019).

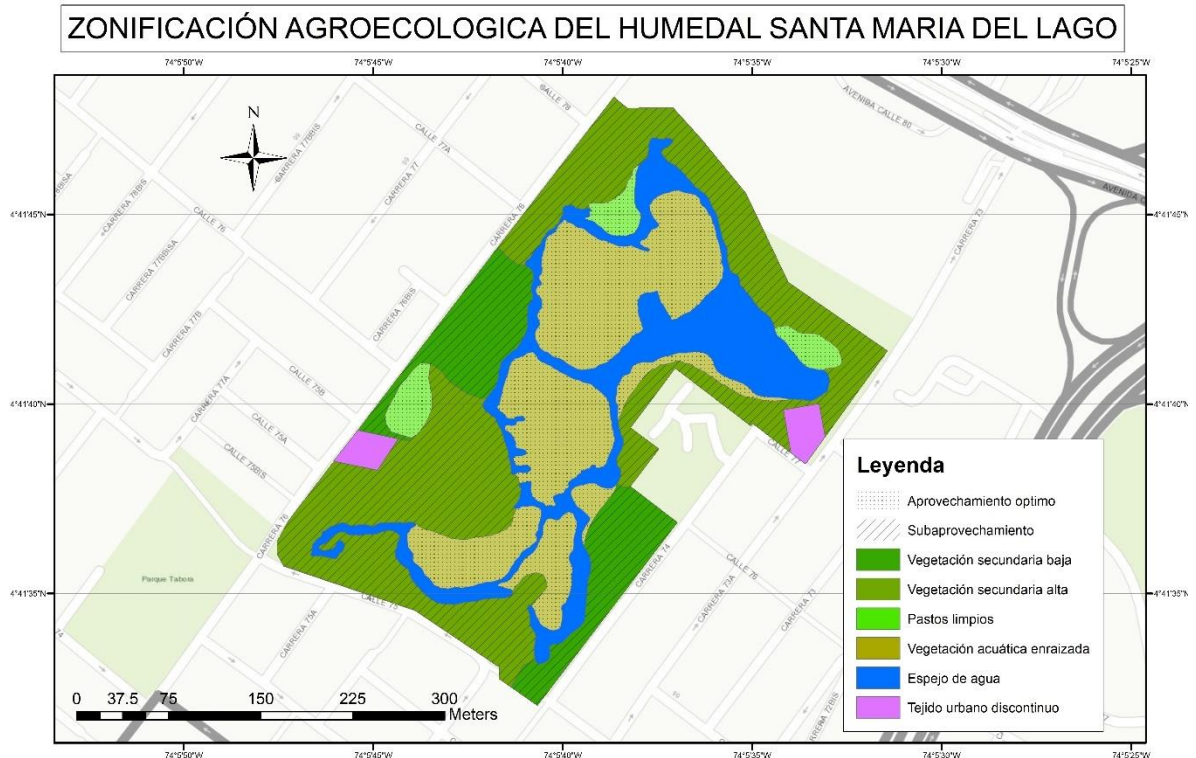
- Hábitat para especies

Este humedal es uno de los pocos del Distrito que actualmente alberga especies en peligro de desaparecer como lo son (nombre común): Tingua de pico amarillo, Tingua de pico rojo, Tingua de pico verde y la Monjita, por esto se requiere un especial cuidado del ecosistema. Los procesos de transformación que se han dado en el humedal han ocasionado pérdidas de gran magnitud en la fauna especialmente en especies de aves, como consecuencia de factores como: presencia de animales invasores como gatos y perros, la infraestructura vial, alteraciones hidráulicas en el drenaje y bajos niveles de apropiación social. Dentro de las soluciones a estos factores se propone, jornadas de sensibilización a los propietarios de animales domésticos, control de animales callejeros, gestionar la vigilancia y protección a los alrededores del humedal, por otro lado, reducir los riesgos de contaminación del agua, controlar las emisiones de ruido para que así se promueva la introducción de especies en el humedal y finalmente evitar nuevos fraccionamientos. (Acueducto aguas y alcantarillado de Bogotá, 2019)

8.2 Propuestas de uso de suelo para cada humedal.

8.2.1 Zonificación agroecológica del Humedal Santa María del Lago

Ilustración 24: Zonificación agroecológica del Humedal Santa María del Lago



Fuente: Los autores

En la ilustración 23 se logra identificar la zonificación agroecológica del humedal Santa María del Lago en donde se evidencia la cobertura de suelo y el estado del uso actual, en primer lugar se encuentra la vegetación secundaria baja y vegetación secundaria alta las cuales se encuentra en subuso, esto hace referencia a que este suelo tiene una mayor capacidad de uso debido a la cantidad de nutrientes que no están siendo aprovechados actualmente, por el contrario en cuanto a pastos limpios y vegetación acuática enraizada presentan un uso óptimo y consistente con las propiedades del suelo. De acuerdo con el análisis de suelo determinó que uso óptimo de este humedal es albergar especies nativas de pasto y algunos tipos de cultivo, sin embargo, actualmente el humedal presenta un uso de conservación por lo tanto no puede ser intervenido drásticamente, así mismo se está haciendo una resiembra en ciertas zonas del humedal con el fin de aprovechar la riqueza que tiene este tipo de suelo.

8.2.1.1 Uso y manejo de los suelos del Humedal Santa María del Lago

En el humedal Santa María del lago se identificó que el orden de suelo predominante son los Inceptisoles, son suelos de color oscuro pardo con limitaciones por baja fertilidad, alto contenido de aluminio, texturas finas y bien drenados, rara vez se ven

afectados por inundaciones o encharcamientos. Teniendo en cuenta sus características se propone una serie de prácticas como: plantar árboles para evitar el arrastre de materiales, construir una zanja para desviar la escorrentía hacia un estanque o un pozo, plantar una cubierta vegetal y realizar un adecuado riego en el suelo. En la siguiente tabla se clasifica el estado de uso de suelo como subuso el cual se refiere al poco aprovechamiento del suelo y el uso óptimo indica que el uso actual es acorde con la capacidad del suelo.

Tabla 14: Uso y manejo de los suelos del Humedal Santa María del Lago

SANTA MARIA DEL LAGO					
ORDEN	HUMEDAD	Muestra	Clase	Estado de aprovechamiento	Aprovechamiento optimo
Inceptisol	VEG.SEC.BAJA	SM1	Clase 8	SUBAPROVECHADO	Este humedal actualmente cuenta con un uso de conservación, aunque para evitar el arrastre de nutrientes y erosión del suelo se recomienda implementar pasto ray grass con el fin de obtener una mayor nutrición para los animales y ayuda a mejorar la infiltración del suelo
Inceptisol	VEG.SEC.ALTA	SM3			
Inceptisol	PASTOS	SM2		APROVECHAMIENTO OPTIMO	Este orden de suelo presenta todas las condiciones óptimas para albergar pasto debido a la cantidad de nutriente que este requiere por lo cual es un uso óptimo para aprovechar el suelo del humedal

Fuente: Los autores

Como se evidencia en la tabla 11 el humedal Santa María del Lago cuenta con una sub aprovechamiento en la muestra SM1 lo que nos indica una saturación de suelo con especies herbáceas altas y bajas, dentro de este humedal encontramos especies invasoras como lo son el pasto Kikuyo y el Junco, la especie juncal posee ciertas ventajas y desventajas, dentro de la ventajas tenemos que el techo de junco crea un microclima único en los humedales. En primera instancia, los tallos de la planta se llenan con aire, moléculas útiles y aceites esenciales, que tienen un efecto beneficioso en las vías respiratorias y el sistema nervioso de las personas, en segundo lugar, aseguran la estabilidad del régimen de temperatura bajo cualquier condición climática. La mayor problemática es que es una especie invasora, esta planta quita espacio para que salgan los pastos, el junco entra en competencia directa con el pasto por la luz del sol, el agua y los nutrientes del suelo. Si se deja crecer libremente, esta planta puede afectar el crecimiento del forraje, acaparando el espacio del terreno.

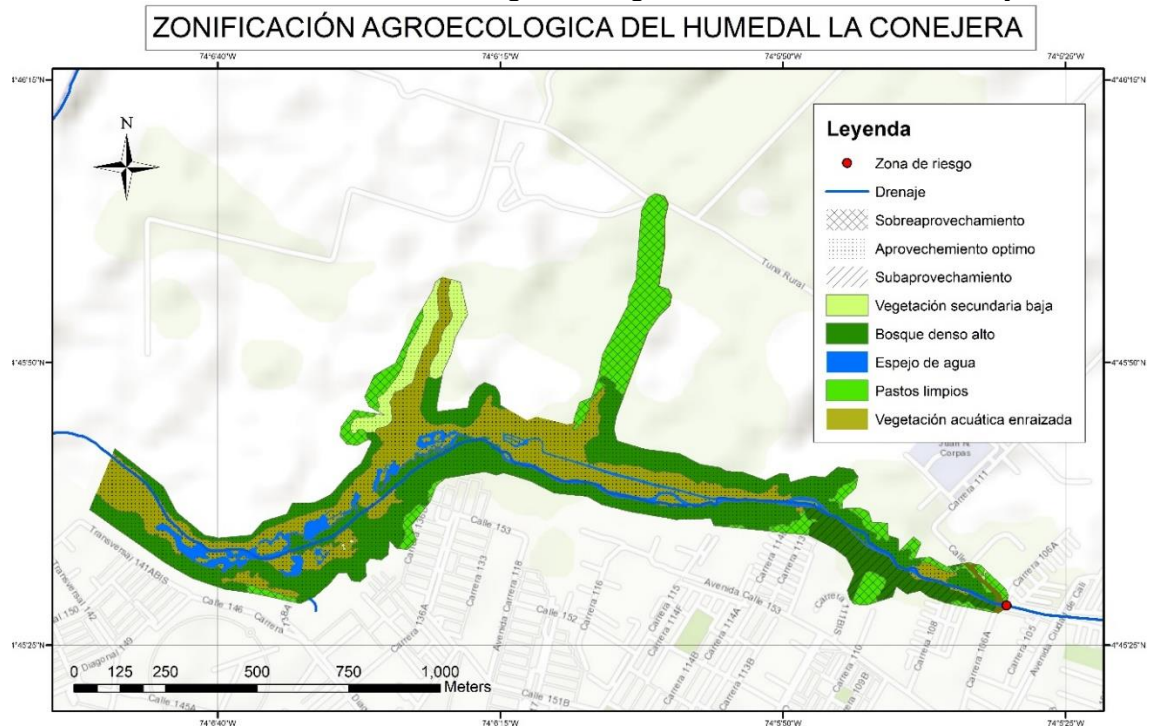
Por lo anterior se plantea realizar un manejo de los pastos con el fin de realizar una rotación ideal con una carga adecuada para que el pasto no se termine, esta rotación de pastos produce una problemática clave en el sobre aprovechamiento del suelo ya que la rotación de pastos se realiza con una especie invasiva como lo

es el pasto kikuyo lo cual genera una pelea agresiva entre las dos especies para el aprovechamiento de nutrientes, es de vital importancia realizar la rotación de pastos agregando abono con altos contenidos de fósforo y nitrógeno y sembrando suelda con suelda y salvia, un manejo asociado a la especie del junco es realizar la poda de los tallos para que queden a la altura del espejo de agua o el recambio de la especie juncal con el fin que la rotación del pasto nativo gane terreno sobre la especie invasora.

Así mismo cabe resaltar la clase del suelo de este humedal la cual arroja como resultado una clase tipo 8 lo cual se refiere que son tierras que por su vulnerabilidad extrema (áreas muy escarpadas) o por su importancia como ecosistemas estratégicos (humedales) para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico, deben destinarse a la conservación de la naturaleza o a su recuperación en el caso de que hayan sido deterioradas. Por último, se identificó que el orden de suelo predominante son los Inceptisoles, son suelos de color oscuro pardo con limitaciones por baja fertilidad, alto contenido de aluminio, texturas finas y bien drenados, rara vez se ven afectados por inundaciones o encharcamientos. Teniendo en cuenta sus características se propone una serie de prácticas como: plantar árboles para evitar el arrastre de materiales, construir una zanja para desviar la escorrentía hacia un estanque o un pozo, plantar una cubierta vegetal y realizar un adecuado riego en el suelo.

8.2.2 Zonificación agroecológica del Humedal La Conejera

Ilustración 25: Zonificación agroecológica del Humedal La Conejera



Fuente: Los autores

En la ilustración 25 se identifica como la vegetación secundaria baja presenta un uso óptimo del suelo ya que está siendo totalmente aprovechada y cumple su función ecológica principal que es el almacenamiento de carbono y control de la erosión, a su vez las principales zonas con cobertura de bosque denso alto tiene un uso óptimo ya que a pesar de que la vegetación predominante son árboles también hay presencia de pastos mejorados lo cual ayuda a la circulación de nutrientes y a detener el proceso de eutrofización, por otra parte el excedente de bosque denso alto se encuentra ubicado en presencia de andisoles por lo cual se encuentra en subuso ya que no está aprovechando el potencial del suelo, cabe recalcar que este tipo de suelo cuenta con una alta cantidad de nutrientes y materia orgánica lo que indica que es apto para cualquier tipo de cultivo.

Por último, los pastos limpios presentan un sobreuso lo cual repercute en la fragmentación de suelo a largo plazo, se recomienda en cambio progresivo del pasto kikuyo por una especie nativa que favorezca y aproveche las propiedades del suelo sin sobreexplotarlo. Este humedal presenta un tensor ambiental relevante que son las conexiones erradas identificadas dentro del mapa y hace referencia a vertimientos de uso doméstico por lo cual se plantean una serie de estrategias con el fin de minimizar el impacto sobre el ecosistema.

8.2.2.1 Uso y manejo de los suelos del Humedal La Conejera

En el humedal la conejera se plantea un uso y manejo para el orden histosoles a partir de buenas prácticas con un uso óptimo del agua en la implementación de cultivos, esto requiere un drenaje previo, aunque tras él se produce una oxidación del material orgánico que suele llevar consigo una impermeabilización del suelo, así como una pérdida de espesor por la mineralización relacionada con la profundidad a la que se establece el drenaje, otra variable que influye es la temperatura ya que presenta una relación directamente proporcional con la mineralización. Cuando el material orgánico está alterado luego de realizar el drenaje se tiende a una desecación irreversible con un fuerte aumento del carácter hidrófobo y eso repercute en la compactación del suelo. Debido a su baja densidad aparente se facilitan los cultivos de: cebollas, patatas, zanahorias y verduras debido a que permite un desarrollo adecuado de la raíz.

Para los suelos andisoles de este humedal se propone la siembra de las especies: chusque el cual cumple la función de mantener la humedad en el área ayudando a la conservación y mejora de uso del suelo, raque la cual funciona como fuente de alimento para insectos y aves, aliso ya que contribuye a mejorar la infiltración del suelo, demarca la zona de protección y conservación además sirve como especie ornamental, por último el tibar que aporta nitrógeno al suelo y sirve como fuente de alimento para la fauna del humedal.

En cuanto los alfisoles y entisoles se recomienda realizar buenas prácticas agrícolas como siembra de pasto mejorado ya que evita la erosión y aplicar abonos completos los cuales tiene un contenido de fósforo, nitrógeno y potasio, así mismo estos suelos

son utilizados para actividades agrícolas de ciclo corto como: café, raíces y tubérculos, esto debido a que son suelos relativamente nuevos. En cuanto al manejo al ser un suelo con propiedades arcillosas se propone añadir compost con el fin de unir la arcilla con el humus y aumentar la porosidad del suelo.

Tabla 15 Uso y manejo de los suelos del Humedal La Conejera

LA CONEJERA					
Orden	Tipo de vegetación	Muestra	Clase	Estado de aprovechamiento	Aprovechamiento optimo
histosol	Veg.sec.baja	VS1	Clase 6	APROVECHAMIENTO OPTIMO	Los histosoles tienen un alto contenido de materia orgánica, pero al ser zonas pantanosas no se recomienda el desarrollo de la agricultura, su importancia ecológica radica en el almacenamiento de carbono ya que contribuye a la reducción de dióxido de carbono de la atmosfera
histosol	Veg.sec.baja	VS2			
histosol	Pastos. Limpios	PA1		SOBREAPROVECHAMIENTO	
Andisol	Bos.den.alto	CB1	Clase 1	SUBAPROVECHADO	Los suelos andosoles permiten variedad de cultivos: caña de azúcar, tabaco, papa, té, vegetales, trigo y arroz, entre otros. Estos suelos son una fuente esencial de alimentos, además de ser sustento de valiosos ecosistemas como lo son paramos y humedales, los cuales proveen de nutrientes y les permiten regular su ciclo hídrico.
Alfisol	Bos.den.alto	CB2	Clase 3	APROVECHAMIENTO OPTIMO	Este suelo es arcilloso y el uso adecuado es cultivos de ciclo corto como arveja, papa y hortalizas, además de esto se puede utilizar para cultivo de forraje
Entisol	Bos.den.alto	CB3	Clase 6	APROVECHAMIENTO OPTIMO	Estos suelos al tener poco desarrollo no son recomendables para realizar actividades agrícolas, una labranza inadecuada puede ser causal de una erosión en el suelo, se recomienda realizar prácticas de agro conservación y si se cuenta con un sistema de riego podría utilizarse para la siembra de arroz inundado. Cuando estos Entisoles presentan fuerte hidro morfismo, podrían estar asociados a ecosistemas de humedal. Estos suelos deben ser manejados y utilizados generalmente para protección o regeneración natural de bosques

Fuente: Los autores

Como se evidencia en tabla 12 el humedal la conejera cuenta con un sobre aprovechamiento en la muestra PA1 lo que indica es que este punto del humedal existe una saturación del suelo con especies de pastos invasivos como lo es el Pasto Kikuyo, esto se ve reflejado gracias a sus agresivos estolones y rizomas con los que penetra la tierra, permitiéndole formar rápidamente forrajes más densos, por

lo anterior fácilmente pueden llegar a suprimir otras especies, es importante tener en cuenta que dicho forraje tiene la capacidad de trepar inhibiendo la luz solar y el aprovechamiento de nutrientes así mismo el pasto Kikuyo produce toxinas que funcionan como un herbicida natural ya que elimina a otras plantas que están en competencia, incluso puede llegar a acabar con pequeños árboles que se encuentren a su alrededor.

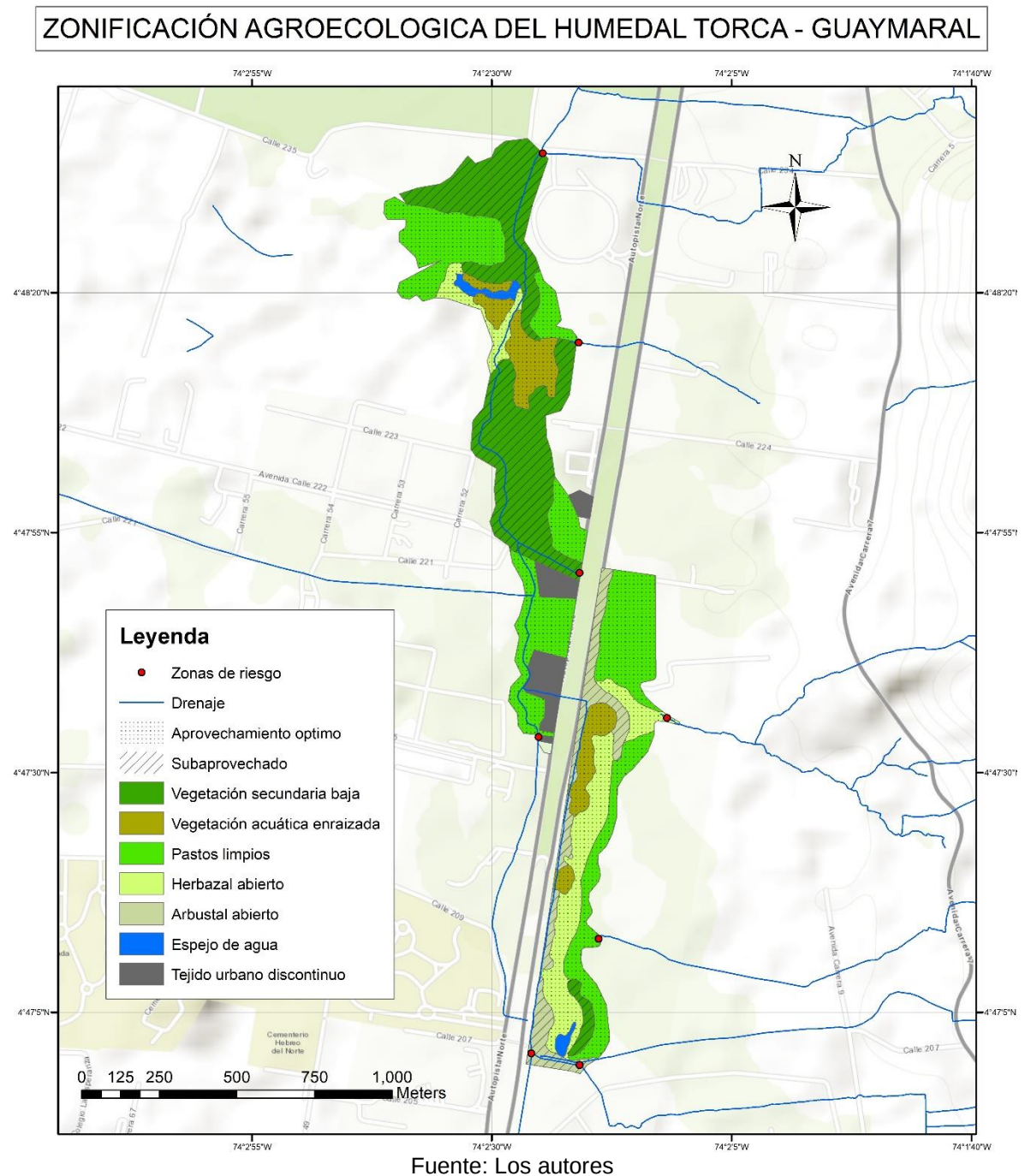
Es importante tener en cuenta la clase de suelo que se presenta para esta muestra, la cual nos arroja un resultado de clase 6, lo que nos indica que es un suelo que presenta limitaciones severas que son suelos aptos únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos así mismo si se quiere implantar la agricultura en dichos suelos deberá desarrollarse bajo sistemas de manejo que incluyan: prácticas de conservación de suelos tanto mecánicas como hídricas, con cultivos adaptados a las condiciones ambientales de la región, con cobertura rastrera y de sombrío.

Por ultimo un aspecto relevante es que dicha muestra cuenta con un suelo de orden histosol lo que nos indica que es un suelo saturado de agua y presenta una gran capacidad de retención, uno de los principales aspectos a tener en cuenta es que dichos suelos cuentan con una alta composición de materia orgánica, por lo anterior se propone practicas relacionadas con el manejo del agua, realizando drenajes previos los cuales usan para retener el agua de escorrentía, que proviene de las partes altas del terreno y favorecer el drenaje superficial del suelo, la protección y estabilización de taludes y su vez permitir el establecimiento de barreras vivas.

Por otro lado observamos que la muestra CB1 cuenta con un sub aprovechamiento del suelo lo que nos indica que el suelo podrá optimizar su uso, para este caso en particular contamos con un orden de suelo como lo es el Andisol, dicho orden de suelo es de suma importancia debido a que poseen un alto de contenido de materia orgánica, capacidad de fijación del fósforo y una excelente capacidad para la retención de agua, por lo anterior es un suelo muy aprovechable para cualquier tipo de cultivo, para preservar--- dicho orden se tiene en cuenta un manejo preventivo como lo es: Encalar suave para favorecer mineralización, adicionar fosforo para favorecer mineralización, adicionar amoniaco para evitar lavado, y si e suelo se encuentra desnudo se recomienda el uso de cobertura y uso de leguminosas con cal.

8.2.3 Zonificación agroecológica del Humedal Torca – Guaymaral

Ilustración 26: Zonificación agroecológica del Humedal Torca - Guaymaral



En la ilustración 20 se identifica como la cobertura de pastos limpios y herbazal abierto se encuentra en uso óptimo ya que aprovecha cada una de la propiedades que ofrece el suelo sin embargo se puede mejorar con el cambio progresivo del pasto actual a una especie nativa y la implementación de un abono completo con

fósforo, nitrógeno y potasio, este humedal tiene suelo con un alto potencial agrícola por lo cual en general presenta un sub uso de suelo para esto se recomienda implementar como alternativa cultivos mixtos ya que favorece el servicio de abastecimiento y regulación. El humedal tiene ocho zonas de riesgo a consecuencia de la acumulación de sedimentos por los drenajes que desembocan.

8.2.3.1 Uso y manejo suelos del Humedal Torca - Guaymaral

Este humedal cuenta con un aprovechamiento óptimo en su suelo inceptisol ya que tiene presencia de pastizales, sin embargo, se recomienda que cultivar pasto nativo para un mayor aprovechamiento del suelo y evitar una fragmentación a largo plazo, además de esto se pueden plantar árboles para retener el suelo junto con sus nutrientes. Para los histosoles al ser un suelo con un pH bastante ácido es necesario hacer un lavado para alcalinizar el suelo y proponer un nuevo manejo como cultivos de cebollas, patatas, zanahorias y verduras esto principalmente para aprovechar su materia orgánica y porque su textura permite el desarrollo de la raíz de estos cultivos.

Este humedal tiene el aprovechamiento óptimo para cultivos de ciclo corto ya que tiene presencia de alfisoles que a pesar de ser suelos arcillosos tiene un buen contenido de materia orgánica por lo cual se recomienda sembrar arveja, papa y hortalizas que cumplen además con el clima de la zona. Los andisoles del humedal tienen un uso óptimo ya que contiene gran cantidad de nutrientes y materia orgánica que sirven para establecer diferentes cultivos y aprovechar al máximo su capacidad, su uso actual es de pastizales los cuales absorben gran cantidad de nutrientes, en este caso lo recomendable es cambiar progresivamente el pasto invasor por especies nativas de la zona, por último los entisoles se recomienda implementar pastos mejoras y aplicar abono completos para aportar una buena cantidad de nutrientes al suelo y aprovechar para cultivos de ciclo corto.

Tabla 16 Uso y manejo de los suelos del Humedal Torca - Guaymaral

TORCA - GUAYMARAL					
ORDEN	COBERTURA	Muestra	Clase	Estado de aprovechamiento	Aprovechamiento optimo
Inceptisol	Arbustal abierto	M1	Clase 4	SUBAPROVECHADO	Este orden de suelo es utilizado para el aprovechamiento forestal, también suelen encontrarse praderas y aprovecharse para cultivos agrícolas tipo arbustal
Inceptisol	Arbustal abierto	M2			
Inceptisol	pastos	M9		APROVECHAMIENTO OPTIMO	
Inceptisol	veg.sec.baja	M18			
Histosol	Herbazal abierto	M4	Clase 6	SUBAPROVECHADO	Los histosoles tienen un alto contenido de materia orgánica, pero al ser zonas pantanosas no se recomienda el desarrollo de la agricultura, su importancia ecológica radica en el almacenamiento de carbono ya que contribuye a la reducción de dióxido de carbono de la atmosfera
Histosol	veg.sec.baja	M12			

Alfisol	Herbazal abierto	M5	Clase 3	SUBAPROVECHADO	Este suelo es arcilloso y el uso adecuado es cultivos de ciclo corto como arveja, papa y hortalizas, además de esto se puede utilizar para cultivo de forraje
Andisol	pastos	M7	Clase 1	APROVECHAMIENTO OPTIMO	Los suelos andosoles permiten variedad de cultivos: caña de azúcar, tabaco, papa, té, vegetales, trigo y arroz, entre otros. Estos suelos son una fuente esencial de alimentos, además de ser sustento de valiosos ecosistemas como lo son paramos y humedales, los cuales proveen de nutrientes y les permiten regular su ciclo hídrico.
Andisol	pastos	M8			
Andisol	pastos	M13			
Entisol	Herbazal abierto	M15	clase 6	APROVECHAMIENTO OPTIMO	Al tener poco desarrollo no son recomendables para realizar actividades agrícolas, una labranza inadecuada puede ser causal de una erosión en el suelo, se recomienda realizar prácticas de agro conservación y si se cuenta con un sistema de riego podría utilizarse para la siembra de arroz inundado.

Fuente: Los autores

Como se observa en la tabla 13, las coberturas de arbustal abierto se encuentran en estado de subaprovechamiento por tal motivo se recomienda la implementación de estrategias que logren su aprovechamiento óptimo, tales como la siembra con fines forestales o agrícolas; de igual manera para la cobertura de herbazal abierto, se recomienda su aprovechamiento óptimo, siendo esta agricultura de tipo estacional no permanente con bajos requerimientos. Para las demás coberturas se identificó que su estado de aprovechamiento es óptimo por lo que para estas zonas se recomienda la preservación y conservación del estado, garantizando coberturas de suelo bajas (pastos nativos), con el fin de prevenir erosión y lavado de materia orgánica y nutrientes.

9. IMPACTO SOCIAL Y HUMANISTICO DEL PROYECTO

El impacto social y humanístico del presente estudio radica en exponer la importancia del ecosistema de humedal en la capital con el fin de afianzar el vínculo entre humano y naturaleza que se ha perdido a lo largo del tiempo debido a la falta de conocimiento, al resaltar los múltiples beneficios no solo ambientales sino a nivel cultural se busca que la comunidad se apropie de los espacios que traen consigo un impacto ambiental negativo y progresivamente ver una mejora en el cuidado y acogida por parte de la comunidad. Con la información presente en el documento se puede implementar un programa gubernamental de capacitación y actividades lúdicas que se pueden realizar a niños y jóvenes para que desde pequeños se inculque la responsabilidad ciudadana y evitar que la fragmentación aumente.

Este estudio se puede implementar como referente para hacer un plan de manejo ambiental, para un plan de ordenamiento territorial y para investigaciones que requieran manejo, uso de suelo y estrategias de conservación de servicios ecosistémicos debido a que todo lo planteado en el documento corresponde al diagnóstico y análisis de datos actualizados obtenidos en campo

10 CONCLUSIONES

- A partir de la zonificación agroecológica se logra identificar el aprovechamiento óptimo y la capacidad que ofrece el suelo para aprovechar sus facultades de manera sostenible, sin embargo, los humedales del estudio son áreas dispuestas para la conservación por lo cual antes de implementar cualquier estrategia se requiere un estudio detallado de uso para analizar y en dado caso implementar buenas prácticas.
- Se evidencio que los tres humedales de estudio presentan un alto grado de fragmentación del ecosistema al punto de reducir en más del 50% su área inicial a causal de acciones antrópicas como es el caso del Santa María del Lago, a su vez la introducción de especies invasoras repercute en el desarrollo de la biodiversidad nativa, alteraciones en el hábitat de las especies y la cadena trófica, además dificulta la implementación de un plan de restauración y manejo a corto plazo.
- Se concluye a partir de la matriz de servicios ecosistémicos que el servicio con mayor alteración en los humedales es el servicio de apoyo, específicamente el reciclaje de agua, el cual hace referencia a las alteraciones al ciclo de agua, esto se ve reflejado en la introducción de especies invasoras de vegetación acuática y al proceso de arrastre de material lo cual produce eutrofización. Se han planteado estrategias como la bifurcación del espejo de agua y el recambio del junco para favorecer el hábitat de las especies de aves acuáticas sin embargo no se evidencia la implementación de dichas estrategias.
- Con base en la evaluación de servicios ecosistémicos y clasificación de capacidad de uso se logró determinar principalmente cuatro estrategias para el humedal Santa María del Lago: La primera es promover el interés e importancia de la conservación y restauración del ecosistema dentro de la comunidad generando un programa en donde se facilite la participación de la comunidad y se apropien de este espacio, La segunda es dejar los sedimentos que tiene el suelo bien sean introducidos o generados de manera natural ya que estas retienen nutrientes importantes para la microbiota del suelo, la tercera es el control de las especies invasoras para que no aumente su población de manera exponencial y por último se propone no depositar materiales de concreto dentro del humedal ya que genera una compactación del suelo impidiendo el crecimiento de la cobertura vegetal y por último, se propone es realizar mantenimiento en la zona de juncal para permitir la recirculación del agua
- A partir de la evaluación de servicios ecosistémicos y la clasificación de capacidad de uso se logró determinar principalmente cuatro estrategias para el humedal, la primera de estas es hacer la identificación de las conexiones erradas con el fin de cuantificarlas y de acuerdo al grado de incidencia realizar una capacitación a nivel local que aborde buenas prácticas de la red de alcantarillado, la segunda es realizar un mantenimiento de la zona de juncal y tener en cuenta

un diseño de islas irregulares con el fin de asemejar las condiciones naturales para propiciar la recirculación del agua y la mejora del hábitat para la reproducción de aves acuáticas, la tercera es hacer un tratamiento para las aguas residuales con dos especies nativas u originarias de ecosistemas de humedal, por último, se propone implementar terrazas para el control de la erosión ya que reduce la velocidad de arrastre de materiales, mejora la infiltración y contribuye al aumento del agua disponible en el perfil de suelo

- Con base en la evaluación de servicios ecosistémicos se plantearon siete estrategias, la primera es adoptar un protocolo para la evaluación de las emisiones y llevar un seguimiento, la segunda es la identificación de los vertimientos para corregir las conexiones erradas, además de elaborar las fichas técnicas correspondientes que lleven a un control total de estos drenajes, la tercera es reportar con las autoridades ambientales los actos ilícitos que ponen en riesgo el bienestar del humedal, la cuarta es el correcto mantenimiento de la malla vial e implementar un diseño de recuperación y preservación ecológica, la quinta es implementar una barrera de protección en las áreas donde se están acumulando residuos sólidos y gestionar proyectos de apropiación territorial a partir de capacitación ciudadana dirigida a la conservación y recuperación, la sexta consiste en jornadas de sensibilización a los propietarios de animales domésticos, control de animales callejeros y por último controlar los niveles de ruido en la zona.

11 RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de este documento como insumo en la investigación a nivel distrital y académico con el fin de fomentar la implementación de buenas prácticas y nuevas estrategias de conservación desarrollando programas de concientización sobre la importancia de conservar estos ecosistemas.

Se recomienda hacer un sondeo de polinizadores para identificar qué especies se ven afectadas y de esta forma poder cuantificar el impacto ambiental actual.

Se requiere hacer un estudio de calidad de agua para identificar claramente los componentes que producen la contaminación del recurso hídrico y darle un manejo adecuado para aumentar el número de especies de aves acuáticas que anidan en la vegetación acuática enraizada del humedal.

12 BIBLIOGRAFIA

- Acueducto aguas y alcantarillado de Bogotá. (2019). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS HUMEDALES DE TORCA Y GUAYMARAL*.
- Acueducto Aguas y Alcantarillado de Bogotá. (2019). *Plan de Manejo Ambiental Humedal La Conejera Plan de Acción*.
- Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2006). *Plan de Manejo Ambiental Humedal La Conejera*.
- Aguilar Trujillo, L. F. (2014). *Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). *Protocolo de uso turístico y no turístico en el Parque Ecológico Distrital de humedal Santa María Del Lago*. www.naturalezaypatrimonio.com
- Arango Pulgarin, D. (2019). *Humedales, aliados del aire en Bogotá*. <https://plazacapital.co/zona-eco/3831-humedales-aliados-del-aire-en-bogota>
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2007). *Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos*. www.isiknowledge.com
- Bernal Caicedo, J. S., & Rojas Jiménez, N. (2017). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS HUMEDALES ARTIFICIALES DE FRIGOCAFÉ*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Cancillería. (2021). *Convención Ramsar sobre Humedales de Importancia Internacional*. <https://www.cancilleria.gov.co/convencion-ramsar-sobre-humedales-importancia-internacional>
- Caro Barajas, A. F. (2018). *ANÁLISIS DE LOS TENSORES AMBIENTALES DEL HUMEDAL CÓRDOBA*. Universidad Francisco José de Caldas.
- Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como habitat de aves acuáticas - la convención de Ramsar*. (2015). <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>.
- Díaz Duarte, J. F. (2020). *LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE SOPORTE Y REGULACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA LA INTERVENCIÓN URBANÍSTICA DE HUMEDALES*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Eduardo Martínez, H., Juan Pablo Fuentes, E., & Edmundo Acevedo, H. (2008). *CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO*. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- FAO. (2018a). *Alimentación y agricultura sostenibles*. <https://www.fao.org/sustainability/news/detail/es/c/1279267/>
- FAO. (2018b). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Farfán Valencia, F. (2020). *Sistema de producción: Conceptos y definiciones*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4228/1/Cap1.pdf>
- Fernández, R. J., & Trillo, N. (2005). *La textura del suelo como fuente de heterogeneidad; sus efectos sobre la oferta de agua para las plantas*. https://www.researchgate.net/publication/319872937_La_textura_del_suelo_como_fuente_de_heterogeneidad_sus_efectos_sobre_la_oferta_de_agua_para_las_plantas

- Fundación Humedales Bogotá. (2021). *Humedal Torca - Guaymaral*. <https://humedalesbogota.com/humedal-torca-guaymaral/>
- Gómez Giraldo, J. C. (2013). *MANUAL DE PRÁCTICAS DE CAMPO Y DEL LABORATORIO DE SUELOS*.
- Henao Echeverría, S. E., Carabalí Altamirano, D. F., González Escobar, L. A., & Marmolejo, L. C. (2018). Estudio comparado de los servicios ecosistémicos de los humedales Guarinó y Cauquita, en el Valle del Cauca (Colombia). En *Ambiente y Desarrollo* (Vol. 22, Número 43). Editorial Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.AYD22-43.ECSE>
- Herrera Arango, M. A., Sepúlveda Lenis, M. V., & Aguirre Ramírez, N. J. (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). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/13973>
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático. (2018). *CARACTERIZACIÓN GENERAL DE ESCENARIO DE RIESGO POR CONTAMINACIÓN DE ECOSISTEMAS*.
- Lara Borrero, J. A., & Martelo, J. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte*.
- López barrera, E. A., Plata Rangel, A. M., & Fuentes Cortes, M. (2015). *HUMEDAL TORCA-GUAYMARAL: INICIATIVAS PARA SU CONSERVACIÓN* [Universidad Sergio Arboleda]. www.usergioarboleda.edu.co
- Martin Gange, J., & Davrieux, R. (2015). *¿ COMO CONSERVAR EL SUELO ?*
- Mendoza Rodríguez, T. (2015). *Análisis de instrumentos relativos al ordenamiento territorial pertinente para la caracterización de los humedales en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Minambiente. (2018). *INICIATIVA COLOMBIANA DE POLINIZADORES*.
- Minambiente. (2021). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE*.
- Morales Mejía, D. J. (2018). *ANÁLISIS MULTI TEMPORAL DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA COBERTURA DEL SUELO PARA EL HUMEDAL DE SANTA MARÍA DEL LAGO (BOGOTÁ, D.C.) EN LOS AÑOS DE 1952, 1990 Y 2014*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Ramsar. (2006). *¿Qué son los humedales?* www.ramsar.org
- Rincón Gualteros, S. (2018). *ZONIFICACIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA DEL PÁRAMO DE SOCOTÁ-BOYACÁ SECTOR PARQUE NATURAL NACIONAL PISBA*. Universidad Santo Tomas.
- Secretaria de ambiente. (2021). *INFORME ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE LA BIODIVERSIDAD AÑO 2021 DEL PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL DE HUMEDAL CONEJERA*.
- Secretaria de Planeación. (2020). *PROCESO DE REVISIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ D. C.* https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/11_suba_-_diagnostico_pot_2020_version_2.pdf
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2009). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PED HUMEDAL SANTA MARIA DEL LAGO*.
- Secretaria distrital de medio ambiente. (2021). *INFORME ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE LA BIODIVERSIDAD AÑO 2021*

*DEL PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL DE HUMEDAL TORCA –
GUAYMARAL.*

Universidad Nacional de la Plata. (2018). *El suelo, un iniverso invisible*.

Viota Fernández, N., & Maraña Saavedra, M. (2010). *Servicios de los ecosistemas y bienestar humano : la contribución de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*.

<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/ecosistemas-bienestar-humano.aspx>

13. ANEXOS

ANEXOS 1: VALORACION DEL pH

Valoración del pH	
<4.0	Extremadamente ácido
4.0 - 4.9	Fuertemente ácido
5.0 - 5.9	Moderadamente ácido
6.0 - 6.9	Ligeramente ácido
7.0	Neutro
7.1 - 8.0	Ligeramente alcalino
8.1 - 9.0	Moderadamente alcalino
9.1 - 10.0	Fuertemente alcalino
> 10.1	Extremadamente alcalino

Fuente: Manual de procedimientos de laboratorio para suelos.

ANEXOS 2 Metodología para el análisis de laboratorio

- pH: Para la medición del pH se preparó una solución 1:1 de suelo y agua, se mezcla hasta obtener una solución homogénea para posteriormente introducir el pHmetro, finalmente se esperó hasta que el equipo se estabilizó y se tomó el valor.
- Textura: La determinación de la textura se realizó mediante el método de Bouyoucos o del hidrómetro, el cual se fundamenta en la densidad del medio, que varía dependiendo de la cantidad de partículas en suspensión.
Se inició llevando a un vaso de precipitados 50 gramos de suelo, al cual se agregaron 200 ml de agua y 10 ml de dispersante (hexametáfosfato de sodio 1N) y se dejó reposar durante 15 minutos, posteriormente se llevó a un agitador por 10 minutos, acabado esto, se lleva a una probeta de 1000 ml, teniendo cuidado de no dejar nada de la solución en el vaso del agitador, se procede a llenar la probeta hasta su máximo volumen (1000 ml), se tapó y agitó durante 25 segundos aproximadamente, para finalmente registrar el tiempo $t=0$ para sumergir el hidrómetro y registrar las mediciones a los tiempos establecidos (40 segundos y 2 horas), para posteriormente calcular el porcentaje de arena, arcilla y limos mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Arena total } (A) = 100 - \left(\frac{L_{40''}}{(pss - pss * \% \text{ humedad})} \times 100 \right)$$

$$\% \text{ Arcilla total } (Ar) = 100 * \left(\frac{L_{2h}}{(pss - pss * \% \text{ humedad})} \times 100 \right)$$

$$\% \text{ limos } (L) = 100 - (\% \text{ Arenas} + \% \text{ Arcillas})$$

Donde:

Arena = Partículas de 2 a 0.05 mm de diámetro

Arcilla = Partículas menores a 0.002 mm de diámetro

Limo = Partículas de 0.05 a 0.002 mm de diámetro

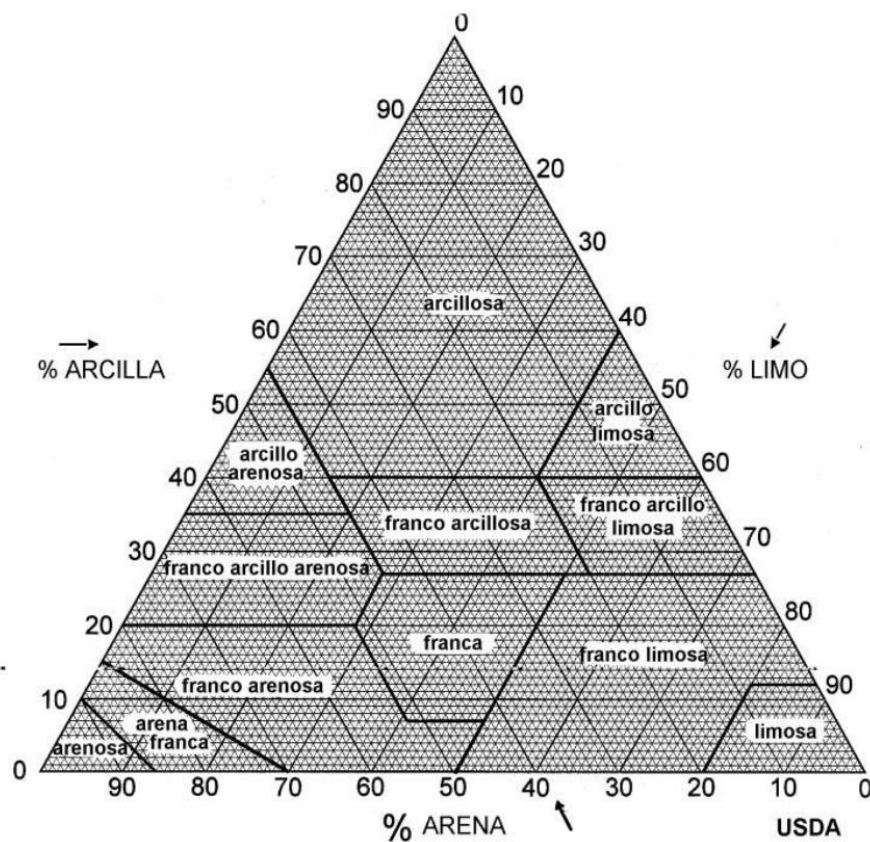
Lc 40" = Lectura hidrómetro a los 40 segundos

Lc 2h = Lectura hidrómetro a las 2 horas

Pss = Peso de suelo seco a 105 °C, en g

Posteriormente se identificó la textura mediante el triángulo textural siguiente.

Ilustración 27: Diagrama triangular de las clases texturales



Fuente: Manual de procedimientos de laboratorio para suelos.

- Densidad real o de partículas: Para la determinación de la densidad se inició pesando el picnómetro completamente seco, a este se agregan aproximadamente 2 gramos de suelo seco y se pesa de nuevo, luego, se agrega $\frac{1}{3}$ de su volumen con agua destilada, se agitó constantemente con el fin de homogeneizar y eliminar las burbujas de aire, posteriormente se llenó completamente y se pesó, finalmente se vació el contenido, se llenó completamente con agua y se pesó, los datos obtenidos durante el proceso se introducen en la siguiente ecuación para la determinación de la densidad.

$$D_s = \left(\frac{(M_{pss} - M_{pv}) D_w}{(M_{pw} - M_{pv}) - (M_{pssw} - M_{pss})} \right) \times 100$$

Donde:

D_s = Densidad de las partículas o densidad específica, en g/cc

D_w = Densidad del agua

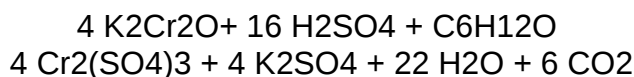
M_{pv} = Masa del picnómetro seco

M_{pss} = Masa del picnómetro más suelo seco

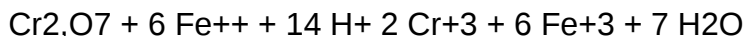
M_{pssw} = Masa del picnómetro más suelo, lleno de agua

M_{pw} = Masa del picnómetro lleno de agua

- Carbono orgánico: El método de Walkley Black o de combustión húmeda del carbono se basa en la reducción del anión dicromato y posterior evaluación de dicromato no reducido, se fundamenta en la siguiente ecuación de óxido reducción:



La determinación consiste en la oxidación del carbono orgánico por una mezcla oxidante de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). Normalmente, con esta técnica se utiliza una solución de sulfato ferroso ($FeSO_4$ o Sal de Mohr), de concentración conocida, y la difenilamina como sustancia indicadora del punto de equivalencia o punto final, esto de acuerdo a la reacción de óxido reducción siguiente (Kolthoff et.al., 1965):



Se pesaron 0.2 gramos de suelo seco directamente en un Erlenmeyer de 125 o 250 ml, luego se agregó 5 ml de dicromato de potasio 2N, se homogeneizó la mezcla agitando suavemente en círculos, luego se agregó 10 ml de ácido sulfúrico (esta reacción genera calor, por lo que debe dejarse enfriar), luego se agregaron 50 ml de agua destilada y 5 gotas del indicador (ortofenantrolina y agitar por último titular con sulfato ferroso amoniacal (fas) 0.5N y registrar el valor.

$$C.O=(V-B)*N*0.003*(100+pw)pm$$

Donde:

C.O.= Carbono Orgánico del suelo (%)

V = Volumen promedio de solución de Sulfato Ferroso (FAS) empleado en el blanco (ml)

B = Volumen de solución de Sulfato Ferroso empleado en la muestra (ml)

N = Normalidad de la solución de Sulfato Ferroso amónico

0.003 = Peso de un meq de carbono (g)

pw = Porcentaje de humedad analítica del suelo (si se tiene el dato).

pm = Peso de la muestra de suelos (g)

Para determinar el contenido de carbono orgánico a partir del contenido de materia orgánica usar la siguiente ecuación:

$$\% C. O = \% M.O * 1.724$$

Donde

% C.O = Contenido de carbono orgánico en porcentaje

% M.O = Contenido de materia orgánica en porcentaje

1.724 = Factor de conversión

- Presencia de andosoles: Para la determinar la presencia de andosoles se tomaron trozos pequeños de papel filtro empapados con fenolftaleína y se agregó sobre el aproximadamente 0.1 gramos de suelo, luego se agregaron 2 gotas de fluoruro de sodio, por último, las muestras que tomaron un color fucsia fueron determinadas con presencia de andosoles