

DETERMINACIÓN ESTRUCTURAL DE LA COMUNIDAD DE MACROFITAS DEL
HUMEDAL JABOQUE Y SU INTERACCIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA COMO
HERRAMIENTA PARA LA SOLUCIÓN DE LA TENDENCIA A LA
EUTROFIZACIÓN

PRESENTADO POR:

DAVID LEONARDO PAEZ SALAMANCA

SEBASTIAN ROPERO ROJAS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÒN DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTA D.C

2021

DETERMINACIÓN ESTRUCTURAL DE LA COMUNIDAD DE MACROFITAS DEL
HUMEDAL JABOQUE Y SU INTERACCIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA COMO
HERRAMIENTA PARA LA SOLUCIÓN DE LA TENDENCIA A LA
EUTROFIZACIÓN

PRESENTADO POR:

DAVID LEONARDO PAEZ SALAMANCA

SEBASTIAN ROPER ROJAS

PROYECTO DE GRADO PARA LA DETERMINACIÓN ESTRUCTURAL DE LA
COMUNIDAD DE MACROFITAS DEL HUMEDAL JABOQUE Y SU INTERACCIÓN
CON LA CALIDAD DEL AGUA COMO HERRAMIENTA PARA LA SOLUCIÓN DE
LA TENDENCIA A LA EUTROFIZACIÓN

DIRECTORA:

LILIANA SALAZAR LÓPEZ

BIOLOGA

MSc. EN SANEAMIENTO Y DESARROLLO AMBIENTAL

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DIVISIÒN DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTA D.C

2021

1. Tabla de contenido

2.	RESUMEN	8
3.	ABSTRACT	9
4.	INTRODUCCIÓN	10
5.	OBJETIVOS	11
5.1.	Objetivo General	11
5.2.	Objetivos Específicos.....	11
6.	ANTECEDENTES	12
7.	MARCO TEÓRICO.....	15
7.1.	Humedal Jaboque.....	15
7.1.1.	Clima.....	16
7.1.2.	Geología	16
7.1.3.	Suelos	16
7.1.4.	Hidrología	16
7.1.5.	Flora.....	17
7.1.6.	Fauna	18
7.2.	Humedales.....	18
7.2.1.	Clasificación de Humedales.....	18
7.3.	Macrófitas	19
7.3.1.	Clasificación de Macrófitas.....	19
7.4.	Macrófitas como Bioindicadores.....	20
7.5.	Importancia Ecológica de las Macrófitas.....	20
7.6.	Calidad del agua	20
7.6.1.	Índices de Calidad del Agua (ICAS)	21
7.6.2.	Índice de Contaminación Tráfico (ICOTRO).....	21
7.6.3.	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	21
7.6.4.	Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	22
8.	METODOLOGÍA.....	23
8.1.	ETAPA I: REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	23
8.2.	ETAPA II: EJECUCIÓN	24
8.2.1.	Fase de Reconocimiento	24
8.2.2.	Sectorización del Humedal.....	24
8.2.3.	Premuestreo.....	24

8.2.4.	Muestreo	25
8.3.	ETEPA III: FASE DE CAMPO	27
8.3.1.	Muestreo de Agua	27
8.3.2.	Determinación de Macrófitas	29
8.3.3.	Determinación de la Composición Florística	29
8.3.4.	Porcentaje de Cobertura	29
8.3.5.	Estructura dinámica de las macrófitas	30
8.3.6.	Danserogramas	30
8.3.7.	Índices de diversidad	33
8.3.8.	Índice de Shannon-Weiner	33
8.3.9.	Índice de Simpson	34
8.3.10.	Índice de Margalef.....	34
8.3.11.	Índice de Menhinick	35
8.3.12.	Índice de Berger Parker	35
8.3.13.	Correlación de spearman	35
9.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTASDOS	36
9.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROFITAS DEL HUMEDAL JABOQUE.....	36
9.2.	Sectorización del Humedal - Biotopos	42
9.3.	Composición Florística	42
9.4.	Danserogramas	48
9.5.	LOS BIOTOPOS Y LAS ASOCIACIONES TIPO DEL HUMEDAL.....	49
9.6.	Evaluación de la calidad del agua por medio de índices de calidad (ICAs).	51
9.6.1.	Calidad del agua	51
9.6.2.	ANÁLISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA.....	51
9.6.3.	Temperatura:.....	52
9.6.4.	Oxígeno Disuelto	53
9.6.5.	pH	55
9.6.6.	Conductividad.....	56
9.6.7.	Sólidos Suspendidos Totales	57
9.6.8.	DQO	58
9.6.9.	Fosforo Total	60
9.6.10.	Coliformes Fecales Y Totales	61
9.6.11.	Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO).....	63

9.6.12.	Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).....	64
9.6.13.	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	66
9.6.14.	Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	67
9.7.	Determinación de la calidad del agua ICA.....	68
9.8.	Establecer la relación entre las macrófitas y la calidad del agua por medio de herramientas estadísticas (PAST & R-STUDIO).	71
9.8.1.	Correlación de spearman	71
10.	IMPACTO SOCIAL, HUMANISTICO DEL PROYECTO.....	73
11.	CONCLUSIONES	75
12.	RECOMENDACIONES	77
13.	Referencias.....	78

LISTA DE TABLAS

	Pag
TABLA1. Parámetros ICOTRO.....	11
TABLA 2. Actividades realizadas en las salidas de campo.....	15
TABLA 3. Fechas de muestreo Humedal Jaboque.....	16
TABLA 4. Puntos de muestreo Humedal Jaboque.....	17
TABLA 5. Escala de % de cobertura según la abundancia de cada especie.....	20
TABLA 6. Simbología según clasificación.....	22
TABLA 7. Rango de altura de las macrófitas.....	22
TABLA 8. Simbología según su función.....	22
..	
TABLA 9. Simbología según forma de la hoja.....	23
TABLA 10. Simbología según textura.....	23
TABLA 11. Simbología según cobertura.....	23

TABLA 12. Clasificación de especies por código.....	24
TABLA 13. Unidades de cobertura de la tierra de acuerdo a la metodología CORINE Land Cover, adaptada para el estudio del Humedal Jaboque.....	25
TABLA 14. Descripción morfológica según macrófitas.....	28
TABLA 15. Presencia de las especies de macrófitas en los sectores del humedal.....	31
TABLA 16. Porcentaje de cobertura por zonas.....	36
..	
TABLA 17. Composición Florística del Humedal Jaboque por porcentaje de cobertura.....	39
TABLA 19. (Calidad Del Agua) Aspectos fisicoquímicos.....	46
TABLA 20. Convenciones por colores.....	46
TABLA 21. (Temperatura (°C)).....	46
TABLA 22. (Oxígeno Disuelto (mg/l)).....	48
TABLA 23. (Unidades de pH)	50
TABLA 24. (Conductividad eléctrica (µS/cm)).....	51
.	
TABLA 25. (sólidos Suspendedos Totales (Mg/l)).....	52
TABLA 26. (Demanda química de oxígeno (mg/l)).....	53
TABLA 27. (Fósforo Total (mg/l)).....	55
TABLA 28. (Coliformes Fecales Totales (NMP/100ml)).....	57
TABLA 29. Índice ICOTRO.....	59
TABLA 30. Calificación según tercio (ICOTRO).....	60
TABLA 31. índice de contaminación por mineralización.....	62
TABLA 32. clasificación del Índice (ICOMI).....	63
TABLA 33. Índice de contaminación por solidos suspendidos.....	64
TABLA 34. Clasificación según el índice (ICOSUS).....	64
TABLA 35. Índice de contaminación por materia orgánica.....	65

TABLA 36. Clasificación según el índice (ICOMO).....	66
TABLA 37. índice de calidad del agua ICA Tercio Alto	67
TABLA 38. Clasificación del índice ICA Tercio Alto	67
TABLA 39. Índice de calidad del agua ICA Tercio Medio.....	68
TABLA 40. Clasificación del índice ICA Tercio Medio.....	68
TABLA 41. Índice de calidad del agua ICA Tercio Bajo.....	69
TABLA 42. Clasificación del índice ICA Tercio Bajo.....	70
TABLA 43. Usos del agua según su ICA.....	70

LISTA DE IMÁGENES

	Pag
Imagen 1. Localización del humedal Jaboque.....	19
Imagen 2. Hidrología del humedal Jaboque.....	21
Imagen 3. Mapa ubicación puntos de muestreo.....	32
Imagen 4. Diagrama de perfil propuesto por Dansereau.....	36
Imagen 5. Uso del suelo Humedal Jaboque.....	42
Imagen 6. Cobertura vegetal del Humedal Jaboque.....	43
Imagen 7. Distribución de las macrófitas por tercios del Humedal Jaboque.....	47
Imagen 8. Sector 1 del Humedal Jaboque.....	48
Imagen 9. Sector 2 del Humedal Jaboque.....	49
Imagen 10. Sector 3 del Humedal Jaboque.....	51
Imagen 11. Danserograma Sector 1.....	56
Imagen 12. Danserograma Sector 2.....	56
Imagen 13. Danserograma Sector 3A.....	57
Imagen 14. Danserograma Sector 3B.....	57

2. RESUMEN

El humedal Jaboque esta categorizado como sitio Ramsar por su gran importancia ecológica, los beneficios y/o servicios eco sistémicos que brindan a las diferentes especies de fauna y flora, funcionando como reguladores naturales actuando como esponjas, las cuales filtran las aguas residuales o contaminadas por metales pesados y descomposición de materia orgánica. Este humedal Jaboque es el segundo más importante y con mayor extensión en la ciudad de Bogotá.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar primero la estructura, composición, distribución espacial y porcentaje de cobertura de las macrófitas; por otra parte, se realizó el análisis físico, químico y microbiológico del humedal Jaboque. Teniendo en cuenta estos datos se calculó los Índices de Contaminación de Agua propuestos por Ramírez (ICOTRO, ICOSUS, ICOMO), determinando así el estado trófico del humedal en cada uno de sus 3 sectores: tercio alto, medio y bajo. Este estudio se realizó en las temporadas seca, lluviosa y de transición.

Se realizó un análisis de tipo cualitativo, cuantitativo y estadístico de la comunidad de macrófitas; posteriormente se estableció la relación entre las macrófitas del humedal con los parámetros fisicoquímicos del agua, teniendo en cuenta la dinámica de la calidad del agua como respuesta a la presencia de las macrófitas en cada sector de acuerdo con el comportamiento de éstas a las variaciones del medio. Para esto se empleó un análisis de correspondencia canónica (ACC),

Se identificaron 13 especies de macrófitas *Lemna gibba*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Schoenoplectus californicus*, *Zantedeschia aethiopica*, *Eichhornia crassipes*, *Azolla filiculoides*, *Cyperus papyrus*, *Polypogon elongatus*, *Carex luridiformis*, *Pennisetum clandestinum*, *Bidens laevis*, *Ludwigia peploides*, *Juncus effesus*. Las especies dominantes en los tres sectores del humedal fueron una especie invasora (pasto kikuyo) con un 16,09%, Lenteja de agua (*Lemna gibba*) con un 9,19% y Junco (*Juncus effesus*) con un 4,59%; identificando los biotipos según su forma típica que puede considerarse modelo de su especie.

Se encontró que los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Turbiedad, Fosfatos, Nitratos, Sólidos disueltos totales, DBO5 y Coliformes Totales) indican que el humedal presenta una mala calidad de agua, debido a la elevada carga orgánica, productividad biológica y exceso de nutrientes que éste presenta. Con una tendencia hipertrófica a eutrófica.

Palabras clave: Macrófitas, Calidad del Agua, Correlación de Spearman

3. ABSTRACT

The Jaboque wetland is categorized as a Ramsar site due to its great ecological importance, the benefits and / or eco-systemic services that it provides to the different species of fauna and flora, functioning as natural regulators acting as sponges, which filter wastewater or contaminated by heavy metals and decomposition of organic matter. This Jaboque wetland is the second most important and largest in the city of Bogotá.

The main objective of this research was to first determine the structure, composition, spatial distribution and percentage of coverage of the macrophytes; On the other hand, the physical, chemical and microbiological analysis of the Jaboque wetland was carried out. Taking these data into account, we calculate the Water Pollution Indices proposed by Ramírez (ICOTRO, ICOSUS, ICOMO), thus determining the trophic status of the wetland in each of the 3 sectors of the wetland called upper, middle and lower third. This study was carried out in the dry, rainy and transition seasons.

In the second part of the paper a qualitative, quantitative and statistical analysis of the macrophyte community was carried out; Subsequently, the relationship between the macrophytes of the wetland with the physicochemical parameters of the water was established, taking into account the dynamics of the water quality in response to the presence of macrophytes in each sector according to their behavior to variations in the environment. For this, the canonical correspondence analysis (ACC) statistical interpretation tool is used, which is a multi-variant technique that maximizes the relationship between a series of dependent variables and a series of independent variables, which is based on a regression multiple.

Thirteen species of macrophytes were identified *Lemna gibba*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Schoenoplectus californicus*, *Zantedeschia aethiopica*, *Eichhornia crassipes*, *Azolla filiculoides*, *Cyperus papyrus*, *Polypogon elongatus*, *Carex luridiformis*, *Pennisetumwigdestinum*, *Junideus effusion*, *Ludidees clandestinum*, *Büdideus effusivens*, *Ludideeffus*. The dominant species in the three sectors of the wetland were an invasive species (kikuyo grass) with 16.09%, Duckweed (*Lemna gibba*) with 9.19% and Junco (*juncus effesus*) with 4.59%; identifying the biotypes according to their typical form that can be considered a model of their species.

The results obtained by the ICATest v.1 program show that the behavior of the physicochemical parameters (Temperature, pH, Dissolved Oxygen, Turbidity, Phosphates, Nitrates, Total Dissolved Solids, BOD5 and Total Coliforms) indicate that the wetland has poor quality of water, due to the high organic load, biological productivity and excess nutrients that it presents. With a hypertrophic to eutrophic tendency.

Keywords: Macrophytes, Water Quality, Spearman Correlation.

4. INTRODUCCIÓN

Los humedales como patrimonio natural y cultural de importancia internacional dentro del convenio Ramsar, cuentan con más de dos mil humedales repartidos por todo el mundo, incluyendo Bogotá; están catalogados así por su gran diversidad de flora y fauna, ya que son zonas que pueden estar en permanente cambio. Sirven como corredores ecológicos, reguladores naturales, controlan inundaciones, acumulan grandes cantidades de agua en su sistema, amortiguadores de deslizamientos de tierras, retienen lodos y metales pesados, captados por su gran cantidad de plantas acuáticas que posee. Vitales para el ser humano y para el mismo entorno, los humedales pueden ser embalses, pantanos, charcas, lagunas, marismas tanto naturales como artificial). (Ramsar, 2015)

El humedal del Jaboque es el segundo más importante de la ciudad de Bogotá por su gran extensión, ubicado en la planicie de la sabana hacia el noroccidente de la ciudad, donde colinda con el río Bogotá. Este ecosistema ha sido afectado por las construcciones aledañas y edificaciones ilegales como los barrios de invasión en su terreno y la contaminación debido a fuentes cruzadas del sistema de alcantarillado (El Carmelo Y Los Ángeles). Actualmente, presentan junto al ministerio de ambiente y el acueducto de Bogotá el plan de manejo ambiental para su adecuada gestión para su conservación, (Acueducto agua y alcantarillado de Bogotá, 2006).

Es importante destacar, que las macrófitas son productores primarios fotótrofos, es decir, captan a través de sus pigmentos fotosintéticos (clorofilas, ficobilinas, xantofilas y carotenoides) la energía de la radiación solar, y obtienen del agua dióxido de carbono y nutrientes inorgánicos. De esta forma, sintetizan materia orgánica a través de un proceso denominado fotosíntesis. Existen además numerosas especies de algas que pueden consumir materia orgánica del medio para obtener energía, por lo que funcionan de manera heterótrofa (Red de información ambiental de Andalucía, 2009).

La influencia de la concentración de los nutrientes nitrógeno y fósforo sobre el desarrollo de las plantas acuáticas es conocida desde hace mucho tiempo (Margalef, 1983). Se ha podido determinar que un aumento en la concentración de estos nutrientes determina un cambio significativo en la vegetación acuática de los cuerpos de agua. (Kowalczeski, 1984). Se estableció un sistema de bioindicadores con plantas acuáticas con el cual se puede evaluar el estado trófico de un cuerpo de agua (Melzer, 1999). Muchas investigaciones han demostrado la relación existente entre los parámetros ambientales y la presencia de macrófitas (Carpenter, 1986) , existiendo especies con un valor importante como bioindicadores (Cimmins, 1995).

El propósito de este estudio fue la identificación y análisis de la estructura, composición y abundancia de la comunidad de macrófitas del Humedal Jaboque y su relación con las condiciones fisicoquímicas del agua, para así establecer el grado de incidencia de estos organismos como bioindicadores del estado trófico del humedal. Sirviendo como base para reconocer el estado actual del Humedal Jaboque, para sentar bases para próximos estudios en este y otros humedales.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Determinar la estructura de la comunidad de macrófitas y su interacción con la calidad fisicoquímica del agua como herramienta para la solución de la tendencia a la eutrofización.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar la estructura, composición y porcentaje de cobertura de la comunidad de macrófitas en el humedal Jaboque.
- Evaluar la calidad del agua por medio de índices de calidad (ICAs).
- Establecer la relación entre las macrófitas y la calidad del agua por medio de herramientas estadísticas (PAST & R-STUDIO).

6. ANTECEDENTES

La transformación y alteración de las condiciones originales del humedal Jaboque, durante el transcurso del tiempo ha tenido unos cambios significativos al pasar de los años, debido a las intervenciones que ha venido realizando la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), en pro de la mejora de la estructura del ecosistema. Igualmente, por el crecimiento demográfico significativo de la población, que ha modificado indiscriminadamente su área, a partir del año 1950 por actividades de construcción del aeropuerto. Por otro lado, confluyen obras de adecuación hidráulica, que alteran la dinámica hídrica y estructura ecológica natural del humedal. (Muñoz J. , 2004)

Los estudios realizados por Rangel y Aguirre desde 1983, resaltan la distribución espacial de las comunidades vegetales, que se encuentran muy arraigadas al margen del humedal con especies como el Junco (*Schoenoplectus californicus*), junto con la presencia del Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), que se distribuye en una área elevada del humedal, manteniendo el funcionamiento ecológico esencial; sin embargo, se altera la dinámica hídrica y ecológica de ecosistemas acuáticos altoandinos, por las actividades antropogénicas que se vienen realizando en el humedal; es importante resaltar que se mantiene algo de la estructura ecológica por la presencia de las plantas acuáticas sumergidas y culmina con la vegetación de ribera y de pantano. (Hernandez & Rangel, 2007)

Respecto a lo anterior, la vegetación acuática sumergida prácticamente desapareció, aunque algunas especies de macrófitas se observan esporádicamente en zonas con espejo de agua reducidas, como se observa la presencia de la especie Cola de zorro acuática (*Myriophyllum aquaticum*), en el resto del humedal hay un extenso tapete de Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) que impide el paso de luz y eleva la concentración de nitrógeno y fósforo. (Alvarez, 2005)

Con base en el estudio y análisis realizados, por la Universidad Militar (Diagnóstico del humedal Jaboque, propiedades físicas, químicas, biológicas y cartografía social) en el año 2013, se determina que la condición físicoquímica del agua como un factor clave en la dinámica de los ecosistemas en general, su análisis permite entender las causas de diferentes problemáticas y a su vez dan una condición puntual del agua. Por esta razón, en el humedal Jaboque se han realizado diversos estudios sobre la calidad del agua, concretamente a través de la implementación de índices de calidad del agua (ICA), aplicando para estos estudios el Water Quality Index (WQI), arrojando como resultados para la zona “Canales Receptores” un valor de 49.3, “Zonas Intervenidas” un valor de 36.15, “Zonas Intermedias” un valor de 43.18 y “Zonas Naturales” un valor de 40.99. Todos estos valores arrojan un promedio de 42.405, para lo cual se califica como calidad regular el agua del humedal Jaboque. (Asociación para el desarrollo social (ADESSA), 2006)

Con respecto a un estudio realizado en el año 2005 por la U.N de Bogotá, en donde se realizó una investigación de toda la vegetación que abarcaba en ese entonces el humedal Jaboque sobresaliendo 14 comunidades vegetales, conformadas por las plantas acuáticas (macrófitas) que incluye una serie ecológica hídrica, encontrando en la vegetación de rivera juncuales con especies como el Totoral de (*Typha latifolia*) y el Junco común (*Schoenoplectus californicus*). En ambientes pantanosos se presentan Herbazales de romasa (*Rumex*

conglomeratus), Pluma kiona (*Polypogon elongatum*) y la cortadera de (*Carex luridiformis*). En las zonas de transformación entre los ambientes continentales y acuáticos, se ubican los Camalotales, que se asocia con *Ludwigia peploides*, *Hydrocotyle ranunculoides* y *Polygonum punctatum*. En los reducidos espejos de agua, se establecen las comunidades flotantes de buchón (*Eichhornia crassipes*, *Limnobium laevigatum* y *Lemna gibba*). Encontrando vegetación en condiciones similares a otros humedales altoandinos. Presentando así la tipificación y espacialización de las macrófitas con base en su composición florística. (Hernandez & Rangel, 2007)

El humedal Jaboque, ha sido estudiado como laboratorio viviente a partir de las percepciones de los estudiantes de la IED Antonio Villavicencio de Bogotá, realizado por la Universidad Pedagógica Nacional (2014), resaltando que en el humedal Jaboque, se encontraron 84 organismos de flora y fauna entre las que se encuentran 24 exóticas y 14 invasoras que son típicas de un bosque andino. Como consecuencia de la expansión urbana y a la falta de cobertura vegetal nativa, predominan especies como Eucalipto (*Eucaliptus* spp) y Acacias (*Acacia mela*) y el Chicalá (*Tecoma stans*). En cuanto a la vegetación acuática en el cuerpo de agua en ese momento predominan especies en las orillas como la Hierba de sapo (*Eryngium carlinae*), Botoncillo (*Bidens laevis*) y vegetación emergente como juncos (*schoenoplectus californicus*), Enea (*Typha latifolia*) y Cortadera (*Carex* sp) y vegetación flotante como Buchón (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna gibba*); la vegetación acuática sumergida prácticamente desapareció, esporádicamente en zonas con espejo de agua reducidas se encuentra a la Cola de zorro acuática (*Myriophyllum aquaticum*), en el resto del humedal el extenso tapete de la especie invasora Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) domina ampliamente en algunos sitios del humedal Jaboque [2]. Lo anterior sumado a la elevada concentración de nitrógeno y fósforo lo cual debe haber incidido en la desaparición de elementos comunes en estos ambientes como especies de *Potamogeton* sp, *Isöetes* sp, *Callitriche* sp y *Elatine* sp. . (Reinoso & Jimenez, 2014)

Es evidente analizar como ha venido cambiando el ecosistema a través de los años, y las intervenciones por parte de la alcaldía mayor de Bogotá, como referente para la comparación de los datos obtenidos con lo que ya cuenta el humedal, para un mejor manejo de los datos a manejar.

A pesar de la fragmentación del ecosistema y al deterioro que éste presentaba en el año 2014 por intervención humana, la dinámica de la vegetación acuática se modificó en donde aún subsisten especies faunísticas entre las que se encuentran aves nativas y migratorias como Tinguas de pico rojo (*Gallinula galeata*), Tinguas de pico amarillo (*Fulica american*), Garzas blancas (*Bubulcus ibis*), Cardenales (*Cardenales* sp), Canarios (*Serinus canaria*) y Periquitos de anteojos (*Forpus conspicillatus*). Se registran 8 especies de mamíferos como Murciélagos (*Chiroptera* sp), Comadreja (*Mustelidae* sp) y Ratones (*Muridae* sp), sin embargo, no se tiene reporte de la existencia de peces en el cuerpo de agua. (Andrade & Benitez, 2003)

Posteriormente, se determinó que los parámetros de pH alcanzaron niveles de 6.18 – 6.82, mostrando un estado ligeramente ácido por la concentración de CO₂ libre en el agua no siendo un limitante para la vida del organismo. La temperatura del sistema hídrico osciló entre 12.90 y 17.50 °C encontrándose dentro del rango con respecto a la resolución 1074 del 97, de la calidad del agua. Actualmente la condición del ecosistema Jaboque es preocupante

por sus tensores ambientales, falta de cultura y el desconocimiento de sus funciones ecosistémicas. Por esta razón se mantienen las alteraciones de higiene y salud, debido a la DQO (40.99 – 331.18 mg O₂/L) y DBO₅ (5.25 – 98.7 mg/L), este sistema está sometido a una serie de contaminantes aportados al sistema hídrico, el clima y otros factores ambientales. (Castellanos, 2013)

A partir de lo anterior es importante especificar todos los actores que confluyen en el humedal empezando por aquellas que están directamente relacionadas como el Acueducto de Bogotá, el cual hace unos años está contribuyendo con el cuidado y preservación de estos ecosistemas con la ayuda de la Fundación Natura, que está trabajando en pro de los Humedales de Bogotá, realizaron actos de conservación, protección y restauración en la ronda hídrica y realizaron un reconocimiento de su flora y fauna; además de identificar los niveles de contaminación en que se encuentran, luego de la terminación del proceso de saneamiento predial en el 2012, se hizo una nueva alianza con el Jardín Botánico de Bogotá que hizo un nuevo acuerdo en donde se estaría a cargo de la parte laderas o zona verde y el Acueducto se haría parte de todo el sector hídrico dándole una nueva organización de la que se tenía antes por Humedales a Cuencas, para un mayor impacto en el cuidado del agua y sus organismos.

Otros de los actores con que cuenta el Humedal Jaboque, son los transeúntes y habitantes cercanos al sector, además de las instituciones cercanas a la zona media, como las instituciones educativas distritales Tomas Cipriano de Mosquera y Antonio Villavicencio, vinculadas con salidas pedagógicas en la ronda del humedal para el reconocimiento del mismo, en donde son evidentes sus problemáticas como: basura en los espejos de agua y alrededor, perros ferales, muerte de patos y perros, arrojado de escombros y todo lo que no sirve en las casas, entre muchas otras identificadas. (Asociación para el desarrollo social (ADESSA), 2006)

El ingreso a la “lista RAMSAR” del humedal Jaboque, representa el apoyo internacional para la conservación del ecosistema que tiene como principal función actuar como esponja natural para la regulación del recurso hídrico, manteniendo el nivel freático de los suelos, ejerciendo un control de las inundaciones y realizando un aporte fundamental en la biodiversidad de la ciudad. Los canales de ríos y quebradas de las subcuencas Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo alimentan los humedales permitiendo que tengan agua en todo momento; también son de gran importancia ya que resalta el valor ecológico de estos ecosistemas urbanos como hábitat permanente y transitorio de tres especies de aves endémicas del altiplano cundiboyacense: el Chamicero (*Synallaxis subpudica*) la Tingua bogotana (*Rallus semiplumbeus*) y el Cucarachero de pantano (*Cistothorus apolinari*). Permitiendo a las aves migratorias tener a los humedales urbanos como un punto estratégico para recuperar energía y encontrar alimento, refugio y descanso. (Cardona, 2018)

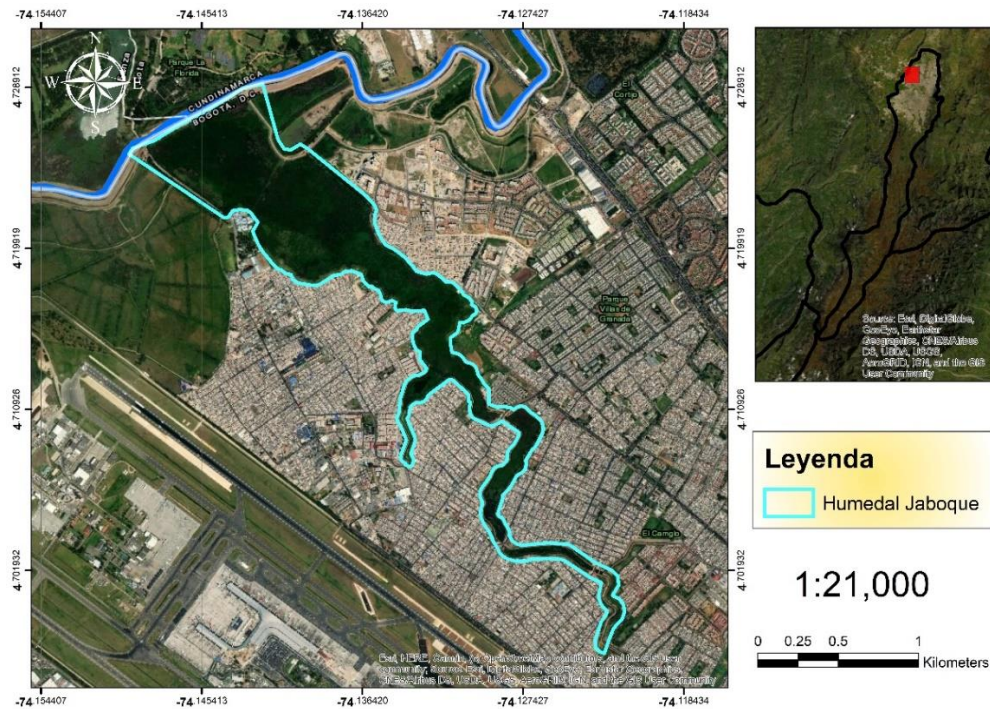
7. MARCO TEÓRICO

7.1. Humedal Jaboque

El humedal o chucua Jaboque, cuyo nombre significa tierra de abundancia o tierra de leños es el segundo ecosistema con mayor extensión en la capital después del humedal Tibabuyes y Juan Amarillo. Hace parte de la cuenca del río Salitre, un sistema hídrico de gran importancia conformado por siete canales, de los cuales Los Ángeles, El Carmelo y Marantá confluyen en el área protegida. Este ecosistema cuenta con una gran importancia ambiental, ha sido reconocido por la presencia de monolitos prehispánicos, que lo convierten en uno de los humedales de mayor interés arqueológico (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2003).

El humedal el Jaboque está ubicado en la zona noroccidental de la ciudad de Bogotá, en la Localidad 10 de Engativá. Geográficamente se localiza entre el aeropuerto el Dorado, el río Juan amarillo y la autopista Medellín, en una pequeña cuenca encerrada. Tiene una extensión aproximada de 151.9 ha. Se extiende desde a carrera 105 F con calle 67 hacia el occidente hasta el río Bogotá. Limita por el Norte con San Basilio, Villas de Alcalá, Villas del Dorado, Villa Amalia, Bosques de Mariana y predios no urbanizado; al occidente, con el Río Bogotá; por el oriente, con el Canal los Ángeles, Canal Jaboque y Canal Carmelo; al sur con, Centauros de Danubio, El Cedro, Las Mercedes, La Faena, San Antonio, San José Obrero, Villa Mary, Santa Librada, Los Álamos, Puerta al Sol, Villa Constanza, Villa Teresita, La Rivera, Porvenir y Marandu (Fundación Ambiental Humedal Jaboque , 2014).

Imagen 1: Localización del Humedal Jaboque



Fuente: Autores

7.1.1. Clima

El comportamiento de los humedales de la sabana de Bogotá, suelen ser del mismo modo, debido a su posición geográfica y por su localización altitudinal, encontrándose en la meseta cundiboyacense determinada por su cordillera alto andina, la cual caracteriza las corrientes de aire. El Humedal Jaboque tiene una temperatura promedio de 13,4 °C que puede oscilar entre los -5°C y los 26 °C. Por lo general, se caracteriza por tener un clima cambiante durante todo el año, determinada por temporadas secas, lluviosas y de transición que van entre los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, seguido en los meses abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre en las épocas con más escorrentía y flujos de caudal con una precipitación anual de 794 mm (CAR, Revisión y ajuste de los documentos técnicos existentes del Humedal Jaboque, 2006).

7.1.2. Geología

El área de localización del humedal corresponde a un sector de la Sabana de Bogotá, este sector se encuentra permanentemente inundado a semi-inundado, con un alto nivel freático a sub superficial. Los depósitos que conforman el sustrato del humedal, corresponden a una serie de acumulaciones de edad cuaternaria de origen fluvio-lacustre conformados por diversas secuencias de limos y arcillas plásticas y saturadas principalmente con un alto contenido de materia orgánica; en conjunto pueden llegar a sobrepasar los 60 metros de espesor, estos depósitos son de consistencia blanda, muy compresibles (baja capacidad portante), localmente se pueden encontrar depósitos de naturaleza turbosa o de texturas arenosas o de gravas finas. Sobre los materiales cuaternarios se ha desarrollado una serie de rellenos de origen antrópico los cuales constituyen hoy el tope o parte superior de la sección estratigráfica tipo del humedal (Arenas, 2007).

7.1.3. Suelos

Los suelos en el humedal Jaboque, se caracterizan por que tienen forma alargada con dirección este – oeste; comprende un área topográficamente baja, lateralmente está comprendida por la terminación o porción distal de dos conos de deyección, los sedimentos fluviales meándricos y aquellas acumulaciones desarrolladas dentro de la zona baja y pantanosa denominada humedal (Universidad Nacional de Colombia, 2005).

EL Humedal Jaboque corresponde a una zona baja con forma de cubeta alargada en dirección suroriente – noroccidente, desarrollada sobre materiales arcillosos ricos en materia orgánica, en estado de permanente saturación o sobresaturación (zona baja y pantanosa). Topográficamente conforma un área deprimida alimentada por la red de drenaje natural; esta ha sido muy intervenida y sustituida ampliamente para el desarrollo urbano con canales revestidos y sistemas de alcantarillados junto a canales artificiales superficiales (Universidad Nacional de Colombia, 2005).

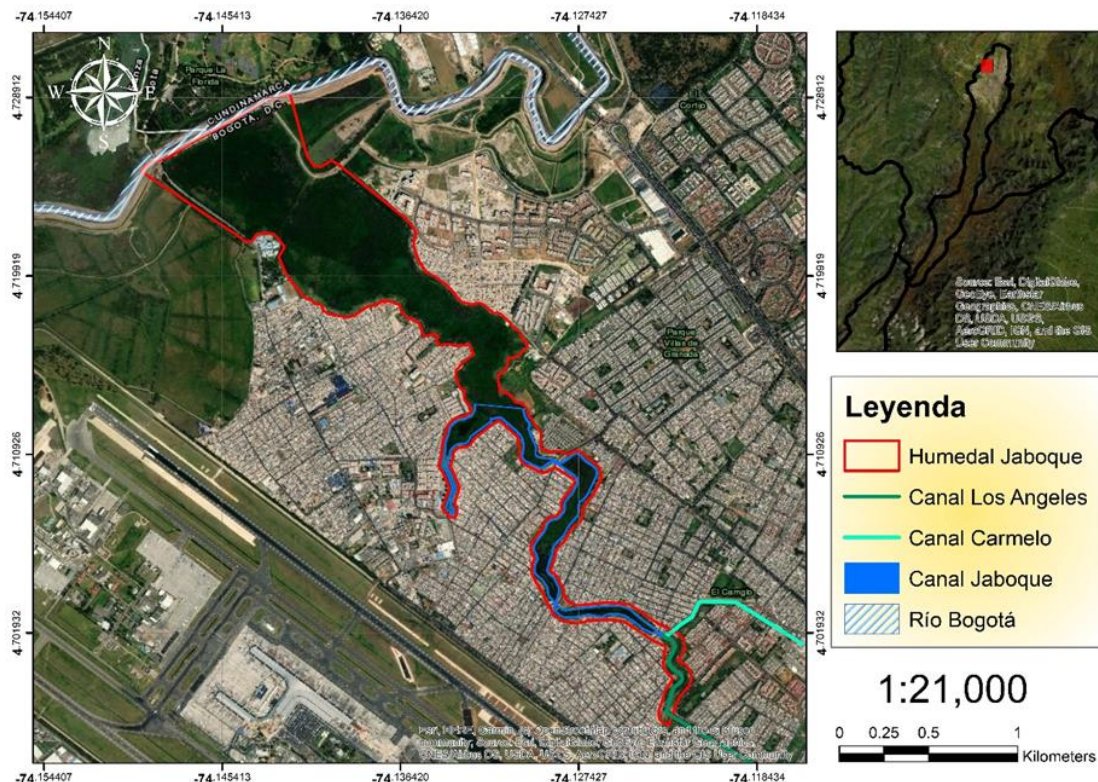
7.1.4. Hidrología

La localidad de Engativá cuenta con un sistema hidrológico muy importante, conformado por el río Juan Amarillo, los humedales Tibabuyes, Jaboque y Santa María del Lago, dentro de la localidad se encuentran los canales Boyacá, Marantá, Bolivia, Cortijo, Jaboque, los

Ángeles y el Carmelo. (CAR, Recopilación de los datos geo-hidrológicos existentes de la Sabana de Bogotá, 2007)

El humedal se encuentra conformado por un cuerpo de agua permanente o estacional de escasa profundidad, una franja a su alrededor que puede cubrirse por inundaciones periódicas y una franja de terreno no inundable, llamada zona de manejo y preservación ambiental la cual tiene como principal función actuar como esponja natural para la regulación del recurso hídrico, manteniendo el nivel freático de los suelos, ejerciendo un control de las inundaciones y realizando un aporte fundamental en la biodiversidad del humedal. (CAR, Recopilación de los datos geo-hidrológicos existentes de la Sabana de Bogotá, 2007)

Imagen 2: Hidrología del Humedal Jaboque



Fuente: Autores

7.1.5. Flora

Este ecosistema, hace parte del sistema hídrico de la Sabana de Bogotá y cuenta con condiciones óptimas para la conservación de la biodiversidad. Existen especies de flora exótica e invasora. Algunos de los árboles que predominan en el lugar son los Eucaliptos y las Acacias. En el cuerpo de agua hay especies de vegetación como la Hierba de Sapo, Botoncillo y Gualola. Así mismo, en las zonas firmes se puede hallar vegetación como el Junco y la Enea; y en zonas húmedas, vegetación flotante como el Buchón. (Acueducto agua y alcantarillado de Bogotá, 2006)

En la zona terrestre de este humedal, se encuentran individuos vegetales nativos tales como: el Sauce llorón (*Salix humboldtiana*), el Aliso (*Alnus acuminata*), el Arboloco (*Smallanthus pyramidalis*), entre otras. De igual manera, en esta zona se encuentran especies invasoras

como: Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Acacia negra (*Acacia melanoxylon*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Por otra parte, dentro de las especies vegetales acuáticas se encuentran: Botoncillo (*Bidens laevis*), Junco (*Juncus effusus*), Barbasco (*Persicaria punctata*), entre otras. (Acueducto agua y alcantarillado de bogotá, 2006)

7.1.6. Fauna

En el humedal Jaboque se han identificado un total aproximado de 105 especies atribuidas a la fauna silvestre vertebrada, principalmente de aves. Se han identificado: 3 especies de mamíferos; 3 especies de reptiles; 2 especies de anfibios; 97 especies de aves entre las cuales siete (7) son especies endémicas y de ellas cuatro (4) se encuentran catalogadas en alguna categoría de extinción. (Acueducto agua y alcantarillado de bogotá, 2006)

Se ha reportado la presencia de individuos de: anfibio como la Rana sabanera (*Dendropsophus labialis*); del reptil: Culebra sabanera (*Atractus crassicaudatus*) y de los mamíferos: Curí (*Cavia anolaimae*), Ardilla (*Sciurus granatensis*) y Comadreja (*Mustela frenata*). De otro lado, se tienen registros de 97 especies de aves, donde las familias con mayor riqueza de especies corresponden a las familias Rallidae (Tinguas y Rascones), Ardeidae (Garzas), Thraupidae (Tángaras) e Icteridae (Toches). (Acueducto agua y alcantarillado de bogotá, 2006)

7.2. Humedales

Según el Convenio Ramsar protección de humedales, define una zona húmeda o humedal como cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. (RAMSAR, 1971)

De acuerdo con la Política de Humedales del Distrito Capital los humedales son “fundamentales en el equilibrio ecológico y ambiental global, ya que son el hábitat de muchas especies de fauna y flora, y elementos vitales en la estructura ecosistémica, sociocultural y económica de las naciones y del mundo”. (Política de humedales del Distrito Capital, 2007)

7.2.1. Clasificación de Humedales

Los humedales se clasifican según la ubicación, fuente de abastecimiento y regulación hídrica en:

- **Marinos y Estuarinos:** Humedales ubicados sobre la zona costera, donde los ríos desembocan en el mar ocasionando una mezcla entre el agua dulce y salada.
- **Lacustres:** situados en zonas represadas permanentemente con baja circulación, como lagos o lagunas.
- **Ribereños:** Pueden ser permanentes o temporales como los ríos, arroyos, cascadas y planicies de inundación de ríos.
- **Palustres:** Humedales ubicados en zonas de bordes de los ríos, lagunas, pantanos y ciénagas de agua dulce permanentes con vegetación emergente, lagunas de páramo o humedales, y manantiales de agua dulce.

- **Humedales Artificiales:** Son los embalses o represas artificiales para el almacenamiento, regulación y control de agua, o con fines de producción de energía eléctrica. (UICN, 2012)

7.3. Macrófitas

Las macrófitas comúnmente conocidas como plantas acuáticas, son formas de vegetación encontradas en ecosistemas acuáticos, las cuales tienen gran importancia ya que condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas mediante la regulación de los intercambios entre los ecosistemas terrestres y acuáticos. (Mazzeo, 2004)

Las macrófitas acuáticas tienen un efecto significativo en la purificación de agua y mantenimiento del equilibrio ecológico de los humedales, además de ser claves en el ciclo de los nutrientes en los ecosistemas de humedales. Este tipo de vegetación acuática regula el equilibrio de nutrientes de los cuerpos de agua por la absorción, la asimilación y la recolección de estos elementos como carbono, nitrógeno, fósforo. (LAN, 2010)

La presencia de macrófitas en ecosistemas acuáticos está regulada por la duración del periodo de inundación, la turbidez del agua, intensidad de la radiación luminosa, la salinidad, la naturaleza del sustrato, concentración de nutrientes, temperatura del agua y la profundidad de la columna de agua. (Murillo, 2009)

La determinación del estado trófico de un ecosistema permite caracterizar el sistema acuático ya que este logra establecer su nivel de productividad. Diferentes actividades humanas directa o indirectamente relacionadas con ecosistemas acuáticos han ocasionado la alteración de la calidad de agua, dando lugar a fases o estados tróficos, encontrando: oligotrofia (baja concentración de nutrientes y productividad biológica); mesotrofia (niveles intermedios de nutrientes y productividad) y eutrofia (elevada concentración de nutrientes y alta productividad). (Mazzeo, 2002)

En este último estado trófico debido al aumento de la concentración de nutrientes utilizados como sustrato de las plantas acuáticas, se genera su proliferación y acumulación excesiva, teniendo como consecuencia la disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua. Con el paso del tiempo, estas plantas reciben materiales provenientes de la cuenca, los cuales se sedimentan y con ello se reduce el volumen del cuerpo de agua hasta que finalmente se forman ecosistemas terrestres. Este es uno de los principales problemas de degradación de humedales. (Mazzeo, 2002)

7.3.1. Clasificación de Macrófitas

La clasificación de las macrófitas se realiza dependiendo de la morfología y fisiología, encontrando tres grupos biológicos:

- **Macrófitas Flotantes Libres:** Este tipo de plantas tiene como principal característica que no se encuentran adheridas al sustrato. Incluyen desde especies pequeñas de los géneros *Azolla* sp o *Lemna* sp, hasta especies de mayor porte como Buchón (*Eichhornia crassipes*) o Repollito de agua (*Pistia stratiotes*).

- **Macrófitas Enraizadas Flotantes:** Este tipo de vegetación se mantiene sujeta al sustrato, presentando hojas de gran tamaño que flotan en la superficie, incluye plantas emergentes de hojas flotantes y sumergidas, como los nenúfares (*Nupha luteum* y *Nymphaea alba*).
- **Macrófitas Sumergidas:** Plantas enraizadas que tienen todas sus estructuras sumergidas dentro del agua, como las especies del género *Zannichellia*. Utilizan recursos tanto del hábitat acuático como del terrestre, lo que permite que estas plantas presenten un gran crecimiento. Se encuentran en la zona fótica (llegada de luz solar) (Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología, 2004)

7.4. Macrófitas como Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos empleados para conocer las cualidades de los ecosistemas y su estado de conservación debido a la estrecha relación con determinadas condiciones ambientales. La presencia, abundancia o ausencia de determinadas especies sirven como punto de partida para realizar un diagnóstico de la calidad ambiental del ecosistema. Los organismos empleados como bioindicadores tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies; deben ser abundantes, muy sensibles al medio de vida, fácil y rápidos de identificar, con poca movilidad y tener estudios sobre su ecología y ciclo biológico. (Perez, 2003)

Atendiendo a las características que deben tener los organismos a ser utilizados como bioindicadores, las macrófitas representan una muy buena opción al momento de elegir un organismo para estudiar los ecosistemas acuáticos, ya que estas se pueden observar fácilmente (por su tamaño y abundancia). Son organismos sedentarios, responden rápidamente a variaciones de las condiciones físico-químicas del medio, son sensibles a la presencia de contaminantes y sustancias tóxicas (acumulan estas sustancias en sus órganos, importante para determinar contaminación de los cuerpos de agua y toxicidad biótica), y están presentes en multitud de ecosistemas acuáticos. (Perez, 2003)

7.5. Importancia Ecológica de las Macrófitas

La presencia de plantas acuáticas en determinados ecosistemas indica el estado de calidad ambiental que éste posee. La principal razón de la importancia ecológica de las macrófitas es que este tipo de vegetación constituye un hábitat para un gran número de especies. Además, presenta otros beneficios como la oxigenación de las aguas, la fijación del dióxido de carbono atmosférico, la absorción de nutrientes para servir como soporte trófico y alimento para los consumidores primarios, transporte de sedimentos y sirven como barreras de protección al efecto erosivo de corrientes y flujos de agua. (Departamento de difusión Centro de Ecología Simón I, 2003)

7.6. Calidad del agua

La calidad del agua puede considerarse como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular basado en características físicas, químicas y biológicas seleccionadas. Para determinar la calidad del agua, primero se mide y analiza las características del agua como la acidez, alcalinidad, calcio, cloruros, conductividad, pH, oxígeno disuelto, DQO, DBO,

sólidos suspendidos, sólidos totales, sólidos sedimentables, dureza total, hierro, magnesio, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fósforo, conductividad, sulfatos, turbidez, coliformes (fecales y totales). (Peace, 2017)

Las características seleccionadas se comparan con los estándares numéricos y las pautas para decidir si el agua es adecuada para un uso particular. Algunos aspectos de la calidad del agua se pueden determinar directamente en la corriente o en el pozo. La calidad del agua natural varía de un lugar a otro, al igual por la geología del lugar, la geomorfología, el clima y los tipos de suelos y rocas, etc. (Peace, 2017)

Los humedales reciben y transportan cargas contaminantes de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidas mayoritariamente sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre. Estas acciones se incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas, siendo necesario un monitoreo y control constante que permita tomar las acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales. (Acueducto agua y alcantarillado de bogotá, 2006)

7.6.1. índices de Calidad del Agua (ICAS)

Cuando se habla sobre calidad del agua, una de las formas para realizar su análisis son los índices de calidad del agua, los cuales son una combinación de diferentes parámetros físico, químicos y microbiológicos incorporados a una ecuación matemática para así obtener el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico. Los siguientes son los índices que se aplicaran en este estudio. (Ramírez, 1988)

7.6.2. Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO)

La eutrofización puede determinarse mediante las variables que la causan: concentraciones de nutrientes, principalmente fósforo u ortofosfatos. El ICOTRO se fundamenta en la concentración de fosforo total. (Ramírez, 1988)

Tabla 1: Parámetros ICOTRO

ICOTRO		
<i>Estado</i>	<i>Rango</i>	<i>Unidad</i>
Oligotrófico	< 0,01	mg/l
Mesotrófico	0,01 – 0,02	mg/l
Eutrófico	0,02 – 1	mg/l
Hipertrófico	> 1	mg/l

Fuente: Autores.

7.6.3. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Los sólidos suspendidos representan en los cuerpos de agua procesos erosivos y extractivos, los cuales tienen efecto sobre los ecosistemas acuáticos, por lo que se manifiesta en la

reducción de la penetración de luz, impedimento para la fotosíntesis y la producción primaria de algunos organismos. (Ramírez, 1988)

7.6.4. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Relaciona la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y el porcentaje de saturación de oxígeno, las cuales en conjunto conjugan un espectro amplio de los fenómenos que ocasionan estos procesos de contaminación orgánica. (Ramírez, 1988)

Eutrofización

Proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución de oxígeno. Las masas de agua eutróficas tienen un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxígeno y un crecimiento intenso de las plantas acuáticas. (MANAHAN, 2007)

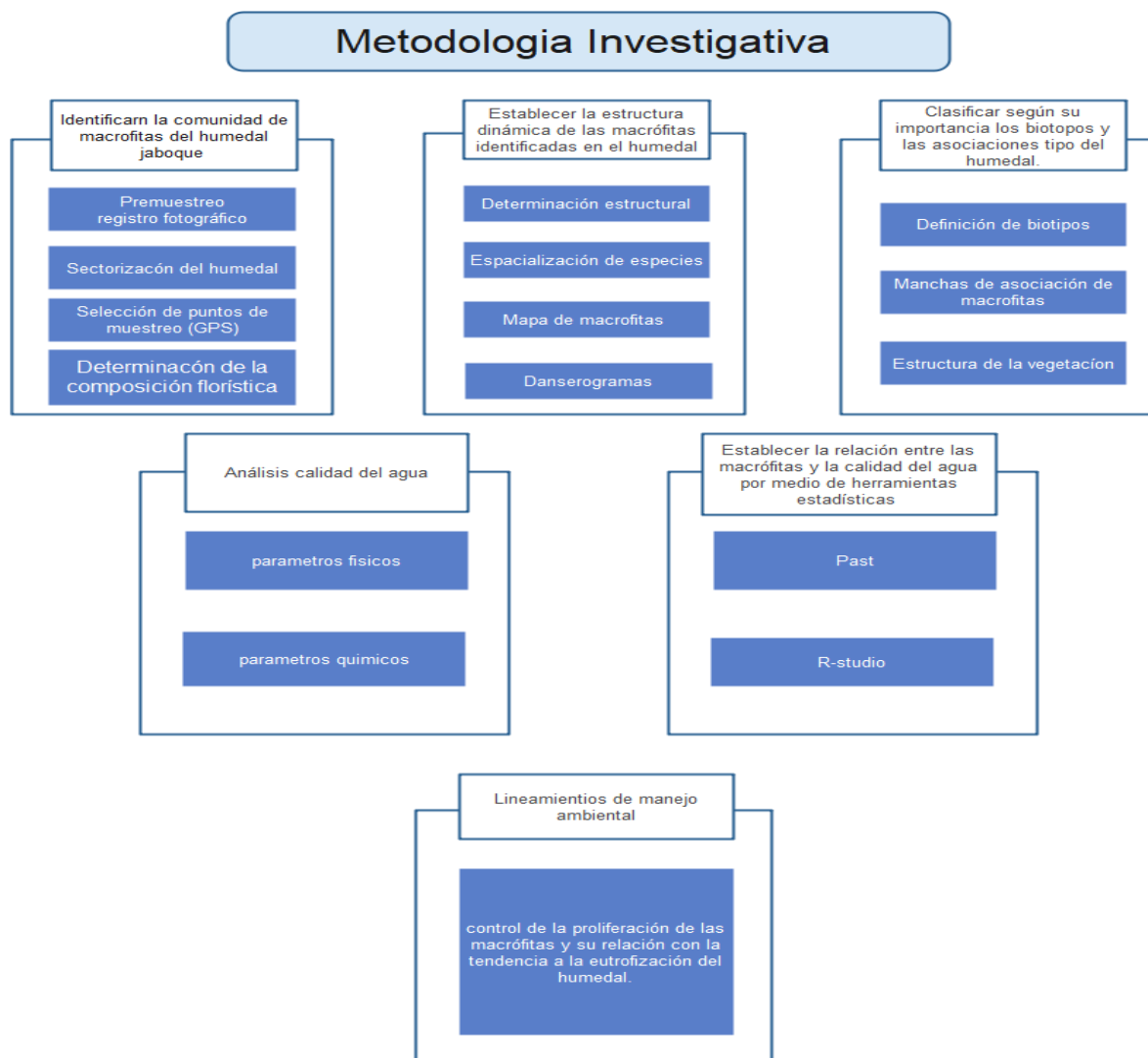
Los factores que afectan el grado de eutrofización son:

- Clima: los climas cálidos favorecen el proceso.
- Cuerpos de agua poco profundos y/o de bajo caudal son más propicios para el desarrollo del proceso.
- Área de drenaje: la poca cubierta arbórea sujeta a precipitaciones abundantes favorece la erosión y el arrastre de nutrientes hacia el cuerpo de agua.
- Geología: en áreas de drenaje donde predominan rocas sedimentarias hay mayor aporte de fósforo por escorrentía. Los suelos arcillosos drenan pobremente y también favorecen la escorrentía y el aporte de nutrientes.

8. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se desarrolló una metodología dividida en dos fases; la primera permitió establecer la identificación, estructura, composición y abundancia de macrófitas y en la segunda se realiza el análisis de las condiciones fisicoquímicas del agua en los 3 sectores del humedal Jaboque, para determinar el estado trófico del humedal.

Diagrama 1: Actividades propuestas para dar cumplimiento a los objetivos



Fuente: Autores

8.1. ETAPA I: REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Para el análisis de información secundaria se realizó una revisión de la bibliografía relacionada con el tema de Humedales (Definición, Clasificación, Función Ecológica), Macrófitas (Definición, Clasificación, Estructura, Composición y Función Ecológica) y Calidad del Agua (Parámetros físicos, químicos e ICAS). Al igual se consultaron estudios previos realizados en el Humedal Jaboque, libros sobre botánica, revistas científicas e indexadas, y páginas web de entidades como: CAR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, EAAB, Secretaria Distrital de Ambiente, entre otras.

8.2. ETAPA II: EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo con las actividades propuestas para la metodología descritas en la Tabla N 2.

8.2.1. Fase de Reconocimiento

En la fase de reconocimiento se realizó un recorrido por toda la ronda hídrica del humedal con la finalidad de reconocer cada una de las 148 ha que tiene el humedal; en donde interactúan los espejos de agua, la vegetación acuática, semiacuática y terrestre. Identificando los afluentes y efluentes localizados en el área de estudio. Se definieron los lineamientos del muestreo de la comunidad de macrófitas y de los parámetros fisicoquímicos.

8.2.2. Sectorización del Humedal

Se fraccionó espacialmente el humedal en tres sectores (Tercio Alto, Tercio Medio y Tercio Bajo) teniendo como referencia el mapa parlante realizado, estas zonas se establecieron en función de los puntos de acceso al humedal y a la distribución de las macrófitas, las cuales fueron representadas mediante polígonos con el Software ArcGIS 10.5.

8.2.3. Premuestreo

Se realizaron cuatro salidas de campo al Humedal Jaboque, con el objetivo de definir la zona de estudio, identificar las condiciones paisajísticas del humedal, específicamente la disposición de la vegetación acuática y terrestre, los sistemas hídricos que confluyen en el área de estudio, la selección de los puntos de muestreo, las fuentes de contaminación y demás tensores socio ambientales evidentes a lo largo del humedal.

Para el levantamiento de datos, se utilizó la metodología de Gentry 1982, realizando un mapa descriptivo del estado actual del humedal basado en la distribución de la comunidad macrófitas del humedal, dibujando manchas representativas de cada especie en hojas milimetradas, las cuales estaban georreferenciadas con base en cartografía existente a escala definida por la imagen de Google Earth. se utilizaron, una cámara fotográfica, unos binoculares, un decámetro, un GPS y el software ArcGIS. Inicialmente se dibujó la simbología representativa de cada una de las especies en hojas milimetradas, las cuales estaban georreferenciadas con base en el dato arrojado por el GPS. Una vez terminado el mapa parlante se procedió a digitalizar la distribución y ubicación de cada una de las especies encontradas utilizando el Software ArcGIS 10.5. Para esto, se necesitaron cuatro salidas de campo debido a las condiciones de acceso del humedal y al riesgo en cuanto a seguridad.

Tabla 2: Actividades realizadas en las salidas de campo

No. SALIDA DE CAMPO	ACTIVIDADES
--	--------------------

1	Se realizó una primera visita al humedal Jaboque, con el fin de identificar las principales características del lugar, los puntos de acceso, los lugares con los que limita y las industrias aledañas al área de influencia.
- 2	Se realizó el mapa a mano alzada de la distribución de macrófitas en hojas milimetradas del sector (Tercio Alto), simultáneamente se georreferencia la ubicación de la comunidad de macrófitas con el GPS en el sector de estudio.
3	Se realizó el mapa a mano alzada de la distribución de macrófitas en hojas milimetradas del sector (Tercio Medio), simultáneamente se georreferencia la ubicación de la comunidad de macrófitas con el GPS en el sector de estudio.
4	Se realizó el mapa a mano alzada de la distribución de macrófitas en hojas milimetradas del sector (Tercio Bajo), simultáneamente se georreferencia la ubicación de la comunidad de macrófitas con el GPS en el sector de estudio.

Fuente: *Autores*

El mapa de distribución de macrófitas en el humedal se realizó de acuerdo con un análisis cartográfico de Google Earth y el software ArcGIS 10.5. Con el objetivo de determinar la cobertura vegetal del humedal y la distribución de las macrófitas acuáticas. Esta metodología se realizó considerando que no existen corrientes de agua o características climatológicas que pudiesen desplazar la ubicación de las macrófitas en el humedal.

8.2.4. Muestreo

Por la extensión del territorio del humedal y la distribución espacial de la comunidad de macrófitas, se fraccionó el ecosistema en tres sectores, cada uno como su nombre lo indica en tercio alto, medio y bajo. Se realizó el muestreo de la calidad del agua y de plantas acuáticas (macrófitas) simultáneamente. Los puntos de muestreo se establecieron en la fase de reconocimiento.

Para realizar el trabajo de campo, se realizaron las actividades propuestas en el ‘‘Protocolo de muestreo y análisis para macrofitos’’ establecida por la Directiva Marco del Agua. Donde se incluyeron los siguientes datos: Hora, Especie, Localización geográfica, Sector, Registro fotográfico y Turbidez del agua (escala cualitativa).

El criterio de selección de los puntos de muestreo se estableció con la intención de abarcar toda el área del humedal, por esta razón se dividió el área en tres sectores. En cada uno de los sectores, dada la magnitud de colonización de las macrófitas para tener una mayor confiabilidad en el análisis de los datos se tuvieron en cuenta caracteres como:

- Cobertura y disposición de las macrófitas
- Acceso a los puntos para muestrear
- Influencia antrópica
- Extensión del área
- Vertimientos.

La periodicidad del muestreo de parámetros físico-químicos se realizó de acuerdo al régimen de precipitaciones de Bogotá, el cual se encuentra establecido en 3 épocas climáticas (período lluvioso,

seco y transición). A su vez, en cada época se realizaron 2 muestreos con el fin de abarcar un número representativo de datos; estos muestreos se realizaron en 6 salidas de campo debido a la extensión y los peligros adversos, ya que en varias partes es de muy difícil acceso realizadas de acuerdo con lo relacionado a continuación:

Tabla 3: Fechas de muestreo Humedal Jaboque

EPOCA	FECHA
Lluvias	Agosto 2 - 4 de 2019
Transición	Octubre 5 -7 de 2019
Seca	Enero 26 - 28 de 2020

Fuente: Autores

Es importante aclarar que el muestreo se realizó en tres épocas diferentes del año, debido a que el costo de la determinación de los parámetros fisicoquímicos requeridos para los ICAS, son de costo excesivo y fueron asumidas por los investigadores; por otro lado se tenía presupuestado realizar más salidas de campo en los meses de abril, junio y agosto con la finalidad de cubrir el ciclo climático completo, pero por efectos de la pandemia del Covid-19 no se pudieron realizar; esta condición fue informada al comité de grados de la facultad de ingeniería ambiental de la USTA.

Tabla 4: Puntos de muestreo Humedal Jaboque

ESTACIÓN	NOMBRE	POSICIÓN GEOGRAFICA
1	Tercio Alto CAI	W 74°7'25.80" N 4°42'7.10"
2	Tercio Alto Paso	W 74 ° 07' 44" N 4° 42' 37"
3	Tercio Medio Paso	W 74 ° 08' 0,8" N 4° 43' 11"
4	Tercio Bajo Desembocadura	W 74 ° 08' 45.8" N 4° 43' 34.4"

Fuente: Los Autores

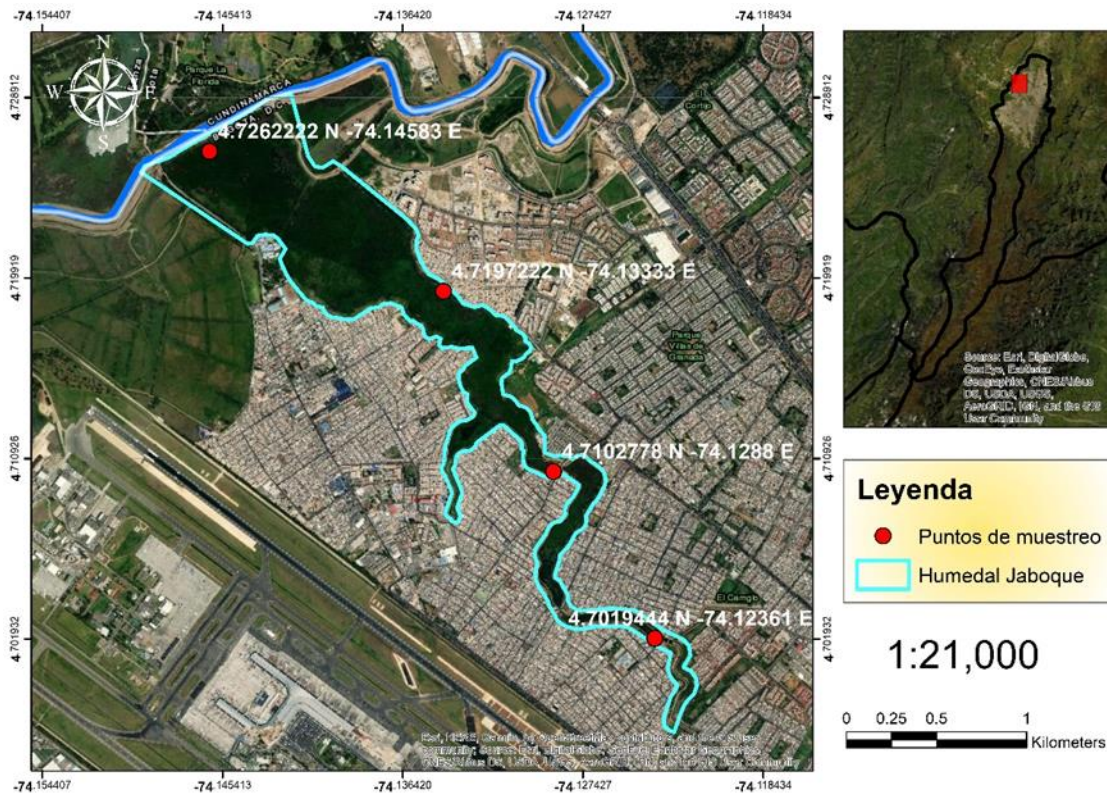


Imagen 3: Mapa ubicación puntos de muestreo

Fuente: Autores

8.3. ETEPA III: FASE DE CAMPO

8.3.1. Muestreo de Agua

La caracterización fisicoquímica del agua se determinó mediante el comportamiento de los parámetros. Mediante el uso de la sonda multiparamétrica de marca Hanna Hi 9829 (SN-E0044337) se midieron parámetros in situ: pH, temperatura y conductividad. Los otros parámetros como el porcentaje de saturación de oxígeno, sólidos suspendidos totales (SST), fósforo total, DQO, coliformes fecales y totales son analizados en laboratorio certificado (Consultoría y servicios Conocer LTDA). Por otro lado, parámetros como la alcalinidad, DBO, dureza total y conductividad son tomados de información secundaria.

La metodología para recolección de muestras sigue los lineamientos y técnicas recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – U.S. EPA, en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories – 2012, y por la Asociación Americana de trabajos del Agua – AWWA – en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater/22nd ED.

Ilustración No 1: Punto de muestreo Tercio Alto



Fuente: *Autores*

Ilustración No. 2 Punto de muestreo Tercio Medio



Fuente: *Autores*

Ilustración No 3: Punto de muestreo tercio medio



Fuente: *Autores*

Ilustración No 4: Punto de muestreo tercio bajo



Fuente: Autores

8.3.2. Determinación de Macrófitas

La caracterización de la comunidad de macrófitas se realizó paralelamente a las jornadas de medición de los parámetros de la calidad del agua, en las fechas indicadas anteriormente. Lo primero que se realizó fue un mapa de la distribución espacial de la comunidad de macrófitas en cada uno de los tres sectores del humedal con la finalidad de identificar la estructura, composición y porcentaje de cobertura de las plantas acuáticas en el humedal Jaboque. En cada uno de los sectores se realizó un perfil de vegetación (Danserograma), se realizaron cuatro Danserogramas en los mismos puntos de muestreo de calidad del agua con transectos de 30 metros de longitud sobre la presencia de vegetación acuática, con el objetivo de evidenciar la composición taxonómico en cada uno de los sectores; igualmente se definieron las condiciones estructurales de las macrófitas mediante la determinación de los siguientes parámetros:

8.3.3. Determinación de la Composición Florística

La composición florística se llevó mediante la identificación de las especies, y su respectiva clasificación taxonómica. La identificación de las especies se realizó con un registro fotográfico de macrófitas a través de un recorrido desde Tercio Alto hasta mediaciones del Rio Bogotá, posteriormente se ingresaron los datos al programa ArcGis y este nos arrojó en su tabla de atributos el área en metros cuadrados de cada una de las especies identificadas con la ayuda de información secundaria de estudios de vegetación del Humedal Jaboque y el valor del área total del humedal, con estos dos datos obtuvimos el % de cobertura de las especies,. la determinación de la abundancia de estas especies se determinó como se referencia en la siguiente Tabla

Tabla 5: Escala de % de cobertura según la abundancia de cada especie

ESCALA	ABUNDANCIA DE CADA ESPECIE	% COBERTURA
1	Rara	Individuos Aislados
2	Ocasional	1 – 10 %
3	Frecuente	10 - 50 %
4	Abundante	50 – 70 %
5	Muy abundante (Dominante)	70 %

Fuente: Autores

8.3.4. Porcentaje de Cobertura

El porcentaje de cobertura para cada una de las especies de macrófitas identificadas en el humedal se calculó utilizando la herramienta calcular área del software ARGIS 10.5. Cada

una de las especies fue digitalizada como una capa de polígonos tipo shape, al igual que la delimitación total del humedal. Con esta información fue posible calcular el área total del humedal la cual sería equivalente al 100% de cobertura, luego se calculó el área para cada una de las capas correspondientes a las especies de macrófitas repitiendo el procedimiento anterior; conociendo estos dos valores (área total del humedal y área de cada capa de macrófitas) fue posible hallar el porcentaje de cobertura utilizando una regla de tres.

Se realizó el muestreo de las macrófitas desde tercio alto hasta el Rio Bogotá. Al inicio del humedal en tercio alto se puede observar claramente cada una de las macrófitas, en lugares donde no se podía acceder se utilizaron binoculares; también solicitamos el acompañamiento del acueducto y pasamos una carta para que nos prestaran una barca, en donde solo se prestó un día por ciertas horas. Para el muestreo se realizaron cuadrantes de 1 x 1; al ir haciendo el barrido y al ir identificando las especies conforme en un registro fotográfico, primero se georeferencio su localización con la ayuda del GPS, luego se ubicó un cuadrante sobre la especie identificada y con la ayuda de información secundaria sobre un estudio de la vegetación del Humedal Jaboque se proyectó un área aproximada de cada uno de los parches de las diferentes especies de macrófitas, con base en esa información en ArcGis se originaron capas para cada una de las especies en cada uno de los tres sectores del humedal. Se utilizó información secundaria por motivos de pandemia y a que el acceso al humedal estaba restringido.

Para conocer el porcentaje de cobertura por sector, se utilizó la herramienta Geoprocesos realizando un corte entre cada una de las capas de macrófitas y el área del sector, generando así capas de especies de macrófitas para cada sector, y nuevamente se realizó el mismo procedimiento anterior.

8.3.5. Estructura dinámica de las macrófitas

Una vez realizada la identificación de especies de macrófitas presentes en el Humedal se procedió con la espacialización de las especies, mediante la ubicación cartográfica de las mismas utilizando el software ARGIS 10.5, señalando y geoposicionando los sitios de ocurrencia de las mismas. Igualmente, teniendo como base la composición florística de cada sector identificada en el humedal, se realizó la determinación estructural.

8.3.6. Danserogramas

Tienen como objetivo lograr producir una representación gráfica de la comunidad de Macrófitas que permita la comparación visual, por medio de un trazado lineal o transecto con la información de la comunidad. Se realizaron Danserogramas para tercio bajo, tercio medio y tercio alto.

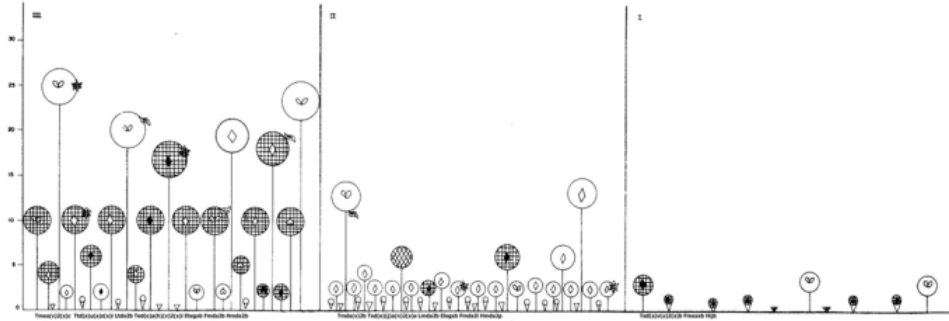


Imagen 4: Diagrama de perfil propuesto por Dansereau.

Fuente: Metodología para el estudio de la vegetación

La descripción estructural se realizó con la implementación de Danserogramas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Forma de Vida
- Forma Biológica
- Forma de la Hoja
- Función
- Textura de la Hoja
- Tamaño
- Cobertura

En esta investigación la descripción estructural de la forma de vida hace referencia a las Macrófitas.

❖ Forma Biológica

Tabla 6: Simbología según clasificación

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
(AP)	Anfibias o Palustres (Representa la transición entre las plantas acuáticas y plantas mesófilicas)
(EF)	Enraizadas y Flotantes (Sus rizomas están fijados a las hojas, están flotantes sobre la superficie del agua)
(SI)	Sumergidas o Inmersas (Permanecen completamente sumergidas bajo el agua. Plantas de gran volumen, localizadas en la región fótica del cuerpo de agua)
(FI)	Flotantes libres o Independientes (Presentan raíces bien desarrolladas y hojas aplicadas contra la superficie para su flotabilidad)

Fuente: Autores

❖ Tamaño

Tabla 7: Rango de altura de las macrófitas

SÍMBOLO	RANGO
---------	-------

Ma	1m – 3m
Al	70cm – 99cm
MeAl	50cm – 69cm
Me	20cm – 49cm
Ba	6cm – 19cm
Mi	0.5cm – 5cm

Fuente: Autores

❖ Función

Tabla 8: Simbología según su función.

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
N	Fijación de Nitrógeno
I	Invade y elimina especies nativas impidiendo el flujo de aguas
A	Alimentación
B	Indicadoras de buena calidad del agua
R	Refugio y Nidación de especies
H	Hábitat de especies (Propagación de plagas y enfermedades)
D	Descomposición orgánica (Malos olores y disminución de O ₂)
C	Procesos de Colonización

Fuente: Autores

❖ Forma de la Hoja

Tabla 9: Simbología según forma de la hoja

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
F	Filiforme (Delgada y con extremo agudo o terminando en punta)
O	Ovalada (De forma oval, pero con la base más ancha)
Ci	Circular (Tiene forma de círculo)
L	Lanceolada (Tiene forma de lanza)
On	Ondulada (Tiene pequeños entrantes con márgenes suaves como olas)
Co	Compuesta (El limbo está dividido en fragmentos que llegan al nervio)

Fuente: Autores

❖ Textura de la Hoja

Tabla 10: Simbología según textura

SÍMBOLO	TEXTURA
E	Esclerófila
M	Membranosa
P	Pubescente

Fuente: Autores

❖ Cobertura

Tabla 11: Simbología según cobertura

SÍMBOLO	COBERTURA
W	Escasa
X	Discontinua
Y	En grupos
Z	Continua

Fuente: Autores

Para cada sector se realizó un Danserograma que corresponde a un transecto lineal de 30 m, donde se identifican las especies de macrófitas teniendo en cuenta su código danserográfico.

8.3.7. Índices de diversidad

Para la determinación de la estructura de la comunidad de macrófitas se determinaron los siguientes índices de diversidad que definen el total de individuos, su composición y abundancia.

8.3.8. Índice de Shannon-Weiner

Este índice toma información relevante, midiendo el contenido de información de cada individuo tomada de un muestreo al azar en una comunidad de la que se conoce el número total de especies, considerando a la diversidad como una medida para predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido aleatoriamente de una muestra de especies y número de individuos. Este índice expresa la uniformidad entre estaciones. (Hernandez, 2008)

$$DSi = \sum_{i=1}^s Pi \log_2 Pi$$

$$pi = ni/(N)$$

Donde:

- S - Número de especies (la riqueza de especies)
- Pi - proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N
- ni - número de individuos de la especie
- N - número de individuos de todas las especies
-

Zona 1: 0,2857

Zona 2: 0,518

Zona 3: 0,8107

Conforme a los datos arrojados este ecosistema tiene una diversidad de especies relativamente baja.

8.3.9. Índice de Simpson

El índice de Simpson mide la probabilidad de encontrar 2 individuos de la misma especie en dos muestreos sucesivos al azar, tomando valores entre “0” indicativo de baja diversidad hasta un máximo de $(1-1/s)$. (Hernandez, 2008)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S ni (ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

- S - es el número de especies
- N - es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)
- n - es el número de ejemplares por especie

Zona 1: 0,098

Zona 2: 0,2028

Zona 3: 0,354

Conforme a los datos arrojados La Zona 1 tiene una menor diversidad que las otras dos zonas, la Zona 3 es la zona con mayor diversidad.

8.3.10. Índice de Margalef

Este índice es utilizado para estimar la biodiversidad que existe dentro de una comunidad con base en el número de individuos de cada especie que se encuentran distribuidos en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. La riqueza específica interpreta o relaciona el número de especies presentes en una comunidad. (Hernandez, 2008)

$$I = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Donde

- I – Es la biodiversidad
- S - Es el número de especies presente
- N – Es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)

Zona 1: 0,4715

Zona 2: 0,4923

Zona 3: 0,5994

Conforme a los valores arrojados y a que son menores de 2, hacen referencia a ecosistemas con poca diversidad (antropizados).

8.3.11. Índice de Menhinick

Se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra. (Hernandez, 2008)

$$DMn = s\sqrt{N}$$

- S - Es el número de especies presente
- N - Es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)

Zona 1: 0,0007165

Zona 2: 0,001071

Zona 3: 0,002622

Para efectos de la evaluación de la diversidad registrada en cada una de las zonas, se observa, que la mayor riqueza de especies se presenta en la Zona 3, por tratarse de una zona con menor intervención antrópica.

8.3.12. Índice de Berger Parker

El índice de Berger-Parker se traduce como una disminución en la equidad y un aumento en la dominancia. (Hernandez, 2008)

$$d = \frac{N \max}{N}$$

- $N \max$ - Es el número de individuos en la especie mas abundante. El aumento de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia.

Zona 1: 0,9494

Zona 2: 0,891

Zona 3: 0,7968

Conforme a los datos obtenidos, la Zona 1 presenta una mayor dominancia y menor la diversidad, mientras que la Zona 3 presenta una menor dominancia y una mayor diversidad.

8.3.13. Correlación de spearman

El coeficiente rho de Spearman oscila entre valores de uno positivo a uno negativo, los valores más próximos a la unidad indican una correlación fuerte sea positiva o negativa, los valores más próximos a cero indican que no hay correlación. Los signos indican la dirección de la relación, el signo positivo indica que una variable aumenta conforme la otra también aumenta y disminuye conforme la otra también lo hago mientras que el negativo es

inversamente proporcional indicando así que mientras una variable aumenta la otra disminuye o viceversa. (Cabrera, 2009)

La correlación indica la fuerza y dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas.

La correlación indica el grado de asociación que tienen dos variables, es decir si el cambio de una variable está acompañado por el cambio en la otra estaríamos hablando de una correlación, a partir de dos indicadores una medida a partir de proporciones de 0 a 1, y la dirección entendida como positiva o negativa. (Universidad Nacional Autónoma De México, 2005)

En los análisis de correlación no incluye o implica que se esté dando una causalidad directa, la correlación solo nos está hablando de la relación de una variable con otra variable.

Coeficiente de correlación de spearman

$$r_R = 1 - \frac{6\sum_i d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

n= número de puntos de datos de las dos variables

di= diferencia de rango del elemento “n”

9. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

9.1. IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROFITAS DEL HUMEDAL JABOQUE

Para la identificación de la comunidad de macrófitas del Humedal Jaboque, se tomó como referencia el documento: “Revisión y ajuste de los documentos técnicos existentes del Humedal Jaboque de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 y la Resolución 196 de 2006 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial”, donde se plantea el componente ecológico del humedal entre comunidad vegetal terrestre y comunidad vegetal acuática, de la cual se referencian 13 especies de macrófitas. Con las bases bibliográficas encontradas de las especies de macrófitas existentes en el Humedal, se realizaron una serie de salidas de campo, recorriendo el humedal con el fin de hacer un barrido para determinar la presencia de las especies. La identificación se realiza mediante el uso de las claves encontradas en los libros: “Vegetación acuática y palustre de la Sabana de Bogota: Aspectos ecología y taxonomía de la flora acuática y semiacuática” de Udo Schmidt – Mumm y “La vegetación del Humedal de Jaboque” de Juliana Hernandez y Orlando Rangel, identificando espacialmente la presencia de 13 especies de macrófitas acuáticas de las 17 especies registradas; las cuales se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 12: Clasificación de especies por código

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CÓDIGO ESPECIE
Lenteja de Agua	<i>Lemna gibba</i>	M-01
Sombrellita de Agua	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	M-02
Junco	<i>Schoenoplectus californicus</i>	M-03
Cartucho	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	M-04

Buchón	<i>Eichhornia crassipes</i>	M-05
Helecho de Agua	<i>Azolla filiculoides</i>	M-06
Papiro	<i>Cyperus papyrus</i>	M-07
Rabo de Cachorro	<i>Polypogon elongatus</i>	M-08
Cortadera	<i>Carex luridiformis</i>	M-09
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	M-10
Botoncillo	<i>Bidens laevis</i>	M-11
Clavito	<i>Ludwigia peploides</i>	M-12
Junco Fino	<i>Juncus effesus</i>	M-13

Fuente: Autores

Una vez adoptada la metodología de CORINE Land Cover para el estudio del humedal, las unidades de cobertura de la tierra seleccionadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13: Unidades de cobertura de la tierra de acuerdo a la metodología CORINE Land Cover, adaptada para el estudio del Humedal Jaboque.

TERRITORIOS ARTIFICIADOS
Zonas Urbanizadas
Tejido Urbano Continuo
Zonas Industriales o Comerciales y Redes de Comunicación
Aeropuerto
Zonas Verdes Artificiales, No Agrícolas
Zonas Verdes Urbanas
Instalaciones Recreativas (Parques)
Áreas Endurecidas
TERRITORIOS AGRÍCOLAS
Pastos
Pastos Arbolados
BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES
Áreas con Vegetación Herbácea y/o Arbustiva
Herbazal
Áreas Abiertas, sin o con poca Vegetación
Llanura Aluvial
AREAS HUMEDAS
Áreas Húmedas Continentales
Vegetación Acuática sobre cuerpos de agua
SUPERFICIES DE AGUA
Aguas Continentales
Rio Bogotá
Espejos de Agua

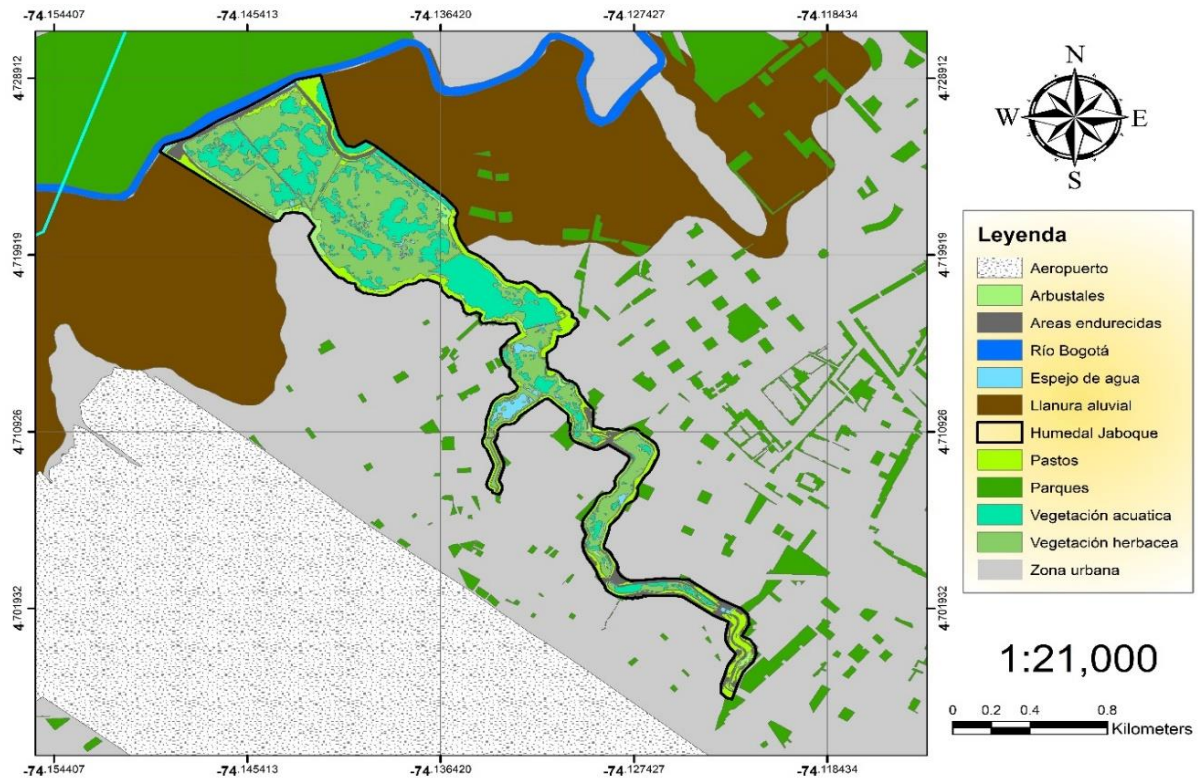


Imagen 5: Uso del suelo Humedal Jaboque

Fuente: Autores

Como se observa, en el área de estudio se presentan Territorios Artificiados (Zona Urbana, Aeropuerto, Zonas Verdes Urbanas, Parques), Territorios Agrícolas (Pastos Arbolados), Bosques y Áreas Semi Naturales (Herbazal, Llanura Aluvial), Áreas Húmedas (Vegetación Acuática sobre Cuerpos de Agua) y Superficies de Agua (Río Bogotá y Espejos de Agua).

Dentro de las áreas Húmedas, la vegetación sobre cuerpos de agua es el objeto de estudio de esta investigación; por lo cual se decidió analizar solamente el fragmento del humedal que presenta estas condiciones y que relaciona la presencia de las macrófitas, por esta razón se elaboró el siguiente mapa:

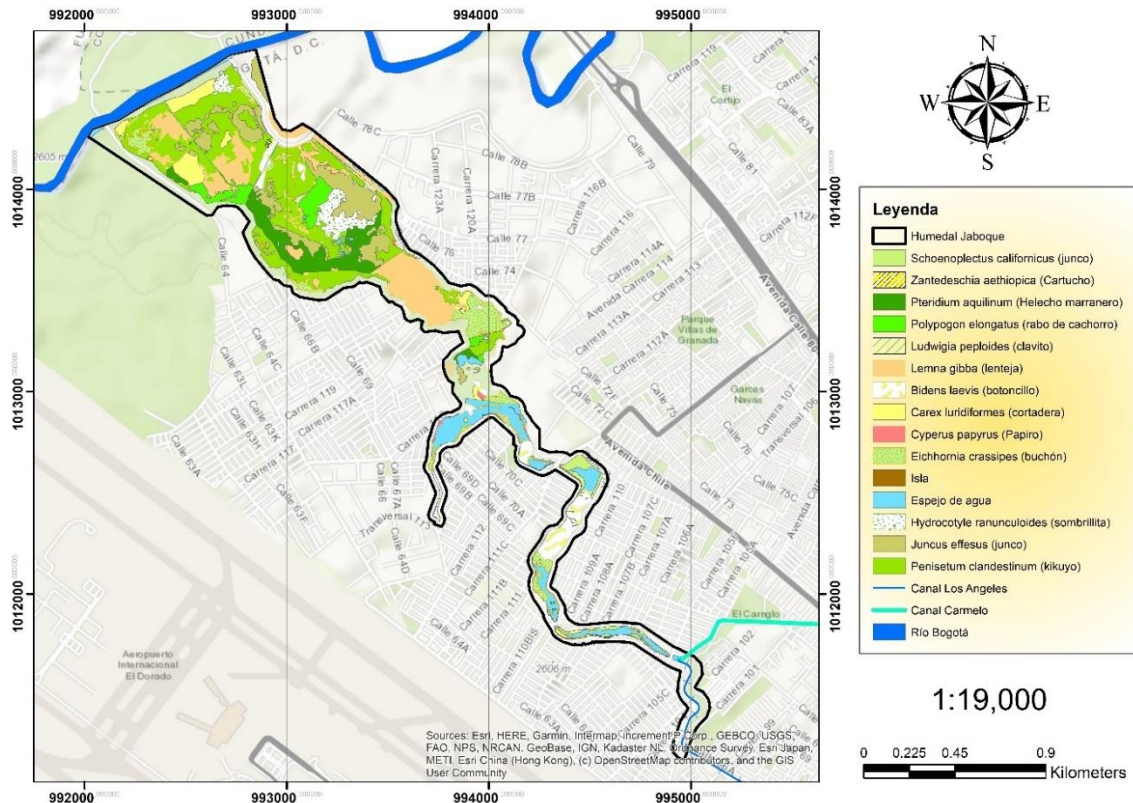







Imagen 6: Cobertura vegetal del Humedal Jaboque
Fuente: Autores






Una vez identificadas las especies se procedió a realizar el mapa descriptivo por medio la cartografía y levantamiento de las macrófitas en campo sobre el mapa base del estudio, teniendo como eje la presencia de la comunidad macrófitas del humedal. Se utilizó el software ArcGIS, donde se crearon archivos de capas tipo Shape para cada una de las especies, atribuyendo un símbolo y color diferente; como resultado de la digitalización de las 13 especies de macrófitas identificadas en el humedal.


Con la finalidad de entender el valor taxonómico, ecológico, la importancia ingenieril y la distribución de las macrófitas, se realizó una ficha con dicha información para cada una de las 13 especies encontradas.

Tabla 14: Descripción morfológica según macrófitas

NOMBRE COMUN	IMAGEN	DESCRIPCION MORFOLOGICA	IMPORTANCIA ECOLOGICA	ALICACIONES A LA INGENIERIA
Lenteja de Agua		Es una pequeña planta acuática de verde de unos 2 a 3 mm de diámetro, constituida por dos estructuras ovales de forma lenticulada que imitan la forma de una hoja. Se encuentra en cualquier sitio, como mala hierba entre cultivos de plantas de agua. Si se encuentra en gran abundancia es perjudicial para las otras especies, ya que les	Buen indicador de aguas eutróficas. Alimento para numerosas especies.	Utilizada en fitorremediación. Remoción de metales pesados.

		roba luz y nutrientes (Restrepo, 2007).		
Sombrillita de Agua		Es una planta acuática con tallos horizontales, rizomatosos, acuáticos flotantes y también rastreros en suelo saturado, con nudos radicantes, sus las hojas son de suborbiculares a reniformes (Trus, 2009).	Ofrece protección y disponibilidad a determinadas especies. Indicador de aguas eutróficas.	Aprovechamiento de biomasa de digestores anaeróbicos. Degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos.
Junco		Es una planta rizomatosa, con tallo trígono de hasta 3 metros de altura, es una especie hidrófila emergente que crece en cuecos inundados de forma permanente o temporal. Crece en aguas de más de 1 metro de profundidad (Estela C. Lopretto, 2008).	Criaderos de fauna lacustre. Evita la erosión.	Bioconcentración de plaguicidas organoclorados. Construcción de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales.
Cartucho		Esta planta de origen sudafricano, conocida como cala, lirio de agua o cartucho; es una especie bulbosa. Es apreciada por sus inflorescencias, que consiste de numerosas flores adjuntas a lo largo de un espádice, envuelto por una espata (Lombardo, 2008).	Los factores más importantes del entorno vegetal, no solo es un sustrato energético, sino un regulador de procesos fisiológicos.	Se utiliza en la remoción de materia orgánica para tratamiento de aguas.
Buchón		Especie flotante de raíces sumergidas. Carece de tallo aparente, provisto de un rizoma, muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo y forma de vejiga llena de aire. Considerada mala hierba (Muñoz E. , 2012).	Posee características depuradoras, actuando como fitoremediador. Puede ser utilizado como abono orgánico.	Tratamientos de aguas residuales debido a su alto consumo de nutrientes. Generación de vióles y biogás. Bioindicador para el monitoreo de contaminación con metales.
Helecho marranero		Este helecho es probablemente la planta superior más ampliamente distribuida del mundo, con frondes de hasta 2m. Tiene un rizoma subterráneo desarrollado y con pelos pardos oscuros. Las frondes están bastantes separadas y el peciolo es menor o casi igual que la lámina, es erecto, rígido, acanalado, con la base más ancha y también peloso pero solo en la base (Quindio, 2002).	Es un helecho con una amplitud ecológica bastante grande, pero por lo general aparece en bosques umbrosos sobre suelos ácidos y frescos y en sus etapas de degradación.	Bioabsorbente para la adsorción de plomo (Pb) en agua.
Papiro		Es un helófito nativo de los humedales de Africa. Planta acuática o palustre rizomatosa, de rápido crecimiento, de hasta	Su distribución actual como xeno fito está ampliamente extendida,	Su capacidad en la fitoremediación de aguas contaminadas,

		5m de altura. Hojas basales pequeñas. Inflorescencia terminal, dispuesta en umbela compuesta. Brácteas más cortas que los radios de hasta 30cm de largo, filiformes (Monlau).	principalmente en áreas geográficas de climas cálidos. Crece sobre terrenos arenosos y colmados de humedad, con abundante insolación durante todo el año, pudiendo tener el pie de su tronco totalmente sumergido en agua.	es su cualidad más destacada.
Rabo de Cachorro		El género polypogon se caracteriza por sus espiguillas uniflorculadas, pudiendo ser o no aristadas, ambas glumas superando la longitud del flósculo, y la espiguilla se desarticula enteramente junto con el ápice ligeramente clavado del pedicelo. Se caracteriza de los demás de su especie por su inflorescencia alargada y decumbente de aproximadamente 30cm (Arbeláez, 2007).	Se presenta bajo la forma de heliófito sensu, configurando macollas dispersas de unos 30 cm de alto, en suelos cenagosos-humídicos.	
kikuyo		La especie conocida comúnmente como kikuyo es una especie originaria de las macetas del centro y este de África. Gramínea tropical constituida por 36 cromosomas, pertenece a la familia de la Poaceas, su altura puede llegar a los 46 cm de alto y se extiende mediante sus rizomas y estolones. Las inflorescencias producen semillas que se encuentran en las axilas de las hojas donde permanecen ocultas, por esta razón recibe su nombre “clandestinum” (Caseley, 2011).	Se propaga vegetativamente. Las partes pueden sobrevivir de una temporada a otra. Las semillas pueden pasar por el trasto digestivo de animales intactos. Es una invasora importante de vegetación de abierta en las zonas templada húmedas y subhúmedas.	Evotranspiración en humedales con pasto kikuyo como tratamientos de aguas residuales.
Clavito		La especie ludwigia peploides, la prímula de agua flotante, una de las especies enumeradas como EEI de interés de la UE. Forma densas esteras flotantes (Madriñan, 2017).	Las especies alóctonas invasoras son aquellas que al ser introducidas en un territorio, ya sea de forma voluntaria o involuntarias, logran establecerse y dispersarse causando cambios importantes en la composición, estructura y funcionamientos de los ecosistemas autóctonos.	Atenuación del transporte de contaminantes a otros compartimentos de los ecosistemas acuáticos immobilizando metales pesados en raíces y/o sedimentos.
Junco		Original de Europa del oeste, África del este y del sur, Australia, Melanesia y Nueva Zelanda, puede llegar a alcanzar un metro con cincuenta centímetros de altura y 50cm de ancho (Bosch, 2008).	Praderas juncales, en suelos profundos y húmedos.	Remoción de hidrocarburos en aguas residuales.

<p>Botoncillo</p>		<p>Es una planta común en los pantanos fríos de Sur y Centroamérica. Crece en charcas y todo tipo de cuerpos de agua de poca profundidad. Clava sus raíces en el suelo lodoso y sus tallos y hojas emergen a la superficie. Sus flores amarillas son como pequeños girasoles acuáticos (García, 2008).</p>	<p>Alimento de algunas especies de larvas.</p> <p>Propiedades medicinales.</p>	<p>Biomonitoreo en estudios de genotoxidad.</p>
-------------------	---	--	--	---

Fuente: Autores

9.2. Sectorización del Humedal - Biotopos

Teniendo como referencia el mapa parlante realizado y el análisis de la cobertura vegetal, para efectos de este estudio se fraccionó el humedal en tres sectores en función de las entradas al humedal, la presencia de espejo, columna de agua y a la distribución de las macrófitas. Estos sectores se representaron mediante polígonos como se muestra en la imagen 7.

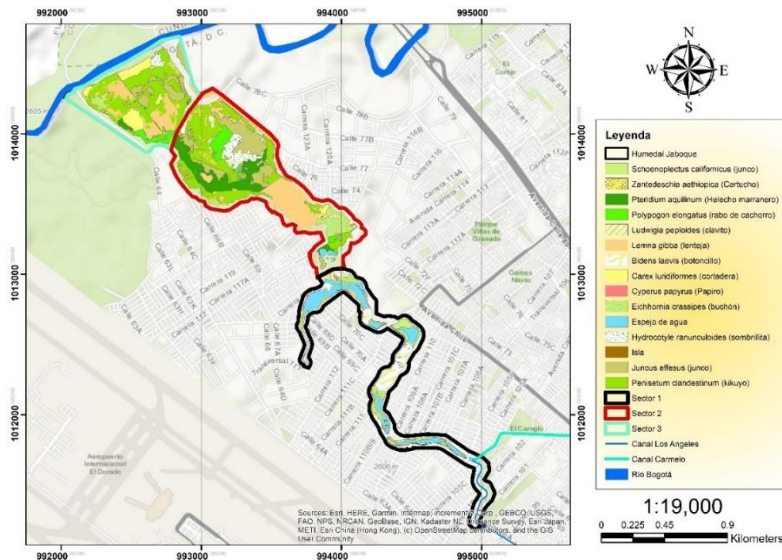


Imagen 7: Distribución de las macrófitas por tercios del Humedal Jaboque

Fuente: Autores

9.3. Composición Florística

La composición florística del Humedal se llevó a cabo con base en la distribución de las macrófitas en el humedal, la presencia y ausencia de estas en los diferentes sectores, en la Tabla 15 se muestran los resultados para cada sector.

Tabla 15: Presencia de las especies de macrófitas en los sectores del humedal

MACRÓFITAS	CÓDIGO	SECTORES		
		1	2	3
Lenteja de Agua	M-01	X	X	X
Sombrellita de Agua	M-02	X	X	X

Junco	M-03			X
Cartucho	M-04	X		
Buchón	M-05	X	X	X
Helecho de Agua	M-06	X	X	X
Papiro	M-07		X	X
Rabo de Cachorro	M-08	X	X	
Cortadera	M-09	X	X	X
Kikuyo	M-10	X	X	X
Botoncillo	M-11	X	X	X
Clavito	M-12			X
Junco Fino	M-13	X	X	X

Fuente: Autores

Para visualizar la distribución espacial de las especies en el Humedal se realizó un análisis de presencia - ausencia en cada uno de los sectores, representando en mapas y graficas la distribución de la comunidad de macrófitas en el Humedal, como se muestra a continuación:

Sector 1 (Tercio Alto CAI):

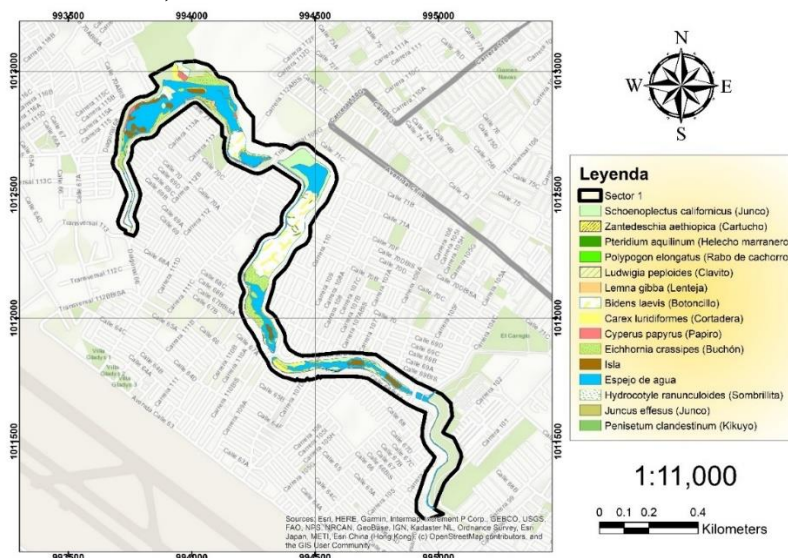
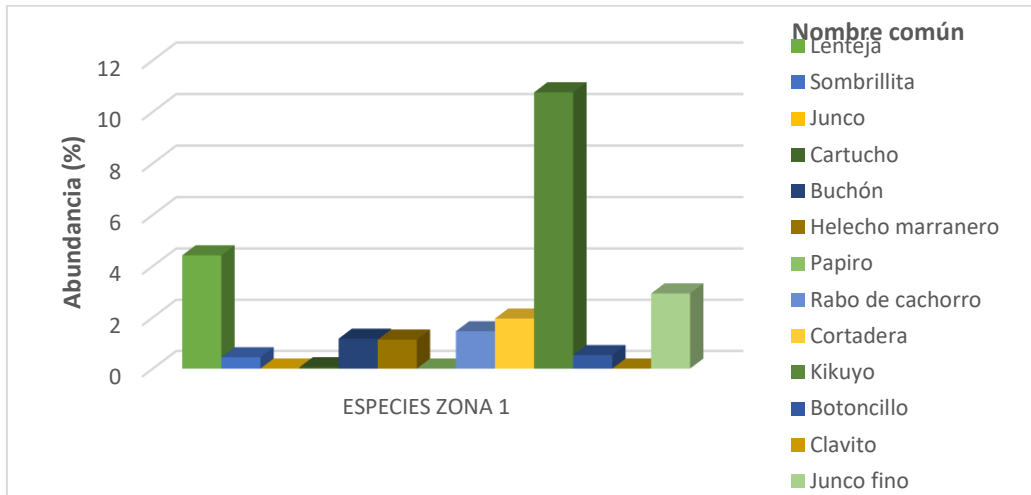


Imagen 8: Sector 1 del Humedal Jaboque

Fuente: Autores

El sector 1 se encuentra ubicado en la zona oriental del Humedal, al inicio del humedal se encuentran los barrios Álamos Norte, Álamos Sur y Bosques de Mariana. No existen cuerpos de agua en el sector. Se identificaron 10 especies de macrófitas. A continuación, se muestra la composición porcentual de las macrófitas en este sector:



Gráfica 1: Abundancia por especies sector 1

Fuente: Autores

En este sector están presentes los 13 tipos de especies de macrófitas identificadas. Las especies de macrófitas que presentan un mayor porcentaje de cobertura son el Kikuyo (*Penisetum clandestinum*) la especie más abundante con un porcentaje 10.76% de cobertura, en seguida se encuentra Lenteja (*Lemna gibba*) con un porcentaje del 4,42% y Junco Fino (*Juncus effusus*) con un porcentaje de 2.93%. Las demás especies de macrófitas se encuentran en un rango de 0,05% y 1,95% de cobertura.

Sector 2 (Tercio Medio y Alto Paso):

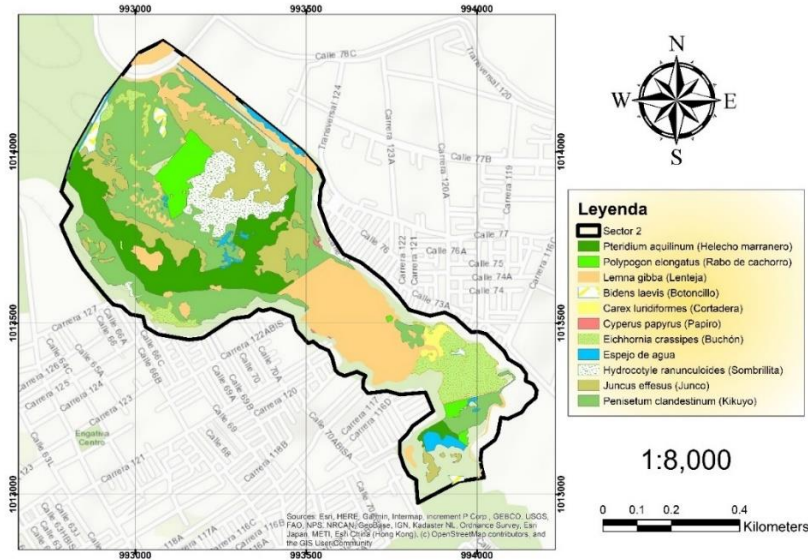


Imagen 9: Sector 2 del Humedal Jaboque

Fuente: Los autores, 2020

El sector 2 está ubicado en la zona central del Humedal, entre el aeropuerto El Dorado y la Autopista Medellín, este sector tiene el espejo de agua más pequeño del humedal. Se identificaron 10 especies de macrófitas. A continuación, se muestra la composición porcentual de las macrófitas en este sector:



Gráfica 2: Abundancia por especies sector 2

Fuente: Autores

En el sector 2 las especies de macrófitas que son más abundantes son Lenteja (*Lemna gibba*) con un porcentaje de cobertura de 4,73%, Kikuyo (*Penisetum clandestinum*) con un porcentaje de 4,51% y el Helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) con un porcentaje de 3,07%. Las demás especies de macrófitas se encuentran en un porcentaje de cobertura de 0,06% a 1,82%.

Sector 3 (Tercio Bajo Desembocadura):

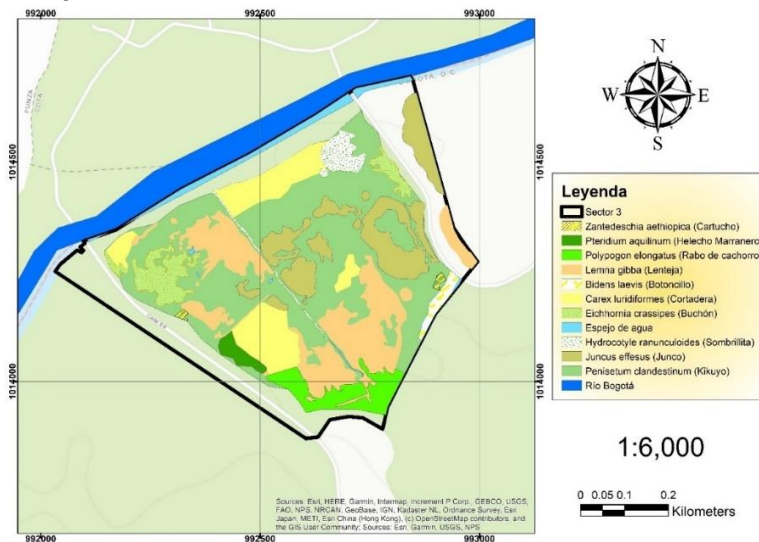
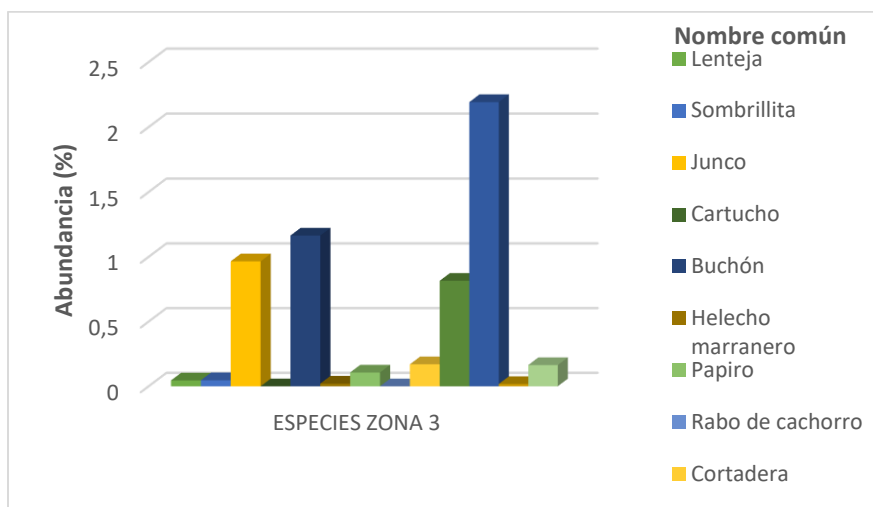


Imagen 10: Sector 3 del Humedal Jaboque

Fuente: Autores

El sector 3 está ubicado en la zona occidental del Humedal, al final del humedal se encuentra el río Bogotá. Este sector tiene el mayor cuerpo de agua del humedal. Se identificaron 11 especies de macrófitas. A continuación, se muestra la composición porcentual de las macrófitas en este sector.



Gráfica 3: Abundancia por especies sector 3
Fuente: Autores

En el sector 3 se presenta una mayor cobertura de la especie de macrófitas Botoncillo (*Bidens laevis*) con un porcentaje de 2,19%, en su orden se encuentra el Buchón (*Eichhornia crassipes*) con un porcentaje de cobertura de 1,16% y el Junco (*Schoenoplectus californicus*) con un porcentaje del 0,97%. En un rango entre el 0,02% y 0,82% se encuentra el porcentaje de cobertura de las demás especies de macrófitas.

Con los datos obtenidos de presencia y abundancia de macrófitas se realizó la composición florística, cuyos resultados se resumen en la Tabla 16

Tabla 16: Porcentaje de cobertura por zonas

Código Especie	Nombre Común	Nombre Científico	Presencia	Abundancia	Porcentaje Cobertura (%)
M-01	Lenteja	<i>Lemna gibba</i>	ZONA 1	Ocasional	4,42
			ZONA 2	Ocasional	4,73
			ZONA 3	Rara	0,05
M-02	Sombrillita	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	ZONA 1	Rara	0,44
			ZONA 2	Ocasional	1,77
			ZONA 3	Rara	0,05
M-03	Junco	<i>Schoenoplectus californicus</i>	ZONA 3	Rara	0,97
M-04	Cartucho	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	ZONA 1	Rara	0,05
M-05	Buchón	<i>Eichhornia crassipes</i>	ZONA 1	Ocasional	1,17
			ZONA 2	Ocasional	1,82
			ZONA 3	Ocasional	1,16
M-06	Helecho marranero	<i>Pteridium aquilinum</i>	ZONA 1	Ocasional	1,13
			ZONA 2	Ocasional	3,07
			ZONA 3	Rara	0,02
M-07	Papiro	<i>Cyperus papyrus</i>	ZONA 2	Rara	0,06
			ZONA 3	Rara	0,11
M-08	Rabo de cachorro	<i>Polypogon elongatus</i>	ZONA 1	Ocasional	1,46

			ZONA 2	Rara	0,64
M-09	Cortadera	<i>Carex luridiformes</i>	ZONA 1	Ocasional	1,95
			ZONA 2	Rara	0,27
			ZONA 3	Rara	0,17
M-10	Kikuyo	<i>Penisetum clandestinum</i>	ZONA 1	Frecuente	10,76
			ZONA 2	Ocasional	4,51
			ZONA 3	Rara	0,82
M-11	Botoncillo	<i>Bidens laevis</i>	ZONA 1	Rara	0,53
			ZONA 2	Rara	0,13
			ZONA 3	Ocasional	2,19
M-12	Clavito	<i>Ludwigia peploides</i>	ZONA 3	Rara	0,02
M-13	Junco fino	<i>Juncus effesus</i>	ZONA 1	Ocasional	2,93
			ZONA 2	Ocasional	1,50
			ZONA 3	Rara	0,16

Fuente: Autores

Con los datos obtenidos de presencia y abundancia de macrófitas se realizó la composición florística, cuyos resultados se resumen en la Tabla 17

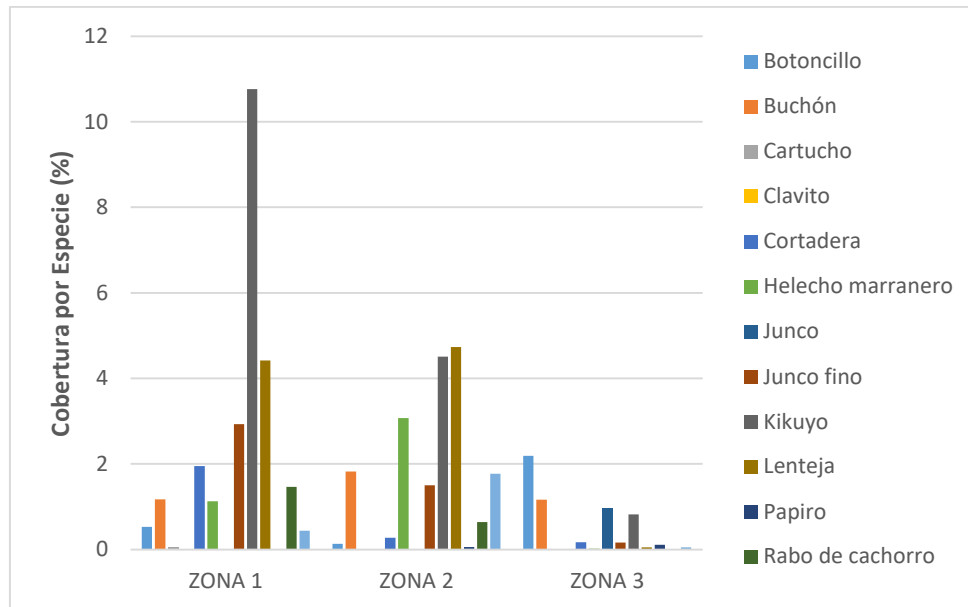
Tabla 17: Composición Florística del Humedal Jaboque

Presencia	Nombre Común	Porcentaje Cobertura (%)
ZONA 1	Lenteja	4,42
ZONA 2	Lenteja	4,73
ZONA 3	Lenteja	0,05
ZONA 1	Sombrillita	0,44
ZONA 2	Sombrillita	1,77
ZONA 3	Sombrillita	0,05
ZONA 3	Junco	0,97
ZONA 1	Cartucho	0,05
ZONA 1	Buchón	1,17
ZONA 2	Buchón	1,82
ZONA 3	Buchón	1,16
ZONA 1	Helecho marranero	1,13
ZONA 2	Helecho marranero	3,07
ZONA 3	Helecho marranero	0,02
ZONA 2	Papiro	0,06
ZONA 3	Papiro	0,11
ZONA 1	Rabo de cachorro	1,46
ZONA 2	Rabo de cachorro	0,64
ZONA 1	Cortadera	1,95
ZONA 2	Cortadera	0,27
ZONA 3	Cortadera	0,17
ZONA 1	Kikuyo	10,76
ZONA 2	Kikuyo	4,51
ZONA 3	Kikuyo	0,82
ZONA 1	Botoncillo	0,53
ZONA 2	Botoncillo	0,13
ZONA 3	Botoncillo	2,19

ZONA 3	Clavito	0,02
ZONA 1	Junco fino	2,93
ZONA 2	Junco fino	1,50
ZONA 3	Junco fino	0,16

Fuente: Autores

Una vez determinada la composición porcentual de cada especie de macrófitas por cada sector, se realizó un análisis comparativo por sectores del porcentaje de cobertura de las especies de vegetación acuática presentes en el humedal.



Grafica 4: Comparación porcentual de cobertura de las especies de macrófitas en cada sector

Fuente: Autores














Se puede observar en la gráfica que la mayor cobertura de la especie de macrófitas corresponde a Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), esta especie tiene presencia en los tres sectores. La segunda especie con mayor presencia en los tres sectores es la Lenteja (*Lemna gibba*), disminuyendo en el sector 3. El sector 1 es el sector que mayor cobertura de macrófitas presenta, sabiendo que es el sector más lejano al Río Bogotá y sin presencia de espejo de agua. El sector 2, también registra un porcentaje de cobertura representativa, pero en menor cantidad comparado con el sector 1, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua presente, ya que es el único sector donde existen cuerpos de agua bien definidos. El sector 3 es el que menor cobertura de macrófitas presenta, registrando 11 especies de macrófitas con porcentajes muy bajos.

9.4. Danserogramas

A cada una de las especies de macrófitas encontradas en el humedal se le determinó su identificación taxonómica y de acuerdo con las características propias de cada especie se estableció un código y un símbolo danserográfico, los cuales son presentados en la Tabla 18.

Tabla 18: Códigos danserográficos de cada especie

NOMBRE COMÚN	CODIGÒ ESPECIE	CÒDIGO DANSEROGRAMA
--------------	----------------	---------------------

Lenteja de Agua	M – 01		(FI)MiABCiMY
Sombrillita	M – 02		(AP)BaRCiMY
Junco	M – 03		(AP)MaRFEY
Cartucho	M – 04		(EF)AIDLMY
Buchón	M – 05		(FI)BaDOMY
Helecho Marranero	M – 06		(AP)MaIFPZ
Papiro	M – 07		(AP)MaAFMX
Rabo de Cachorro	M – 08		(AP)AlALPW
Cortadera	M – 09		(AP)MaAFMZ
Kikuyo	M – 10		(AP)MeIOnMZ
Botoncillo	M – 11		(AP)MeAlABCpZ
Clavito	M – 12		(AP)MaALPX
Junco Fino	M – 13		(EF)AIRFMY

Fuente: Autores

9.5. LOS BIOTOPOS Y LAS ASOCIACIONES TIPO DEL HUMEDAL

Sector 1:

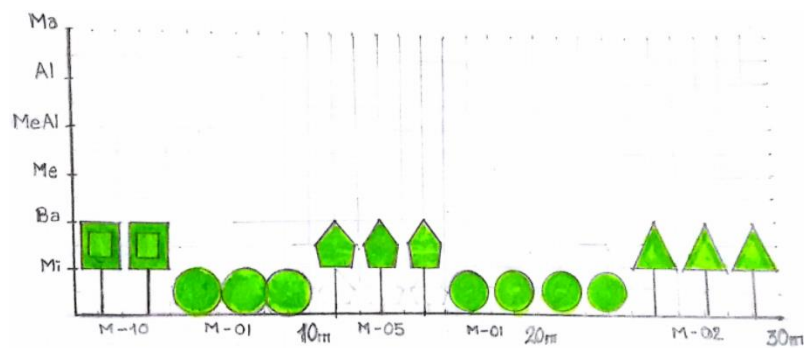


Imagen 11 Danserograma Sector 1

Fuente: Autor

Se observa en el sector 1 que las especies más representativas son las flotantes, libres o independientes, siendo macrófitas con transición entre plantas acuáticas y planta mesófilas, las cuales para el Humedal Jaboque están representadas en las especies: Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Lenteja de Agua (*Lemna gibba*), Buchón (*Eichhornia crassipes*) y Sombrillita (*Hydrocotyle ranunculoides*).

Sector 2:

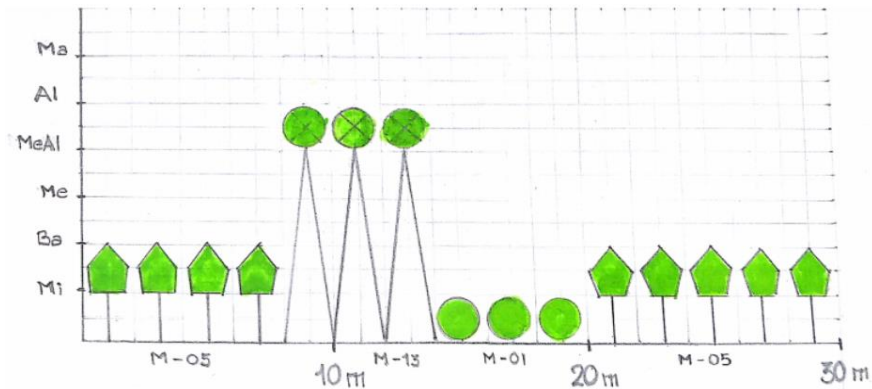


Imagen 12 Danserograma Sector 2

Fuente: Autores

En la anterior imagen se toma un transecto del Sector 2, donde predomina la presencia de las especies Buchón (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de Agua (*Lemna gibba*) las cuales presentan raíces bien desarrolladas y hojas aplicadas contra la superficie para su flotabilidad, así mismo, se encuentran especies enraizadas y flotantes como el Junco Fino (*Juncus effesus*), referente en este sector.

Sector 3a:

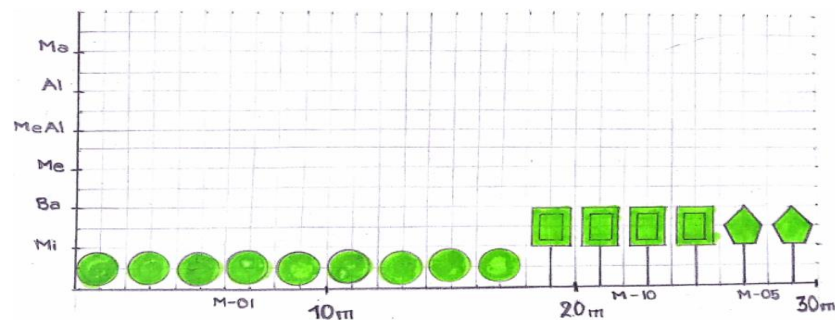


Imagen 13 Danserograma Sector 3a

Fuente: Autores

Debido a que este sector tiene el mayor el cuerpo de agua del humedal, se tomaron dos transectos del sector 3, (a y b).

En la imagen se grafica el transecto del sector 3a, donde se encuentra mayor presencia de la especie flotante libre, Lenteja de Agua (*Lemna gibba*), En este transecto también se encuentra la especie *Buchön* (*Eichhornia crassipes*) y por último, rodeando el cuerpo de agua, la especie Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Sector 3b:

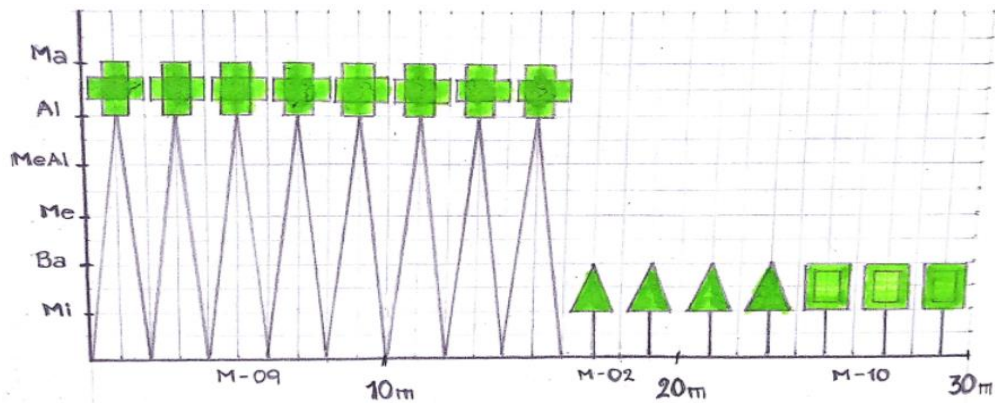


Imagen 14 Dansenograma Sector 3b

Fuente: Autores

La última imagen del dansenograma corresponde al transecto del sector 3b, se observa la mayor cobertura de las especies anfibia o palustres, como Cortadera (*Carex luridiformis*) y Sombrillita (*Hydrocotyle ranunculoides*), se observa menor proporción de las especies flotantes libres.

9.6. Evaluación de la calidad del agua por medio de índices de calidad (ICAs).

9.6.1. Calidad del agua

La calidad del agua de un sistema hídrico ya sea lotico y/o lentico depende de las características geomorfológicas, geológicas y litológicas de la región, lo cual condiciona las propiedades fisicoquímicas y el uso que se puede dar al recurso. (Ramirez, 2011)

9.6.2. ANÁLISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA

Para entender el comportamiento de la estructura y función de los humedales, es de vital importancia la valoración de los parámetros físico químicos del agua, ya que éstos están en proceso de resiliencia ecológica por su dinámica en el tiempo y en espacio, que en este caso responde a los 3 sectores del humedal de JABOQUE, de esta manera se puede establecer un acercamiento al conocimiento sobre el estado de la calidad del agua del humedal.

El análisis de la calidad del agua del humedal se realiza teniendo en cuenta los siguientes Artículos del 1076 de 2015, relacionando los rangos permisibles Decreto 1594 del 84 para preservación Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarias y el Acuerdo 043 del 2006, clasificación de usos del agua, para la cuenca del río Bogotá, con valores de los parámetros de calidad para aplicar por clase en este caso, tipo iii (valores asignados a la calidad de embalses, lagunas, humedales y cuerpos de agua lenticos).

La siguiente tabla relaciona los valores de las variables fisicoquímicas registradas durante la época de muestreo y en cada uno de los puntos de muestreo. (Anexo 1)

Tabla 19: (Calidad Del Agua) Aspectos fisicoquímicos

Factor	Unidades	Tercio alto (CAI)			Tercio medio (El paso)			Tercio bajo (Desembocadura)		
		01/26/20 (seca)	05/10/19 (Transicion)	02/08/19 (lluviosa)	01/26/20 (seca)	05/10/19 (Transicion)	02/08/19 (lluviosa)	01/26/20 (seca)	05/10/19 (Transicion)	02/08/19 (lluviosa)
Fecha	Dia/mes/año									
Temperatura	°C	20,85	16,70	18,20	17,36	15,56	17,91	17,41	14,52	17,69
Transparencia										
PH		6,81	6,63	6,16	6,80	6,48	6,73	6,63	6,51	6,57
Conductividad	µS/cm	265,11	351,67	317,50	405,94	157,33	180,00	374,67	317,50	191,33
Presion Atmosferica	Atm	11,02	0,75		10,97	0,75		10,96	0,75	
TDS		132,33	74,33		202,78	82,00		187,89	69,67	
Turbiedad	FNU	61,67	48,30	61,80	26,60	6,50	32,93	4,39		10,63
Salinidad	PSU									
Coliformes fecales		94000,00			3900,00			1200,00		
Coliformes totales		10200,00			10860,00			9870,00		
Demanda quimica de oxigeno		159,00			81,00			50,00		
Fosforo total		1,30			2,70			2,20		
Solidos suspendidos totales		43,00			12,00			<5		
Oxigeno Disuelto	mg/l	0,40	2,22	2,22	0,20	2,22	2,2	2,40	2,22	2,22
Alcalinidad	mg/L	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
DBO	mg/l	21,18	21,18	21,18	21,18	21,18	21,18	21,18	21,18	21,18

Fuente: Autores

Tabla 20: Convenciones por colores.

Convenciones	
Multiparametro	
Laboratorio	
Informacion secundaria	

Fuente: Autores

9.6.3. Temperatura:

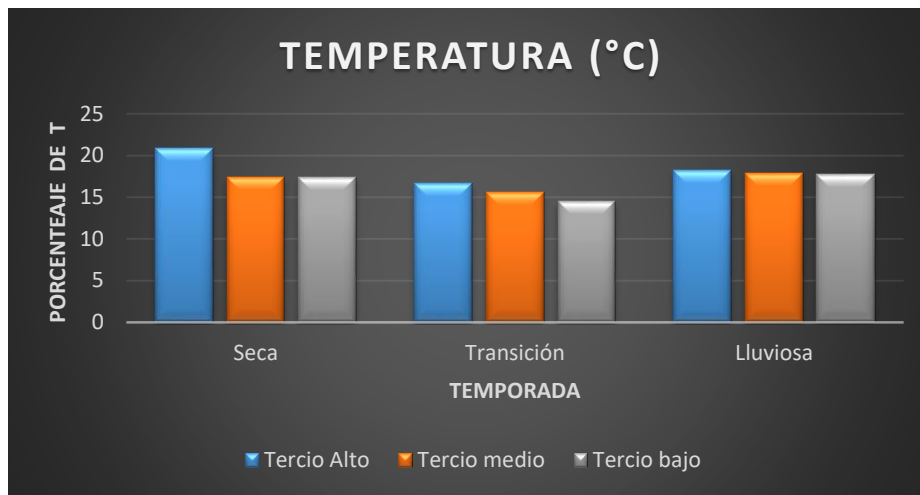
La temperatura relaciona medida del calor, en este caso del agua del humedal, se considera como un valor de la energía cinética media de las moléculas de agua, se expresa en una escala lineal de grados centígrados o grados Fahrenheit. Es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua dependiendo directamente de la calidad y cantidad de luz, es determinante en el comportamiento del oxígeno disuelto en el agua del cual depende la biota y la biogeoquímica de los ecosistemas; la solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa, a continuación, se relacionan los valores obtenidos para cada punto y fecha de monitoreo del humedal:

Tabla 21: (Temperatura (°C))

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor más restrictivo que se puede obtener
Temperatura	01/26/2020	Seca	20,8	17,3	17,4	NR
	05/10/2019	Transición	16,7	15,6	14,5	
	03/08/2019	Lluviosa	18,2	17,9	17,7	

Fuente (Autores)

Gráfica 4: (Comportamiento de la temperatura en tres temporadas transición, seca y lluviosa)



Fuente (Autores)

La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua, a menor temperatura se transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos. El aumento de la temperatura en nuestros ríos se puede deber a vertidos de agua caliente de plantas industriales, especialmente de agua de refrigeración. También se puede deber a la escasez de árboles en la orilla del río, provocando que no haya mucha sombra. También a aguas de escorrentía urbanas.

Para el humedal de Jaboque, la temperatura varió con respecto a los tercios se comporta como debería de esperarse, debido a la posición geográfica, respondiendo a la dinámica climática, disminuyendo la temperatura en cada punto de muestreo, mientras va llegando al sitio de confluencia con el río Bogotá, por otro lado, se evidencia en la temporada seca un comportamiento igual debido a que no se mantiene un flujo continuo, derivado de la precipitación en esta época.

9.6.4. Oxígeno Disuelto

Este uno de los parámetros más importantes en la determinación de calidad del agua, ya que es base para el metabolismo de la biota acuática, (Wetzel 1981) siendo base para la determinación de estados tróficos producto de su actividad en los procesos de óxido reducción en el cual interviene. El nivel de OD en aguas naturales es frecuentemente indicativo de su calidad, debido a que las plantas acuáticas

producen oxígeno mientras los microorganismos generalmente lo consumen al alimentarse de contaminantes.

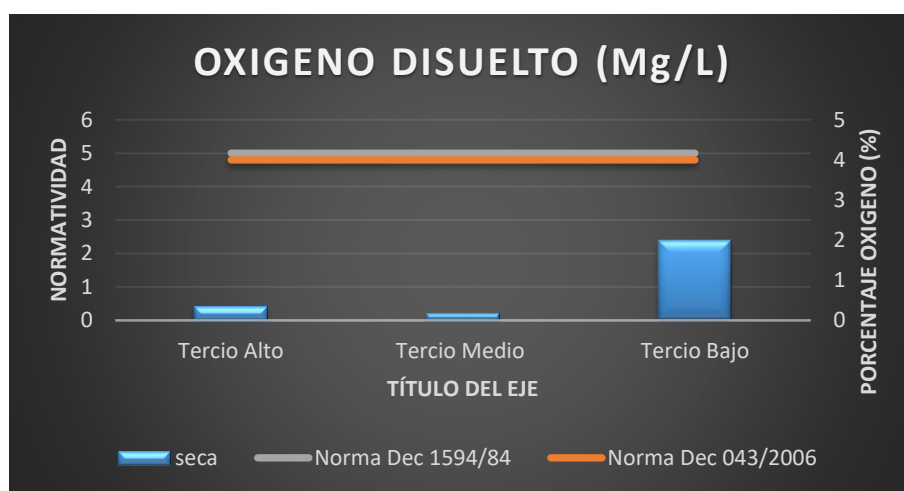
El OD es esencial en el sostenimiento de los peces y otras formas de vida acuática y ayuda en la descomposición natural de la materia orgánica. La ausencia de oxígeno permite la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y la producción de material tóxico en el agua. Habitualmente el agua se considera de buena calidad cuando este parámetro está por encima del 75% o está entre 7 a 9 mg/l. Depende de las actividades químicas, fisiológicas y bioquímicas que se presentan en el cuerpo de agua, su evaluación es clave en el análisis de aguas contaminadas y de seguimiento en aguas en proceso de recuperación. (Apha 1991). Los valores registrados para el humedal son:

Tabla 22: (Oxígeno Disuelto (mg/l))

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor más restrictivo que se puede obtener	Decreto General 1076 de 2015
Oxígeno Disuelto (Mg/l)	01/26/2020	Seca	0,4	0,2	2,4	4	1594 del 84
						5	043 del 2006
	2003	Promedio	2,22				

Fuente: (Autores)

Gráfica 5: (comportamiento del oxígeno disuelto en tres temporadas transición, lluviosa, seca)



Fuente: (Autores)

La concentración de oxígeno más baja, durante el mes enero/26/2020 fue de 0,2, siendo muy bajo, debido al exceso de materia orgánica presente en la entrada del humedal que agota el oxígeno de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. Este oxígeno se disuelve con facilidad hasta que el agua se satura. Una vez disuelto, se difunde lentamente y su distribución depende del movimiento del agua. Para la misma temporada de tiempo en tercio alto el oxígeno disuelto es de 2,4 evidenciando una oxigenación importante del medio, jugando las plantas un papel fundamental, ya que durante el día captan dióxido de carbono convirtiéndolo en oxígeno.

El oxígeno de un sistema acuático no depende solo de la producción y el consumo, existen otros factores como la salinidad (el agua dulce tiene más oxígeno que la salada), la temperatura o la altitud a la que se encuentra Bogotá con 2600 msnm.

El oxígeno es responsable de dos fenómenos indispensables, la respiración de los seres vivos, y la descomposición de la materia orgánica cuando muere. Esta descomposición se realiza a través del oxígeno en sí mismo, gracias a su capacidad oxidante y mediante bacterias y hongos que necesitan oxígeno para consumir y degradar los desechos de los seres vivos.

9.6.5. pH

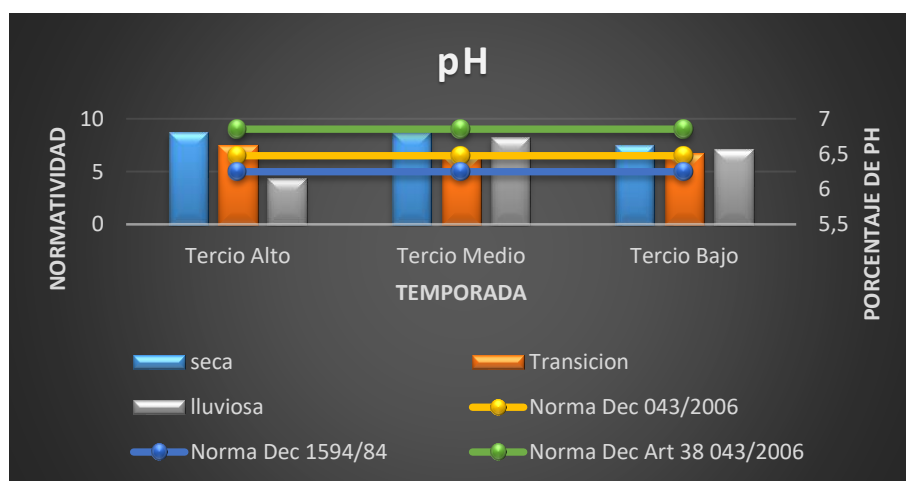
La medida del parámetro se basa en la determinación de la actividad de los hidrogeniones, parámetro común e importante en la determinación de la acidez o basicidad de las aguas, el pH tiene una relación directa con la alcalinidad, los procesos de transformación del CO₃ y la temperatura, la cual puede acelerar los procesos de acidificación en los cuerpos de agua, (Apha 1991), los valores registrados durante el muestreo se relacionan a continuación:

Tabla 23: (Unidades de pH)

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor más restrictivo que se puede obtener	Decreto 1076 de 2015
pH	01/26/2020	Seca	6,806	6,803	6,63	5,0 a 9,0	1594 del 84
	05/10/2019	transición	6,63	6,47	6,5		
	03/08/2019	lluviosa	6,156	6,73	6,57		

Fuente: (Autores)

Gráfica 6: (comportamiento del parámetro pH)



Fuente: (Autores)

						puede obtener	
Conductividad (µs/m)	01/01/2020	lluviosa	265,11	405,94	374,667	250	1594 del 84
	05/10/2019	transición	351,666	157,333	317,5		
	03/08/2019	seca	317,5	180	191		

Fuente (Autores)

Gráfica 6: (comportamiento de la conductividad en el tiempo)



Fuente (Autores)

Con la conductividad se puede tener una idea del funcionamiento del sistema acuático por: actividad iónica, diversidad biológica (a mayores conductividades baja la diversidad-osmorregulación). La conductividad eléctrica del agua también depende de la temperatura del agua: mientras más alta la temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica. Los cuerpos de aguas naturales tropicales poseen conductividades que oscilan entre 30 y 60 µS/cm, para este caso particular, el humedal del Jaboque registró valores por debajo de lo referenciado en la norma que oscilaron entre 157,333±405,94 1 µS/cm.

En todos los casos, los puntos de muestreo durante los meses de octubre y agosto de 2019 registraron conductividades menores a 1000 µS/cm, asociado al período en transición de aguas bajas a altas cumpliendo con el límite máximo permisible por **el Decreto 1594 de 1984**. Se evidencia en la temporada lluviosa un incremento en la conductividad incumpliendo la norma, relacionado por la gran precipitación y el mismo ecosistema bajando en estas zonas la generación de macrófitas.

9.6.7. Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos presentes en aguas en los cuerpos de agua en general corresponden a los contenidos de Sólidos Totales (ST), Sólidos Disueltos (SD) y Sólidos Suspendidos (SS). Se refieren al material remanente luego de la evaporación y secado a 105 °C. Cuando se tienen altas concentraciones de sólidos en la columna de agua se presentan efectos como

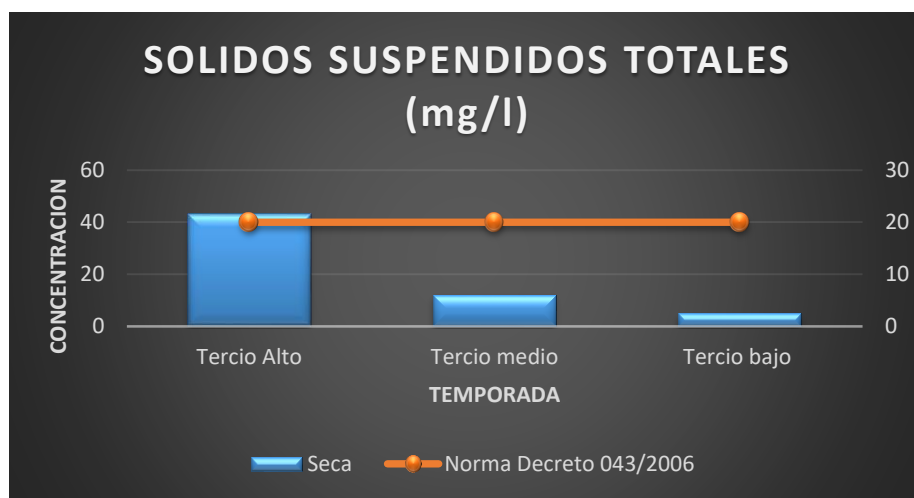
interferencia con la penetración de la luz, disminución del oxígeno disuelto y alteración del desarrollo de la vida acuática (Sierra (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)). Los sólidos disueltos corresponden a los iones solubles en el agua incluyendo cloruros, magnesio, calcio, potasio, sulfatos, sodio, entre otros. Los valores elevados se relacionan con alta concentración de sales minerales en la columna de agua, que afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano, ya que pueden ocasionar reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores. Los sólidos suspendidos corresponden a arcillas, limos y materia orgánica finamente dividida, que se relacionan directamente con la turbiedad del agua (Sierra (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)).

Tabla 25: (sólidos Suspendidos Totales (Mg/l))

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor restrictivo más que se puede obtener	Decreto 1076 de 2015
sólidos Suspendidos Totales (Mg/l)	01/01/2020	Seca	43	12	<5	20	043/2006

Fuente (Autores)

Gráfica No 7: (Comportamiento de los SST)



Fuente: (Autores)

9.6.8. DQO

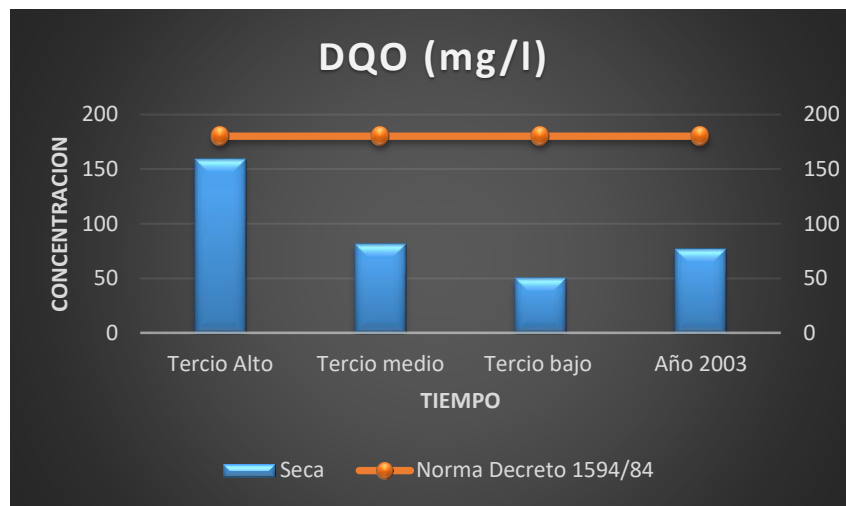
La DQO es la cantidad de oxígeno consumida por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas. Es la medida del material oxidable, cualquiera sea su origen, biodegradable y no biodegradable. El vertimiento de aguas residuales domésticas o industriales incrementa el contenido de materia orgánica en el agua, con el consecuente aumento de la DQO y la disminución del oxígeno disuelto. Los valores registrados para el humedal se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 26: (Demanda química de oxígeno (mg/l))

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor más restrictivo que se puede obtener	Decreto
DQO mg/l	01/01/2020	Seca	159	81	50	180	1594 del 84
	Año 2003	Seca Transición Lluviosa	77,07				

Fuente (Autores)

Gráfica 8: (Comportamiento del DQO en el tiempo)



Fuente (Autores)

En cuanto a la cantidad de materia orgánica se pudo evidenciar que el humedal el Jaboque presenta altos grados de contaminación por materia orgánica en los tercios altos, debido al ingreso de los dos afluentes, los Angeles y el Carmelo, que canalizan al ecosistema en su parte inicial, registrando valores por encima de los 160 mg/L establecidos en la normatividad colombiana, por otro lado respecto al valor promedio tomado en el año 2003 de 77,07, la tendencia no varía con respecto a la media de ese año, con valores promedio que oscilaron entre 50 ± 160 mg/L. para cada uno de los puntos muestreados, una mejoría con respecto a la degradación de la materia orgánica, gracias a las macrófitas disponibles a medida que se avanza en el transcurso normal del humedal, con un valor promedio de 50 mg/l, cumpliendo la norma establecida en el decreto 042 del 2006.

Es de destacar, que se hace un análisis solo por una temporada del año (seca), por falta de información secundaria y época de pandemia, registrando bajas concentraciones en comparación con los demás puntos de muestreo con valores < 50 mg/L. Por otra parte, al comparar estos resultados con humedales de Bogotá, en similares condiciones al humedal el juncal por efectos antrópicos (vertimientos), en este caso Santa María del Lago de acuerdo con estudio realizado por (Fierro, caballero 2015), se obtuvieron valores para DBO5 que fluctúan entre (24-diferentes puntos del cuerpo de agua. En lo referente a la DQO, en el

Humedal La Conejera, la DQO fluctuó entre (1113,33 mg/L -353.33 mg/L), mientras que para el humedal el Jaboque los valores fluctuaron entre (50 mg/L-160 mg/L). En la determinación de la demanda química de oxígeno se puede medir el contenido de materia orgánica presente en el agua, mediante la oxidación química. La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la materia orgánica existente en una muestra de agua y oxidable mediante la reacción con un oxidante fuerte. Los compuestos orgánicos pueden ser oxidados a CO₂ y agua (Romero J. A., 2005). Nuevamente, se infiere que los bajos valores que presenta el juncal respecto a otros cuerpos de agua obedecen a una contaminación alta presente en el mismo pero debido a su gran extensión y su gran cantidad de macrófitas, ayudan en gran parte a la recuperación del mismo.

9.6.9. Fosforo Total

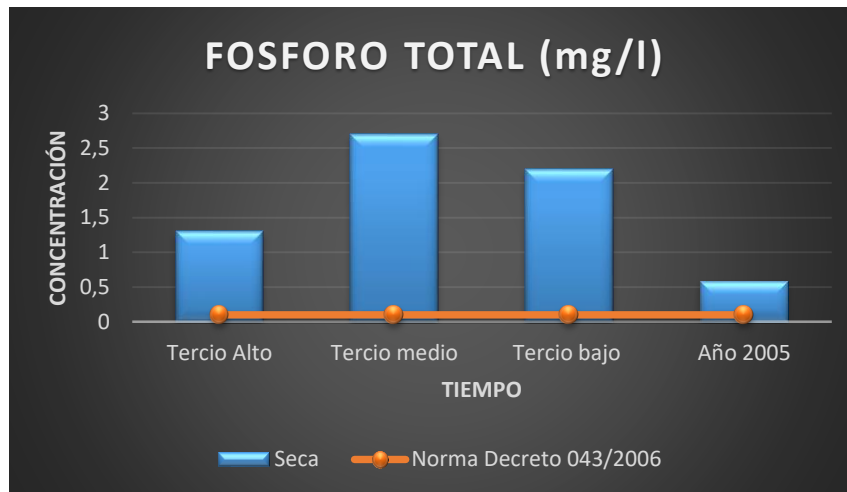
El fósforo es esencial en el crecimiento de plantas. considerado como uno de los nutrientes más importantes que controlan el crecimiento de algas, el fósforo se encuentra presente en todas aquellas aguas naturales y residuales que contienen vertimientos de aguas residuales domesticas (detergentes), lixiviación de fertilizantes provenientes de aguas domesticas que desembocan en fuentes de agua puntuales. Siendo la causa primaria de la eutrofización en los cuerpos de agua, Aumentando las al problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras.

Tabla 27: (Fósforo Total (mg/l))

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor más restrictivo que se puede obtener	Decreto 1076 de 2015
Fosforo Total	01/01/2020	Seca	1,3	2,7	2,2	0,1	043 del 2006
	2005	Seca, transición lluviosa	0,59				

Fuente: (Autores)

Gráfica 9: (Comportamiento del fosforo con respecto al tiempo)



Fuente (Autores)

Este parámetro junto con las formas del nitrógeno (nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal) constituyen los principales fuentes de nutrientes en los cuerpos de agua y un exceso de ellos se traduce en procesos de eutrofización (enriquecimiento de nutrientes), que afectan los cuerpos de agua reduciendo entre otras cosas la diversidad biológica (Ramírez González & Viña Vizcaíno, 1998), en el trópico el fósforo es un nutriente que se encuentra en bajas concentraciones y en los medios acuáticos está en la forma de ortofosfatos y fosfato formándose a partir del fósforo orgánico disuelto (se descompone por acción bacteriana) y cuyas formas son asimilables por la hidrobiota (Macrófitas, microorganismos) (Sierra Ramírez (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)).

Este elemento, se libera al medio por mineralización y descomposición de la materia orgánica y de los sedimentos del sustrato, y es integrada al detritus que se deposita en el fondo y es liberado lentamente en función de la temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH (Wetzel, 1981). En la zona tropical dada sus altas temperaturas el fósforo se consume más rápidamente dado que ésta acelera los procesos metabólicos (más energía cinética), siendo las concentraciones muy bajas con valores promedio entre 0,01-0,025 mg/L (Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro, 2009). La forma que el fósforo aumente es con las actividades antrópicas, por lo cual es un indicador de cantidad de detergentes sintéticos vertidos a los cuerpos de agua, éstos poseen entre 12 y 13% de fósforo dentro de sus composiciones (Sierra Ramírez, 2011), Con base en lo anterior, y una vez analizado los valores de fósforo total se pudo evidenciar que el humedal se encuentra en procesos de eutrofización e hiper-eutrofización con valores promedio que oscilaron entre 2,7y 2,2 mg/l en los tercios medio y bajo, superando las concentraciones de referencia de Sierra (2011) & Romero (2005), lo anterior, se puede asociar a las actividades que se desarrollan alrededor del sistema vertidos de aguas residuales

9.6.10. Coliformes Fecales Y Totales

Los coliformes fecales totales son pequeños microorganismos conocidos *Enterobacterias* provenientes de materia orgánica como agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, y formada primordialmente en el tracto gastrointestinal, del ser humano y los animales

homeotermos. Se definen como bacterias gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa produciendo gas de forma aerobia y anaerobia definidos como el grupo coliforme (*Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter*); Estas bacterias pueden ser utilizadas para valorar la calidad de los alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio; Una elevada proporción de los coliformes que existen los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario, para el humedal durante el muestreo se registraron los siguientes valores.

Tabla 28: (Coliformes Fecales Totales (NMP/100ml))

Parámetro	Fecha	Temporada	Tercio Alto	Tercio medio	Tercio bajo	Valor más restrictivo que se puede obtener	Decreto 1076 de 2015
Coliformes totales (ppm/100ml)	01/01/2020	Seca	1022000	108600	9870	5000	043 del 2006
Coliformes fecales (ppm/100ml)	01/01/2020	Seca	9400000	39000	1200	NR	

Fuente (Autores)

Gráfica 10 (Comportamiento del parámetro coliformes fecales y totales)



Fuente (Autores)

Es notable evidenciar la gran cantidad de materia orgánica en la entrada del humedal excediendo los límites máximos permisibles, ya que confluyen en el mismo dos canales el Carmelo y los ángeles, (aguas residuales domesticas cargadas de gran materia orgánica y otros componentes como detergentes entre otros.) a medida que avanza el trayecto del humedal disminuye en cada tercio, debido a la acción natural de sedimentación y

descomposición por actividad bacteriana y/o acción natural de las comunidades de macrófitas.

Para esta investigación se trabajaron los índices de:

- ICOMI: índice de contaminación por mineralización
- ICOMO: índice de contaminación por materia orgánica
- ICOSUS: índice de contaminación por sólidos suspendidos
- ICOTRO: índice de contaminación por estado trófico determinado por el fósforo total.

9.6.11. Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO)

La eutrofización puede determinarse mediante las variables que la causan: concentraciones de nutrientes, principalmente fósforo u ortofosfatos. En este caso mediante la concentración de fósforo total con un valor promedio.

Tabla 29: Índice ICOTRO

Clasificación del índice ICOTRO		
Estado	Rango	Unidad
Oligotrófico	< 0,01	mg/l
Mesotrófico	0,01 – 0,02	mg/l
Eutrófico	0,02 – 1	mg/l
Hipertrófico	> 1	mg/l

Fuente: Autores

Índice de contaminación trófico (ICOTRO)						
		Oligotrófico	< 0,01	(g·m ⁻³)		
		Mesotrófico	0,01 - 0,02	(g·m ⁻³)		
		Eutrófico	0,02 - 1	(g·m ⁻³)		
		Hipereutrófico	>1	(g·m ⁻³)		
TERCIO ALTO		Promedio				
TEMPORADA SECA						
Fosforo		0,098				
ICOTRO	T.SECA	Eutrófico	T.LLUVIOSA	Eutrófico	T. TRANSICION	
TERCIO MEDIO		Promedio				
TEMPORADA SECA						
Fosforo		0,128				
ICOTRO	T.SECA	Hipereutrofico	T.LLUVIOSA	Eutrófico	T. TRANSICION	
TERCIO BAJO		promedio				
TEMPORADA SECA						
Fosforo		2,2				
ICOTRO	T.SECA	Hipereutrofico	T.LLUVIOSA		T. TRANSICION	

Fuente: Autores

Tabla 30: Calificación según tercio (ICOTRO)

ICOTRO			
TERCIO	TEMPORADA	ICOTRO (Mg/l)	ICOTRO
ALTO	SECA	0,098	EUTROFICO

MEDIO	SECA	0,128	HIPEREUTROFICO
BAJO	SECA	2,2	HIPEREUTROFICO

Fuente: Autores

9.6.12. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)

Es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0-1; índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización, e índices cercanos a uno (1), lo contrario. En las siguientes tablas se presentan las concentraciones tomadas como base para la elaboración de los índices de cada variable.

Tabla 31: índice de contaminación por mineralización

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)						
$ICOMI = 1/3 (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$						
TERCIO ALTO	Promedio	Log10.Icond	I conductividad	Ialcalinidad		
TEMPORADA SECA						
Conductividad	265,111	-0,013	0,971			
Alcalinidad	2,020	0		-0,23990		
Dureza Total	82,560			-0,656		
TEMPORADA LLUVIOSA						
Conductividad	317,500	0,092	1,24			
Alcalinidad	2,020			-0,23990		
Dureza Total	82,560			-0,656		
TEMPORADA TRANSICION						
Conductividad	351,660	0,152	1,418			
Alcalinidad	2,020			-0,23990		
Dureza Total	82,560			-0,656		
ICOMI	T.SECA	0,025	T.LLUVIOSA	0,114	T. TRANSICION	0,174
TERCIO MEDIO						
TEMPORADA SECA						
Conductividad	405,944	0,235	1,72			
Alcalinidad	2,020			-0,240		
Dureza total	82,560			-0,656		
TEMPORADA LLUVIOSA						
Conductividad	180,000	-0,238	0,58			
Alcalinidad	2,020			-0,240		
Dureza total	82,560			-0,656		
TEMPORADA TRANSICION						
Conductividad	157,330	-0,316272533	0,482755763			
Alcalinidad	2,020			-0,240		
Dureza total	82,560			-0,656		
ICOMI	T.SECA	0,274	T.LLUVIOSA	-0,106	T.TRANSICION	-0,138
TERCIO BAJO						
TEMPORADA SECA						
Conductividad	374,666	0,189	1,54			
Alcalinidad	2,020			-0,240		
Dureza total	82,560			-0,656		
TEMPORADA LLUVIOSA						
Conductividad	191,333	-0,202	0,63			
Alcalinidad	2,020			-0,240		
Dureza total	82,560			-0,656		
TEMPORADA TRANSICION						
Conductividad	317,500	0,092336598	1,236905719			
Alcalinidad	2,020			-0,240		
Dureza total	82,560			-0,656		
ICOMI	T.SECA	0,216	T.LLUVIOSA	-0,090	T. TRANSICION	0,1136

Fuente: Autores

Tabla 32: clasificación del Índice (ICOMI)

ICOMI			
TERCIO	TEMPORADA	ICOMI	CONTAMINACIÓN
ALTO	SECA	0,025	BAJA
	LLUVIOSA	0,114	BAJA
	TRANSICIÓN	0,174	BAJA
MEDIO	SECA	0,274	MUY BAJA
	LLUVIOSA	0,106	BAJA

	TRANSICIÓN	0,138	BAJA
BAJO	SECA	0,216	MUY BAJA
	LLUVIOSA	0,09	BAJA
	TRANSICIÓN	0,113	BAJA

Fuente: Autores

9.6.13. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Los sólidos suspendidos representan en los cuerpos de agua procesos erosivos y extractivos, los cuales tienen efecto sobre los ecosistemas acuáticos, por lo que se manifiesta en la reducción de la penetración de luz y con ello impedimento de fotosíntesis y la producción primaria de algunos organismos.

Tabla 33: Índice de contaminación por sólidos suspendidos

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)			
ICOSUS = - 0,02 + 0,003 sólidos suspendidos (g·m⁻³).			
TERCIO ALTO		Promedio	
TEMPORADA SECA			
Sólidos suspendidos totales		43,000	
ICOSUS	T.SECA	0,109	
TERCIO MEDIO		Promedio	
TEMPORADA SECA			
Sólidos suspendidos totales		12,000	
ICOSUS	T.SECA	0,016	
TERCIO BAJO		Promedio	
TEMPORADA SECA			
Sólidos suspendidos totales		5,000	
ICOSUS	T.SECA	-0,005	

Fuente: Autores

Tabla 34: Clasificación según el índice (ICOSUS)

ICOSUS			
TERCIO	TEMPORADA	ICOSUS	CONTAMINACION
ALTO	SECA	0,109	MUY ALTA
MEDIO	SECA	0,016	MUY BAJA

BAJO	SECA	0,005	MUY BAJA
------	------	-------	----------

Fuente: Autores

9.6.14. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Relaciona la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y el porcentaje de saturación de oxígeno las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica.

Tabla 35: Índice de contaminación por materia orgánica

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)				
$ICOMO = 1/3 (I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxígeno\ \%})$				
TERCIO ALTO	Promedio	IDBO	ICOL.TO	Ioxígeno
TEMPORADA SECA				
DBO	21,180		0,878148169	
Coliformes	102200000,0		4	
Oxígeno%	0,400		0,996	
ICOMO	T.SECA	1,826		
TERCIO MEDIO	Promedio	IDBO	ICOL.TO	Ioxígeno
TEMPORADA SECA				
DBO	21,180		0,878148169	
Coliformes	1086000		2	
Oxígeno%	2,220		0,978	
ICOMO	T.SECA	1,265		
TERCIO BAJO	Promedio	IDBO	ICOL.TO	Ioxígeno
TEMPORADA SECA				
DBO	21,180		0,878148169	
Coliformes	9870		1	
Oxígeno%	2,400		0,976	
ICOMO	T.SECA	0,884		

Fuente: Autores

Tabla 36: Clasificación según el índice (ICOMO)

ICOMO			
TERCIO	TEMPORADA	ICOTRO	CONTAMINACIÓN
ALTO	SECA	1,826	MUY ALTA
MEDIO	SECA	1,265	MUY ALTA
BAJO	SECA	0,884	MUY ALTA

Fuente: Autores

9.7. Determinación de la calidad del agua ICA

El cálculo y la comparación de los parámetros fisicoquímicos permitió realizar la valoración de la calidad del agua del estado del humedal Jaboque mediante el índice de calidad de agua, consistiendo en la asignación de factores de ponderación a parámetros fisicoquímicos y la sumatoria de los valores de los subíndices en un valor final que expresa el valor total del índice.

Tercio alto entrada humedal

Tabla 37: índice de calidad del agua ICA tercio alto

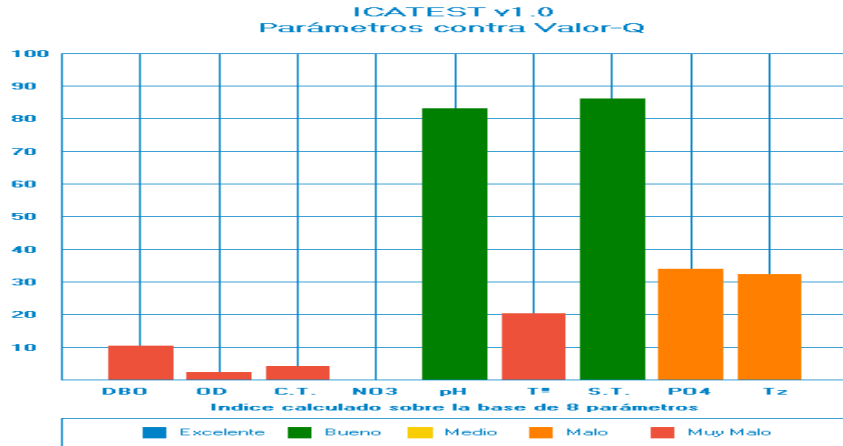
parámetro	Unidad	Resultados	Valor Q	Factor de ponderación	Subíndice
DBO	Mg/l	21,18	10,43	0,12	1,25
Oxígeno disuelto	%sat	0,4	2,2	0,18	0,4
Coliformes fecales	Col/100ml	94000	4,2	0,17	0,71
PH	unid	6,8	83	0,12	9,96
Temperatura	°c	20,84	20,3	0,11	2,23
Solidos totales	Mg/l	43	86,15	0,08	6,89
Fosfatos totales	Mg/l	1,3	34	0,11	3,74
Turbidez	NTU	61,67	32,33	0,09	2,91

Software ICATEST v1.0@. Fuente: Autores

Tabla 38: Clasificación del índice ICA tercio alto

Valor del índice	28.09
Numero de parámetros	8
Clasificación	mala
rango	26-50
calor	Naranja

Fuente: Autores



Tercio medio

Tabla 39: índice de calidad del agua ICA tercio medio

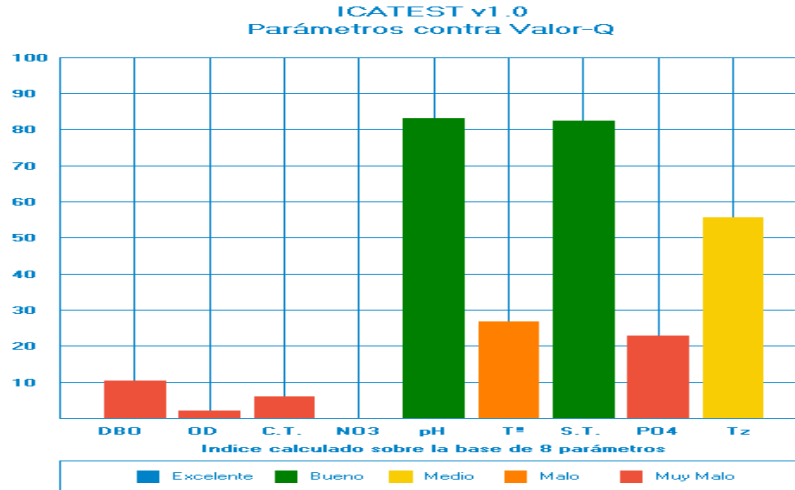
parámetro	Unidad	Resultados	Valor Q	Factor de ponderación	Subíndice
DBO	Mg/l	21,18	10,43	0,12	1,25
Oxígeno Disuelto	%sat	0,2	2,1	0,18	0,38
Coliformes Fecales	Col/100ml	3900	6,1	0,17	1,04
PH	unid	6,803	0,12	0,12	9,97
Temperatura	°c	17,35	26,74	0,11	2,94
Solidos Totales	Mg/l	12	82,4	0,08	6,59
Fosfatos totales	Mg/l	2,7	22,92	0,11	2,52
Turbidez	NTU	26,6	55,72	0,09	5,01

Software ICATEST v1.0® . Fuente: Autores

Tabla 40: Clasificación del índice ICA tercio medio

Valor del índice	29,7
Numero de parámetros	8
Clasificación	Mala
rango	26-50
calor	Naranja

Fuente: Autores



Gráfica índice de calidad del agua (ICA)

En la gráfica se observó que los parámetros Oxígeno disuelto, Coliformes totales y Temperatura presentan valores de calidad (Q) entre (3,74-24,8), indicando una calidad muy mala; mientras que los valores de Q para los parámetros Nitratos y Fosfatos se encuentran entre (96,72- 97,2) dando una calidad excelente.

Tercio bajo desembocadura

Tabla 41: índice de calidad del agua ICA Tercio Bajo

parámetro	Unidad	Resultados	Valor Q	Factor de ponderación	Subíndice
DBO	Mg/l	21,18	10,43	0,12	1,25
Oxígeno disuelto	%sat	2,4	3,2	0,18	0,58
Coliformes fecales	Col/100ml	1200	21,2	0,17	3,6
PH	unid	6,63	76,48	0,12	9,18
Temperatura	°c	17,4	26,65	0,11	2,93
Solidos totales	Mg/l	4	80,2	0,08	6,42
Fosfatos totales	Mg/l	2,2	25,83	0,11	2,84
Turbidez	NTU	4,39	87,22	0,09	7,85

Software ICATEST v1.0® . Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Clasificación del índice ICA Tercio Bajo

Valor del índice	34,65
Numero de parámetros	8
Clasificación	Mala
Rango	26-50
Color	Naranja

Fuente: Autores

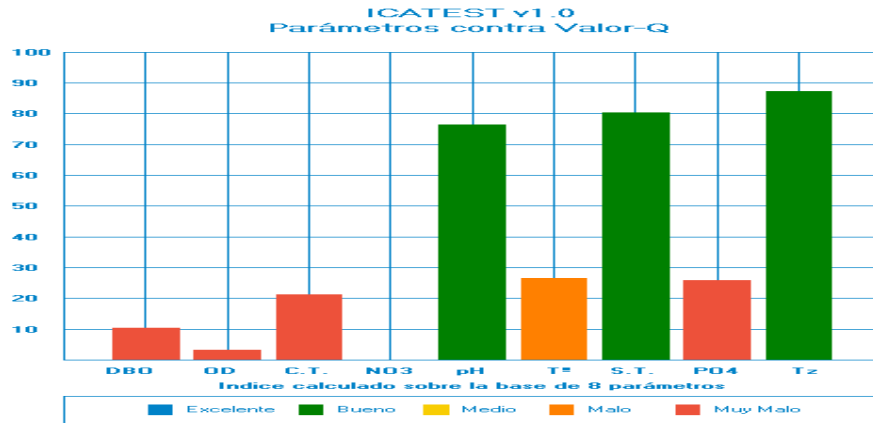


Tabla 43: Usos del agua según su ICA

ica	Agua potable	Agrícola	Pesca y vida acuática	Industrial	Recreativo
26-50	Inaceptable para consumo	Uso solo en cultivos muy resistentes o tratamiento necesario para la mayoría de los cultivos	Vida acuática limitada a especies muy resistentes e inaceptable para actividad pesquera	Tratamiento para mayoría de usos	Dudosa para contacto con el agua. Evitar contacto

Los valores de índices obtenido para los puntos fueron 34,65, estos valores se encuentran en la categoría de mala, en el rango de 26 a 50. Indicando una calidad del agua inaceptable para su consumo y requiere de tratamiento, en el uso en agricultura se requiere de tratamiento o solo en cultivos muy resistentes, pues presenta una problemática con la contaminación.

En el análisis de este índice los parámetros de cuidado son Oxígeno disuelto, Coliformes Totales, Temperatura, y DBO ya que se hallan en límites de calidad mala a muy mala, pues estos parámetros son responsables de que este índice no alcance valores de excelente, por lo tanto, sobre estos parámetros se debe centrar la atención para la toma de decisiones.

9.8. Establecer la relación entre las macrófitas y la calidad del agua por medio de herramientas estadísticas (PAST & R-STUDIO).

9.8.1. Correlación de spearman

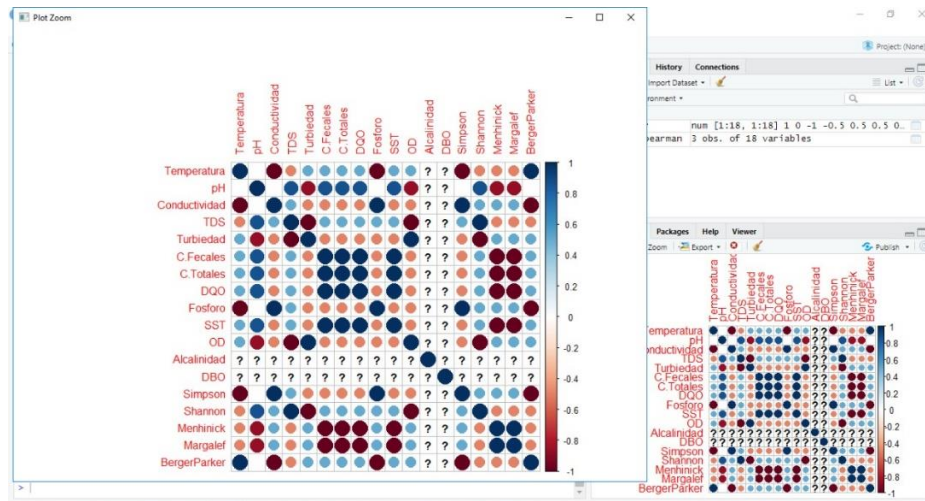
El Coeficiente Spearman, ρ , puede tomar un valor entre +1 y -1 donde

Un valor de +1 en ρ significa una perfecta asociación de rango

Un valor 0 en ρ significa que no hay asociación de rangos

Un valor de -1 en ρ significa una perfecta asociación negativa entre los rangos.

Si el valor de ρ se acerca a 0, la asociación entre los dos rangos es más débil, Como se observa en la Gráfica la correlación muestra los colores de azul a rojo de diferentes tonalidades que representan el Rho de Spearman



Fuente (Autores)

La Correlación de Spearman presenta una interacción de los componentes abióticos y la vegetación acuática del humedal. La física del agua en términos de Temperatura y penetración de luz tienen una variación conforme a la vegetación acuática y a la estación del año (Seca, Transición y Lluviosa). El valor promedio de la Temperatura fue de 16,9 ° C; con 20,84 ° C el valor más alto se presentó en temporada seca y en tercio alto en donde hay mayor % de cobertura de macrófitas, es decir, que ha mayor número de individuos de macrófitas sobre un cuerpo de agua la temperatura de este va a registrar valores máximos.

De otra parte, los indicadores cuantitativos de la temperatura media superficial local y regional indican que esta ha aumentado y por ende la evaporación se ha incrementado en los cuerpos de agua – espejos de agua – al interior del humedal, así como de la evapotranspiración para las áreas de pantano y áreas con vegetación propias del humedal y que sumado al efecto de terrificación o emprudización se favorece o se da lugar al déficit de agua. (Acueducto agua y alcantarillado de bogotá, 2006)

Dentro de la química del agua la vegetación acuática influye en la disponibilidad de oxígeno disuelto y nutrientes. Los fosfatos registraron un valor promedio de 2,06 mg/l; con 2,7 mg/l el valor más alto se presentó en tercio medio gracias a que en esta zona se presentan la confluencia de los canales perimetrales y el brazo de Villa Gladys, la zona de cultivos de fresas y hortalizas, el brazo de Villa Gladis.

El nitrógeno se encuentra en distintos estados de oxidación, uno de ellos son los nitratos el cual proviene en parte del nitrógeno orgánico de las macrófitas y de otra parte de la atmósfera que es fijado por las algas; los nitratos son la forma de nitrógeno inorgánico menos abundante en el humedal con un intervalo entre los 0.1 y 0.3 mg/L de N-NO₃. Estas bajas concentraciones se pueden atribuir al predominio de condiciones reductoras en el humedal dado un bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua, que conducen a la utilización del nitrato por parte de los microorganismos como aceptor de electrones durante la respiración, proceso que puede ocurrir antes de que el oxígeno sea completamente consumido. Adicionalmente, la asimilación por organismos fotosintetizadores puede superar ampliamente el ingreso y

formación de dicho compuesto, hasta el punto de provocar en algunos casos una disminución tan fuerte que las concentraciones no son detectables. (Acueducto agua y alcantarillado de bogotá, 2006)

El oxígeno disuelto registrado para el humedal Jaboque tiene un promedio de 1,8 mg/L, lo que indica un déficit de oxígeno o condiciones de hipoxia. Los valores mínimos se presentaron en tercio alto y medio en temporada seca, debido a que en esta época del año los espejos de agua se secan y luego renacen. La cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua, una vez disuelto se difunde lentamente y su distribución depende del movimiento del agua; este movimiento del agua depende del número de individuos de macrófitas, es decir, Ha mayor número de individuos de plantas acuáticas, el oxígeno disuelto disminuye. En los tercios alto y medio se presentan los porcentajes de cobertura de macrófitas más altos, por tal razón los valores de oxígeno disuelto son los más bajos.

10. IMPACTO SOCIAL, HUMANÍSTICO DEL PROYECTO

La Asociación para el Desarrollo Social y Ambiental –ADESSA-, siempre ha concebido: “trabajar en mejorar la calidad de vida la implementación de procesos pedagógicos centrados en la acción y el desarrollo de la capacidad de análisis de los ciudadanos para ser gestores de la transformación del entorno social y ambiental del humedal Jaboque, poniendo en marcha proyectos interdisciplinarios como, pérdida de los valores históricos, cambio en el paisaje, calidad de vida, áreas receptoras de población con la finalidad de planificar el desarrollo sostenible en el ecosistema Humedal Jaboque, así como la multiplicación del conocimiento y diversificación de actores y abrir canales de corresponsabilidad hacia la comunidad y las entidades encargadas en el manejo y desarrollo sostenible de este importante ecosistema de la sabana de bogota .

De allí, para cumplir con ellos, se integran tres grandes componentes, el físico - biótico y social, con el primero a través de procesos de investigación se adelantan estudios de hidrodinámica, calidad del agua, amenazas naturales; con el segundo la flora, fauna (teniendo en cuenta aves, mamíferos y herpetofauna) e hidrobiota y; finalmente una intervención directa con las comunidades barriales y estudiantiles en capacitación, organización y asesoría con el objetivo de construir una cultura ambiental y de cuidado - defensa del humeda

El propósito es el de iniciar un acercamiento interinstitucional con la comunidad aledaña en la zona de intervención favoreciendo una sensibilización frente a la importancia del ecosistema Humedal Jaboque, trabajando a partir del fortalecimiento de los canales de información y comunicación con la comunidad y el acercamiento con las instituciones presentes en el sector.

Uno de los componentes dentro del análisis del Plan de Manejo Ambiental del Humedal Jaboque, es la identificación y valoración de aquellas actividades generadoras de modificaciones al medio y los posibles potenciales que pueden producir algún tipo de impacto y que inciden directamente sobre esta Área Natural Protegida.

Se mostró a lo largo del estudio, las diferentes presiones y los diversos impactos negativos que recibe día a día el humedal Jaboque, dando una esperanza de un futuro, no muy alentador si no se ponen en marcha planes conservación y manejo integral. Muy probablemente, si el aumento de la contaminación y la colmatación siguiera generándose de esta forma incontrolada, en un futuro el humedal tendría más sectores secos y mayor presencia de especies vegetales no nativas como el pasto "Kikuyo". Adicional a lo anterior se agotaría el recurso hídrico, habría deterioro paisajístico, se perdería la fauna asociada y las funciones ecológicas que realiza el humedal quedarían truncadas (Mapa 7). Se puede decir, que la fauna silvestre en general, ha visto afectada su diversidad, como consecuencia de la presión que están ejerciendo la comunidad aledaña al humedal y los animales domésticos de estos, al alterar las condiciones ecológicas y biológicas óptimas para el desarrollo de la fauna nativa.

El diseño actual de las obras urbanísticas implementadas por la EAAB, está causando un deterioro del funcionamiento ecosistémico del Humedal. Así como lo afirma Andrade (1998): En los humedales remanentes el déficit de agua tiene consecuencias graves sobre la dinámica del ecosistema. En el Humedal Jaboque, desde la cra. 105 hasta la cra 122, se ha generado un estrés hídrico al interior del mismo ("materas") porque el agua que originalmente le ingresaba por escorrentía, actualmente es evacuada rápidamente a través de los canales perimetrales. Esta situación favorece el rápido crecimiento de especies vegetales como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y la consecuente "terrificación", de manera que las plantas hidrófilas y su biota asociada tenderán a desaparecer, y con ellos toda la estructura trófica natural.

11. CONCLUSIONES

- La comunidad de macrófitas se constituye por un total de 13 especies en el Humedal Jaboque. Las especies más representativas son: Pasto Kikuyo (*Penisetum clandestinum*) con un porcentaje de cobertura de 16,09% en un área de 307,336.36 metros cuadrado; Lenteja de Agua (*Lemna gibba*) con un porcentaje de cobertura de 9,19% en un área de 175,635.48 metros cuadrados y por último el Junco (*Juncus effesus*) con un porcentaje de cobertura 4,60% en un área 87,793.65.
- Dentro de la metodología de CORINE Land Cover para el estudio del Humedal, las unidades de cobertura de tierra encontradas son: Tejido Urbano Continuo, Aeropuerto, Zonas Verdes Urbanas, Instalaciones Recreativas, Pastos Arbolados, Herbazal, Llanura Aluvial, Vegetación Acuática, Espejos de Agua y Rio Bogotá.
- De las especies identificadas en el humedal 11 de ellas tiene forma biológica (AP) Anfibias y Palustres como plantas emergentes y flotantes cuya función es la de purificar el agua y ser refugio y hábitat de 105 especies animales, entre aves, mamíferos y reptiles.
- Teniendo en cuenta los resultados arrojados por el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Turbiedad, Fosfatos, Nitratos, Sólidos disueltos totales, DBO5 y Coliformes Totales) y el valor arrojado por los ICAs, se determinó que los parámetros de Oxígeno disuelto, Coliformes Totales, Temperatura, y DBO5 permitieron establecer que el humedal presenta una mala calidad de agua, debido a la elevada carga orgánica que éste presenta.
- Las variables fisicoquímicas son fundamentales para comprender la presencia y abundancia de las especies de las comunidades hidrobiológicas presentes en el humedal. Esto permitió crear una relación directa entre las especies presentes, su abundancia y el estado trófico. En consecuencia, el estado trófico determinado para ese humedal en el presente estudio fue mesotrófico con tendencia a eutrófico.
- El sistema evaluado en el presente estudio presentó condiciones tróficas a la entrada del humedal y niveles hipertróficos en la gran mayoría del mismo, debido al exceso de nutrientes provenientes de la escorrentía por lavado de suelos, especialmente para fines agrícolas, las aguas residuales domesticas con alto contenido de materia orgánica, la cual al mineralizarse pone de nuevo los nutrientes a disposición de las plantas y algas. Sucede por la colmatación en el flujo hidráulico siendo muy lento por las obras de canalización realizadas por el acueducto de Bogotá, llevando a que por lo menos $\frac{3}{4}$ de la fracción este invadida por kikuyo. Dado este resultado en la fracción intermedia del humedal (Tercio Medio), existe la presencia de un espejo de agua lo cual facilita los procesos fotosintéticos, aumentando el oxígeno disuelto y la efectividad en la descomposición de la materia orgánica
- La fracción intermedia (Tercio Medio) se caracteriza porque termina la canalización y se observa estancamiento de las aguas producto de acumulación de residuos sólidos y confluencia directa con la zona natural disminuyendo nuevamente el oxígeno disuelto a 0,2 mg/l. Esto confirma que la fracción A es aquella con mayor concentración de sustancias que se relacionan con la contaminación por materia orgánica y con la mineralización. Esto se debe a la ubicación de la fracción y a que

es receptora de los afluentes de los canales Los Ángeles y El Carmelo, colectores de aguas pluviales que arrastran en su recorrido sólidos provenientes de los barrios que los rodean, y los cuales son entregados al Jaboque.

- La DBO y DQO son altos indicadores de contaminación por materia orgánica biodegradable y no biodegradable, así como la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos la descompongan. La DQO al final de la fracción (Tercio Bajo) presenta una concentración alta (50), debido a la mayor cantidad de materia orgánica no biodegradable. La variable de sólidos totales tuvo una reducción importante frente a las demás fracciones si se tiene en cuenta que una de las funciones que cumplen los humedales es la depuración de las aguas, con los resultados se observa que el Jaboque no alcanza a depurar toda la carga contaminante que recibe. Una explicación a esto es que todavía en la zona más alejada de la ciudad aún se observan problemáticas como pastoreo, basuras y escombros.
- En la fracción C donde se encuentra la confluencia de los canales, se observan los valores más altos de DBO por la alta demanda del oxígeno para llevar a cabo la degradación de la materia orgánica. Lo que indica que esta fracción funciona como filtro en la cual se retiene parte de sólidos que son arrastrados aguas abajo
- El efecto indirecto de una alta concentración de los sólidos totales recae en un proceso más acelerado de la colmatación. Este se ve favorecido por el flujo lento de las aguas especialmente en la fracción A y el efecto que tienen las macrófitas como “colador” al detener muchos sedimentos en la fracción F. Las consecuencias de la colmatación y la terrización es aprovechada por el pasto kikuyo que aprovecha estas condiciones y va creando ambientes propicios para su crecimiento.

12. RECOMENDACIONES

En Bogotá el gran potencial de los humedales se debe conservar mediante el fortalecimiento metodológico en el trabajo con las comunidades, especialmente para el mantenimiento y mejoramiento de la calidad ambiental, cuya complejidad demanda técnicas de administración con visiones integrales y altas capacidades de gestión. El desarrollo de esta investigación en el humedal Jaboque es una aproximación para el ajuste y aplicación a la gestión ambiental del complejo de humedales urbanos de Bogotá. En primera medida, para lograr la gestión ambiental de los humedales urbanos, los diagnósticos de los ecosistemas deben partir desde las comunidades, es prioridad la capacitación y formación de ciudadanos y gestores ambientales responsables, la información debe ser clara en asuntos que tengan que ver con la preservación, conservación, protección y recuperación de espacios públicos que tengan ecosistemas dignos de ser valorados por la ciudadanía.

Por otra parte, se deben generar incentivos (como las exenciones) para las comunidades cercanas al humedal, por ejemplo, una reducción en la tasa de aseo cuando los mismos pobladores son responsables de la reducción de residuos sólidos. En el caso de corregir actitudes negativas se debe terminar de cercar el humedal, esta medida drástica le dice a la comunidad que no puede entrar porque no sabe cuidarlo, y debe generar reacciones en la preservación.

13. REFERENCIAS

- Fundacion Ambiental Humedal Jaboque . (2014). Centro de Documentacion e Informacion Local de Engativa.
- Universidad Nacional de Colombia. (2005). *Acta agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Bogota.
- Acueducto agua y alcantarillado de bogotá. (2006). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HUMEDAL JABOQUE*. Bogota.
- Alvarez, J. (2005). Evaluación del estado trófico del humedal de Jaboque: Análisis espacial y temporal de las características fisicoquímicas del agua y de la comunidad planctónica. *scielo*, 215-235. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000050&pid=S0366-5232201400020001000001&lng=en
- Andrade, M., & Benitez, C. (2003). *Los humedales de la sabana de bogotá: area importante para la conservacion de las Aves de Colombia y el Mundo*. Instituto Humboldt, Bogotá.
- Arbeláez, E. P. (2007). *Plantas Utiles de Colombia, Volumen 1*. Universidad de California.
- Arenas, D. M. (2007). Geología de la Sabana de Bogota. *Número 28 de Publicaciones especiales del INGEOMINAS*.
- Asociación para el desarrollo social (ADESSA). (2006). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HUMEDAL JABOQUE*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2316609/Diagn%C3%B3stico+PMA+Humedal+Jaboque+06-13.pdf>
- Bogota, E. d. (2003). Sintesis del estado actual de los humedales.
- Bosch, M. (2008). *Manual de Botanica*. Ministerio de Fomento.
- CAR. (2006). *Revisión y ajuste de los documentos técnicos existentes del Humedal Jaboque*. Bogota.
- CAR. (2007). *Recopilación de los datos geo-hidrológicos existentes de la Sabana de Bogotá*. Bogota.
- Cardona, A. (2018). *Los humedales urbanos de Bgototá ahora son sitio Ramsar*. Bogotá D.C: Mongabay Environmental News. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2018/08/humedales-de-bogota-ramsar-colombia/>. [Accessed: 26- Mar- 2019].
- Carpenter, S. (1986). *effects of submerced macrophytes on ecosystem processes* . Aqua.
- Caseley, J. (2011). *MANEJO DE MALEZAS PARA PAISES EN DESARROLLO. ESTUDIO FAO PRODUCCION Y PROTECCION VEGETAL*.
- Castellanos, C. (2013). *Diagnostico del humedal jaboque, propiedades fisicas, quimicas, biológicas y cartografia social*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9941/CastellanosSeguraCesarAugusto2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Cimdins, P. (1995). *A latvian catalogue of indicator species of fresh wuater* .
- Colombia, U. N. (2005). *Acta agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Bogota.

- Departamento de difusión Centro de Ecología Simón I. (2003). *Revista Boliviana de ecología y conservación ambiental*. 13-18.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2003). *Síntesis del estado actual de los humedales*.
- Estela C. Lopretto, G. T. (2008). *Ecosistemas de aguas continentales : metodologías para su estudio*. Texas: Ediciones Sur.
- García, L. A. (2008). *Malezas más comunes en Colombia (taxonomía)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía,.
- Hernández. (2008). *Situación actual de la biodiversidad vegetal en el interfluvio salado-dulce, santiago del estero, Argentina*.
- Hernández, J., & Rangel, O. (2007). LA VEGETACIÓN DEL HUMEDAL JABOQUE (BOGOTÁ, D.C). *bdigital*, 31(2). Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36112/37546?fbclid=IwAR1JNkVYU3VJKM_V9GS_6znsxvJw7-msbFAgKMwTf8D2zHjmfYW41ERUv0Q
- Jaboque, F. A. (2014). Centro de Documentación e Información Local de Engativa.
- Kowalczycki, O. (1984). *Long term changes of the submerged macrophytes in eutrophic. north poland: aqua* .
- LAN, Y. (2010). The determinants and control measures of the expansion of aquatic macrophytes in wetlands. *Procedia Environmental Sciences*, 1643–1651.
- Lombardo, A. (2008). *Las plantas acuáticas y las plantas florales*. Dirección de Paseos Públicos.
- Madriñán, S. (2017). *Plantas Acuáticas de la Orinoquia Colombiana*. Universidad de los Andes.
- MANAHAN, S. E. (2007). *Introducción a la Química del Aire*. México D.F: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Margalef, R. (1983). *limnología*. Barcelona: Omega.
- Mazzeo. (2002). Eutrofización: causas consecuencias y manejo,. Uruguay.
- Mazzeo. (2004). Importancia de las plantas flotantes libres aporte a la conservación y rehabilitación de los lagos someros de sudamérica. Ecosistemas.
- Melzer, A. (1999). *Aquatic Macrophytes as tools for lake management hidrobiol* .
- Monlau, J. (s.f.). *Historia Natural Botánica*. Madrid: Librería de Juan Bastinos.
- Muñoz, E. (2012). *EVALUACIÓN DE CONTAMINACIÓN EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS*. Cali: Universidad del Valle.
- Muñoz, J. (2004). Humedal jaboque, evolución geomorfológica y geología y su relación con las culturas prehispánicas. Bogotá: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Departamento de Geociencias.
- Murillo, G. (2009). *Macrófitos: Habitantes del agua*. Andalucía.
- Peace, G. (2017). *Calidad de Aguas: Usos y Aprovechamiento*. Málaga. España: ICB, S.L.
- Pérez, G. A. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Política de humedales del Distrito Capital. (2007). *Decreto 624 de 2007 "Por el cual se adopta la visión, objetivos y principios de la Política de Humedales del Distrito Capital"*,. Bogotá.
- Quindío, C. A. (2002). *Guía Ilustrada de las Plantas de las Montañas del Quindío*. Universidad de Caldas.

- Ramírez, A. (1988). *Lineamientos y estadísticas para estudios biológicos de impacto ambiental*. Bogotá: IDEAM.
- Ramirez, S. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnostico*.
- RAMSAR. (1971). *Documento Informativo RAMSAR No. 1*. Iran.
- Ramsar. (2015). *Por que deberian importarme los humedales*.
- Red de informacion ambiental de Andalucia. (2009). *Atlas de organismos macrofitos en los humedales de Andalucia*. Andalucia: Consejeria de Medio Ambiente, Junta de Andalucia.
- Reinoso, E., & Jimenez, S. (2014). EL HUMEDAL JABOQUE COMO ESPACIO VIVO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE A PARTIR DEL ASPECTO SOCIO-AMBIENTAL DESDE LAS CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES DEL GRADO SEPTIMO JORNADA TARDE EN LA IED Antonio Villavicencio de Bogotá. *Universidad Nacional repositorio*.
- Restrepo, I. (2007). *Avances en Investigacion y Desarrollo en Agua y Saneamiento*. Cali: Universidad del Valle.
- Trus, S. R. (2009). *Hydrocotyle Ranunculoides: A Control Strategy for the Canning River Regional Park*. Cornell University.
- UICN. (2012). *Conservacion de Humedales, Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. UICN.
- Universidad Nacional Autonoma De Mexico. (2005). *Estadística Basica un enfoque no parametrico*. (M. J. Santos, Ed.) Mexico.
- Universidad Nacional de Colombia. (2005). *Acta agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Bogota.
- Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. (2004). *Descripcion floristica y biotipologica de las macrofitas acuaticas de la cienaga de Palagua*. Puerto Boyaca.

