



**CARACTERIZACIÓN DE LAS MACRÓFITAS DEL HUMEDAL MEANDRO DEL SAY  
COMO INSUMO DE LAS HERRAMIENTAS DE CONSERVACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR**

**DIANA BIANYTH GALLEGU MALDONADO**

**DIRECTOR**

**LILIANA SALAZAR LÓPEZ**

**BIÓLOGA M.Sc.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.  
FEBRERO 2015**

Nota de aceptación

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá D.C. Febrero 2015

***Dedicatoria:***

*A Dios y a mis padres.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN .....	8
2. INTRODUCCION .....	9
3. OBJETIVOS .....	10
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. MARCO DE REFERENCIA .....	11
4.1 MARCO CONTEXTUAL .....	11
4.1.1 Humedal Meandro del Say.....	11
4.1.2 Localización .....	11
4.1.3 Características Biofísicas .....	12
4.1.4 Características Socioeconómicas .....	13
4.2 MARCO TEÓRICO .....	13
4.2.1 Humedal.....	13
4.2.2 <i>Clasificación de los humedales</i> .....	14
4.2.3 Meandros .....	14
4.2.3 Funciones de los humedales.....	15
4.2.4 Macrófitas .....	16
4.2.4.1 Clasificación de Macrófitas .....	16
4.2.4.2 Macrófitas como bioindicadores .....	17
4.2.4.3 Importancia ecológica de las macrófitas.....	17
4.2.5 Productividad Primaria .....	18
4.3 MARCO LEGAL.....	18
5. METODOLOGÍA.....	19
5.1 ETAPA I: REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	19
5.2 ETAPA II: EJECUCIÓN .....	20
5.2.1 Premuestreo - Mapa Parlante .....	20
5.2.2 Sectorización del Humedal.....	21
5.2.3 Muestreo .....	21
5.2.4 Determinación de la Composición Florística .....	22

5.2.5 Estructura dinámica de las macrófitas.....	23
5.2.6 Determinación de Biotipos .....	25
5.2.7 Determinación de la productividad primaria neta: Pruebas de calidad de agua. .....	27
5.2.8 Determinación del Estado Trófico .....	31
5.3 ETAPA III: RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	32
5.4 ETAPA IV: REDACCIÓN DEL DOCUMENTO FINAL.....	32
6. RESULTADOS .....	33
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACRÓFITAS DEL HUMEDAL MEANDRO DEL SAY. ....	33
6.1.1 Sectorización del Humedal - biotipos.....	42
6.1.2 Composición Florística .....	42
6.2 DINÁMICA DE LA ESTRUCTURA DE LAS MACRÓFITAS IDENTIFICADAS EN EL HUMEDAL. ....	53
6.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU IMPORTANCIA DE LOS BIOTOPOS Y LAS ASOCIACIONES TIPO DEL HUMEDAL.....	54
6.4 DETERMINACIÓN PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE LAS MACRÓFITAS.....	63
6.5 DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DEL HUMEDAL MEDIANTE EL USO DEL ÍNDICE DE MACRÓFITOS.....	68
CONCLUSIONES.....	
RECOMENDACIONES .....	70
ANEXOS .....	76

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Empresas localizadas en el área de influencia de meandro y sus posibles impactos asociados.....	13
Tabla 2: Funciones de los humedales.....	15
Tabla 3: Políticas, Convenios y Protocolos asociados a los Humedales.....	18
Tabla 4: Actividades propuestas para dar cumplimiento a los objetivos .....	19
Tabla 5: Actividades realizadas en las salidas de campo .....	20
Tabla 6: Ubicación puntos de muestreo .....	22
Tabla 7: Escala de % de cobertura según la abundancia de cada especie .....	22
Tabla 8: Parámetros utilizados para identificar el valor ambiental de los biotopos.....	26
Tabla 9: Valor de importancia del parámetro según su calificación.....	27
Tabla 10: Procedimiento Método de Winkler.....	29
Tabla 11:Inventario de especies encontradas en el Humedal Meandro del Say .....	33
Tabla 12: Unidades de cobertura de la tierra de acuerdo a la metodología CORINE Land Cover, adaptada para el estudio del Humedal Meandro del Say .....	34
Tabla 13: Presencia de las especies de macrófitas en los sectores del humedal.....	42
Tabla 14: Composición florística del Humedal Meandro del Say .....	51
Tabla 15: Código danserográficos de cada especie.....	54
Tabla16: MATRIZ DE VALORACIÓN AMBIENTAL .....	59
Tabla 17:Descripción de los puntos de muestreo.....	63
Tabla 18: Registro fotográfico muestreo .....	65
Tabla 19: Resultados oxígeno disuelto .....	65
Tabla 20: Resultados productividad primaria .....	65
Tabla 21: Resultados peso seco .....	67
Tabla 22: Resultados Índice de Macrófitos (IM) para el Humedal Meandro del Say .....	68
Tabla 23: Resultados Índice Biológico de Macrófitos del Humedal Meandro del Say .....	68

## INDICE DE IMAGENES

Imagen 1: <i>Localización del Humedal Meandro del Say</i> .....	11
Imagen 2: Humedal Meandro del Say .....	15
Imagen 3: Mapa ubicación puntos de muestreo.....	22
Imagen 4: Ejemplo diagramas tipo Danserau.....	24
Imagen 5: Equipo utilizado para la toma de OD .....	28
Imagen 6: Muestras de macrófitas en el horno .....	30
Imagen 7: Mapa cobertura del suelo Humedal Meandro del Say .....	35
Imagen 8: Mapa base objeto de estudio Humedal Meandro del Say .....	36
Imagen 9: Mapa distribución macrófitas en el Humedal Meandro del Say .....	37
Imagen 10: Sectorización del humedal .....	42
Imagen 11: Mapa Sector 1 .....	43
Imagen 12: Mapa Sector 2 .....	45
Imagen 13: Mapa Sector 3 .....	47
Imagen 14: Mapa Sector 4 .....	49
Imagen 15: Mapa Sector 5. ....	50
Imagen 11: Danserograma Sector 1 .....	55
Imagen 12: Danserograma perfil 1 sector 2 .....	55
Imagen 13: Danserograma perfil 2 sector 2 .....	56
Imagen 14: Danserograma sector 3 .....	56
Imagen 15: Danserograma perfil 1 sector 4 .....	57
Imagen 16: Danserograma perfil 2 sector 4 .....	57
Imagen 17: Danserograma sector 5. ....	58
Imagen 20: Panorámica Biotopo 2 .....	60
Imagen 21: Panorámica Biotopo 1 .....	61
Imagen 22: Panorámica Biotopo 4 .....	61
Imagen 23: Panorámica Biotopo 5 .....	62
Imagen 24: Panorámica Biotopo 3 .....	62

## 1. RESUMEN

Los humedales son ecosistemas de gran importancia debido a los servicios ambientales que estos proveen convirtiéndose en conectores ecológicos entre el medio ambiente y la población aledaña; pese a ello se encuentran en constante amenaza por actividades antrópicas desarrolladas en sus cercanías, razón por la cual son necesarias medidas de protección y conservación para estos tipos ecosistémicos soportadas en estudios, diagnósticos y planteamientos de soluciones pertinentes.

El presente estudio refiere la caracterización de la comunidad de macrófitas del Humedal Meandro del Say como un insumo a las herramientas de conservación dado el valor ecológico que este representa en el Distrito Capital y la falta de información existente. La metodología propuesta para tal fin consistió en actividades de: trabajo de campo, identificación, clasificación de especies y biotopos de macrófitas para llegar a la determinación del estado Trófico del Humedal.

Se identificaron 8 especies de macrófitas: *Hydrocotyle ranunculoides*, *Typha latifolia*, *Bidens laevis*, *Polygonum punctatum*, *Schoenoplectus californicus*, *Lemna gibba*, *Eichhornia crassipens*, *Limnobium leavigatum*, de las cuales las especies dominantes fueron *Schoenoplectus californicus* con 30,26% y *Typha latifolia* con 26,58 % de cobertura vegetal en el área del Meandro. El humedal fue dividido en 5 sectores donde se identificaron biotopos y se clasificaron según su importancia ambiental y ecológica. . La presencia y diversidad de las macrofitas en el humedal indica un nivel de contaminación elevado, debido a gran cantidad de materia orgánica, productividad biológica y exceso de nutrientes.

## 2. INTRODUCCION

La importancia de los humedales radica en los diferentes bienes y servicios ambientales que estos proveen, dentro de los cuales se tienen el almacenaje de agua, regulación de inundaciones, cuna de biodiversidad, recarga de acuíferos, retención y exportación de nutrientes, recreación, entre otros. Hoy en día, estos tipos ecosistémicos se ven amenazados por la creciente contaminación y el manejo inadecuado de sus recursos, razón por la cual se hace necesaria la implementación de medidas de gestión que contemplen la recuperación, restauración y conservación de los humedales, teniendo en cuenta las características propias.

El Humedal Meandro del Say es de gran importancia ecológica ya que en él se han registrado especies como el pato cucharo (*Anas clypeata*), el pato enmascarado (*Nomonyx dominicus*) y la tingua pico verde (*Gallinula melanops bogotensis*) [1], por ello se convierte en un escenario objeto de conservación, tanto para las especies de aves como para las macrófitas que las albergan.

Este humedal presenta diferentes procesos de degradación y contaminación atribuidas a las actividades propias de la comunidad aledaña, entre las que se destacan el relleno del humedal para urbanización, el desarrollo de actividades como ganadería y agricultura, el desarrollo industrial, además de los vertimientos asociados a estas actividades. Según las necesidades de gestión ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), este humedal es un conector ecológico importante para la región y la estructura ecológica del distrito capital, teniendo como limitante la falta de información ya que se encuentra poco estudiado; razón por la cual esta investigación aporta con la caracterización de la comunidad de macrófitas para establecer biotopos de importancia ecológica y clasificarlos según su valor ambiental para fortalecer diferentes herramientas de conservación que pueden ser utilizadas en estos tipos ecosistémicos. El presente proyecto es una herramienta que contribuirá con futuras investigaciones sobre el Humedal Meandro del Say, el cual será evaluado por la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR) con el fin de determinar su valor académico dentro de las actividades propuestas a desarrollar sobre el manejo, cuidado y protección del mismo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la diversidad de macrófitas del humedal meandro del Say como insumo para la formulación de herramientas de conservación

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la comunidad de macrófitas del Humedal Meandro del Say.
- Establecer la dinámica de la estructura de las macrófitas identificadas en el humedal.
- Clasificar según su importancia los biotopos y las asociaciones tipo del humedal.
- Determinar la productividad primaria de las macrófitas.
- Determinar el estado trófico del humedal mediante el uso de índice de macrófitos.



### 4.1.3 Características Biofísicas

#### Hidrografía - Hidrología

El meandro se alimenta únicamente de aguas lluvias, ya que perdió todo su aporte hídrico por la rectificación del río Bogotá, durante la adecuación de los jarillones y el dragado del fondo del río. El agua dentro de la ronda del meandro cambió sus condiciones de cuerpo en movimiento a cuerpo en reposo, favoreciendo la sedimentación y el crecimiento de la comunidad macrófitas; hace parte de la cuenca del río Fucha, tiene una extensión de 13,6 hectáreas.[4]

#### Fauna

Este humedal alberga veintiséis especies de aves entre las que se encuentran: Tinguas de Pico Rojo (*Gallinula galeata*), Tingua pico verde o moteada (*Gallinula melanops bogotensis*), Ibis cara rojo (*Phimosus infuscatus*) Carbonerito (*Diglossa humeralis*), Focha o tingua pico amarillo (*Fulica americana*), Alcaravanes (*Vanallus chilensis*), Garza ganadera (*Bubulcus ibis*), Garza real (*Ardea alba*), Garza azul (*Egretta caerulea*), entre otras[5]. Especies de mamíferos como Murcielagos (Chiroptera) y Curis (*Cavia porcellus*), además de reptiles como Lagartijas (*Teius teyou*) y Ranas (*Pelophylax perezii*).[6].

#### Flora

**Acuática:** Entre las macrófitas acuáticas que se han registrado en el meandro del Say se encuentran dentro del grupo de las emergentes: Junco (*Schoenoplectus californicus*), Enea (*Typha dominguensis*), Botoncillo (*Bidens laevis*), y Sombrillita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*); en el grupo de las hidrófilas: Cotula (*Cotula coronopifolias*) y en el grupo de las flotantes: Buchón (*Eichhornia crassipens*), Lenteja de agua (*Lemna gibba*), y Buchón Cuchara (*Limnobium leavigatum*).[4]

**Terrestre:** Es principalmente exótica, representada en vegetación arbórea, arbustiva y herbácea. La vegetación de la ronda en su totalidad presenta especies introducidas como eucaliptos y acacias. Dentro de las especies que reporta el documento consultado se tienen: Retamo espinoso (*Ulex europeus*), Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Cerezo (Prunus serotina), Sauce (*Salix humboldtiana*), Lulo de perro (*Solanum marginatum*), Acacias (*Acacia spp*) y Eucaliptos (*Eucalytus spp*).[4]

#### 4.1.4 Características Socioeconómicas

El área de influencia del humedal hace parte de la localidad de Fontibón entre las Unidades de Planeación Zonal: Fontibón, Zona Franca y Fontibón San Pablo, con los barrios El Portal, Santiago y el Centenario II, los cuales tienen un uso mixto entre comercial, residencial e industrial (en su mayoría), ya que la mayor parte de la actividad económica de Fontibón es la industria, la cual representa el 52% de generación de empleo en la zona. Además en la Zona Industrial se desarrollan otras actividades entre servicios y comercio como restaurantes, bodegas, entidades financieras, depósitos, talleres, estaciones de gasolina, lavado de vehículos, entre otras. La población residente cuenta con población flotante del sector comercial e industrial. Otra zona del área de influencia del Meandro compromete al municipio de Mosquera (vereda de San Francisco), la cual dedica sus actividades principalmente a la ganadería y la agricultura.[4]. En la Tabla 1 se presentan las principales empresas del área de influencia del Meandro.

**Tabla 1:** Empresas localizadas en el área de influencia de meandro y sus posibles impactos asociados.

EMPRESA	ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	POSIBLES IMPACTOS
Cemex Concretos de Colombia S.A. (Planta Fontibón)	Producción de Cemento, mortero seco, concreto premezclado y modulares.	Dispersión de partículas.	Contaminación atmosférica.
Transportes Saferbo S.A.	Transporte y entrega de mercancías	Generación de aceites quemados y residuos de combustibles. Vertimientos.	Contaminación del recurso hídrico.
Vías y Construcciones VICON S.A.	Construcción de vías en concreto asfáltico, obras de urbanismo y construcción de aeropuertos.	Dispersión de partículas.	Contaminación atmosférica. Contaminación del suelo.
Bogotana de Alfatos S.A.	Producción de material asfáltico	Generación de residuos sólidos. Vertimientos. Dispersión de partículas.	Contaminación atmosférica.
Empacor S.A.	Producción cartón corrugado y empaques.	Vertimientos. Generación de residuos.	Contaminación del recurso hídrico.
Colombiana de Crudos COLCRUDOS S.A.	Distribución y comercialización de petróleo crudo y sus mezclas para ser utilizados en hornos y calderas.	Generación de residuos de combustibles. Generación de residuos. Vertimientos	Contaminación del recurso hídrico. Contaminación del suelo.

Fuente: Autor.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

### 4.2.1 Humedal

La definición de humedal abarca diferentes conceptos según el punto de vista que se esté abordando; ésta se le atribuye a La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Habitats de Aves Acuáticas, llamada la Convención de Ramsar donde se da el concepto de humedal como: “una zona de la

superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, cubierta de agua, sean ésta de régimen natural o artificial, estancada o corriente, dulce o salobre , regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan'' [7]

#### **4.2.2 Clasificación de los 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.

#### **4.2.3 Meandros**

Considerando las características propias de los humedales, existen otros ecosistemas que pueden ser considerados como tal, los cuales se forman por diferentes factores ya sean antrópicos o naturales, conocidos como *Meandros*, siendo curvas que describen el curso de un río, desarrolladas tras la migración del canal dentro de la llanura de inundación, donde las corrientes laterales oscilatorias impactan las orillas, erosionando el cauce, esta erosión hace que la curva se valla cerrndo progresivamente hasta llegar a separarse y quedar aislado definitivamente del curso del río formando así el meandro. Este tipo de ecosistema presenta flujo acuático muy lento (poca energía hidráulica), las aguas tienen a ser eutróficas (debido a la cantidad de nutrientes que almacena), los cauces tienden a colmatarse generando ecosistemas terrestres en el largo plazo, presentan vegetaciones flotantes y enraizadas combinadas con espejos de agua libre, además de gran biodiversidad.[8]



**Imagen 2:** Humedal Meandro del Say  
**Fuente:** Autor

### 4.2.3 Funciones de los humedales

Dadas las características ecológicas y biológicas de los humedales representadas en biodiversidad (acuática, terrestre, aves) fuentes de agua y productividad primaria se consideran como medios de vital importancia para la regulación hídrica y biológica de un gran número de ecosistemas, además de presentar diferentes servicios ambientales. En la Tabla 2 son expuestas las funciones más representativas de los humedales.

**Tabla 2:** Funciones de los humedales.

<b>Amortiguación Hidráulica</b>
Absorben el agua lluvia, permitiendo que se filtre lentamente en el suelo reduciendo así la velocidad y el volumen de escorrentía, con ello el nivel de los canales aguas abajo aumenta lentamente, controlando repentinas inundaciones. Los humedales costeros actúan como barreras físicas que reducen la altura y la velocidad que alcanza el agua, protegiendo la zona contra mareas de tempestad y los maremotos[9].
<b>Recarga de acuíferos</b>
Muchos humedales están directamente relacionados el agua subterránea, regulando su cantidad y calidad de agua. Estos humedales se ubican sobre sedimentos permeables por encima de acuíferos, donde el agua del humedal puede filtrarse a través del suelo y las rocas hacia el acuífero subyacente recargándolo. Otros humedales recargan los acuíferos cuando el nivel freático está bajo, y como zonas de descarga de las aguas subterráneas cuando dicho nivel está alto. Algunos humedales pueden no tener ningún contacto con las aguas subterráneas. [10]
<b>Retención y exportación de Sedimentos y Nutrientes</b>
Actúan como almacenes de los sedimentos y nutrientes transportados por la escorrentía del agua de lluvia, los arroyos y los ríos, principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P). Las plantas que crecen en los humedales absorben los nutrientes del agua y del suelo, para almacenarlos. La vegetación actúa como barrera física que frena el agua y retiene los sedimentos. Esto no siempre es benéfico, ya que cuando se excede la capacidad o el límite del humedal para tratar los nutrientes se presenta el proceso de eutrofización donde se da el crecimiento masivo de algas que privan a las plantas y animales acuáticos de oxígeno.[11]
<b>Mitigación del cambio climático</b>
Importantes sumideros de carbono, realizan un manejo de los gases de efecto invernadero y amortiguación física de los impactos del cambio climático.
<b>Recreación y Turismo</b>
Atractivos para diversos usos recreativos, lo que puede llegar a generar ingresos para beneficios de las comunidades locales, contribuyendo a promover el manejo sostenible de determinado humedal; es de vital importancia realizar planes

de manejo ambiental para la utilización de los humedales con estos fines, ya que el uso para recreación y turismo es una causa importante de pérdida y degradación de los humedales.[12]

**Fuente:** Autor

#### **4.2.4 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.[13]

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. [14]

La presencia de macrófitas en ecosistemas acuáticos está regulada por la duración del periodo de inundación, la turbidez del agua e 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.[15]

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). [16]

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. [16] Este es uno de los principales problemas de degradación de humedales.

##### **4.2.4.1 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 encuentra adherida 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). [15]

#### **4.2.4.2 Macrófitas como bioindicadores**

Los bioindicadores son organismos empleados para conocer las cualidades de los ecosistemas y sus 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, fáciles y rápidos de identificar, con poca movilidad y tener estudios sobre su ecología y ciclo biológico.

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 fisicoquímicas 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. [15]

#### **4.2.4.3 Importancia ecológica de las macrófitas**

La presencia de plantas acuáticas en determinados ecosistemas indica el estado de calidad ambiental que éste posea. 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. [15]

#### 4.2.5 Productividad Primaria

Hace referencia a la biomasa vegetal que se fabrica a través del proceso de fotosíntesis, es decir a la materia orgánica que se forma por las plantas foto-y-quimioautótrofas a partir de los nutrientes inorgánicos del agua y de la energía radiante del exterior. Se define como la tasa a la cual la energía radiante es almacenada por la actividad fotosintética en forma de materia orgánica. Existen dos términos relativos a la productividad primaria: bruta y neta; el primero relaciona el total de la energía fijada en la fotosíntesis por las plantas y el segundo es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración. [19]

### 4.3 MARCO LEGAL

El Estado Colombiano cuenta con una normatividad específica en cuanto a la conservación y protección de los diferentes tipos ecosistémicos, a continuación se enmarca la normatividad específica y asociada al Humedal Meandro del Say en la Tabla 4.

**Tabla 3:** Políticas, Convenios y Protocolos asociados a los Humedales.

ORDEN	POLITICA/CONVENIO /PROTOCOLO	AÑO	CONTENIDO
Internacional	Convención RAMSAR	1971	Tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso de los humedales y sus recursos. [7]
	Convenio sobre Diversidad Biológica	1992	Se establecen directrices para proteger los ecosistemas de humedales y las especies que lo habitan. [20]
Nacional	Política Nacional de Humedales	2002	Objetivos, estrategias e instrumentos encaminados a promover el uso sostenible, la conservación y la recuperación de los humedales del país en los ámbitos nacional, regional y local. [21]
Distrital	Política Distrital de Humedales	2005	Promover la conservación de los ecosistemas de humedal y los bienes y servicios que estos ofrecen mediante estrategias, programas, metas y acciones. [22]
	Protocolo de restauración y rehabilitación ecológica de Humedales en centros urbanos.	2008	Establece acciones para la recuperación y rehabilitación de los humedales en Bogotá.[23]

Fuente: Autor

## 5. METODOLOGÍA

El proceso metodológico para la realización de este proyecto se desarrolló con una serie de actividades como estrategia para cumplir con cada uno de los objetivos formulados, las cuales son descritas en la Tabla 5.

**Tabla 4:** Actividades propuestas para dar cumplimiento a los objetivos

OBJETIVOS	METODOLOGÍA
Identificar la comunidad de macrófitas del Humedal Meandro del Say.	Premuestreo - mapa parlante Registro fotográfico Sectorización del humedal Selección de puntos de muestreo (GPS) Determinación de la Composición florística
Establecer la estructura dinámica de las macrófitas identificadas en el humedal.	Determinación estructural Espacialización de especies Mapa de macrófitas Danserogramas
Clasificar según su importancia los biotopos y las asociaciones tipo del humedal.	Definición de biotopos Manchas de asociación de macrófitos Estructura de la vegetación
Determinar la productividad primaria de las macrófitas.	Toma de muestras calidad del agua Método de Winkler Método de biomasa
Determinar el estado trófico del humedal mediante el uso de índice de macrófitos.	Tratamiento de información Selección y aplicación de índices tróficos

Fuente: Autor

### 5.1 ETAPA I: REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de información pertinente sobre la temática de humedales, la determinación estructural y ecológica de las macrófitas e información acerca de estudios realizados al Humedal Meandro del Say, consultando en libros sobre botánica, revistas científicas, y páginas web de entidades como: CAR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, EAAB, Secretaria Distrital de Ambiente, entre otras.

## 5.2 ETAPA II: EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló con base en las actividades propuestas para la metodología enmarcadas en la Tabla 5.

### 5.2.1 Premuestreo - Mapa Parlante

Se realizaron seis salidas de campo descritas en la Tabla 6 al Humedal Meandro del Say, con el fin de identificar las condiciones paisajísticas del humedal, específicamente la disposición de la vegetación acuática y terrestre, las fuentes de contaminación y demás tensores socio ambientales evidentes a lo largo del humedal. Con ayuda del software ArcGIS, un GPS y una cámara fotográfica se realizó un mapa descriptivo del estado actual del humedal basado en la distribución de la comunidad macrófitas del humedal, dibujando las manchas representativas de cada especie en hojas cuadrículadas, las cuales estaban georreferenciadas con base en cartografía existente a escala definida por la imagen de Google Earth. Para esto, se necesitaron seis salidas de campo debido a las condiciones de acceso del humedal y a los riesgos en cuanto a seguridad. Una vez terminado el mapa parlante se procedió a digitalizar la distribución y ubicación de cada una de las especies encontradas de utilizando el Software ArcGIS 10.2.2.

**Tabla 5:** Actividades realizadas en las salidas de campo

<b>SALIDA DE CAMPO N.</b>	<b>FECHA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
1	06/09/2014	Se realizó una primera visita al humedal Meandro del Say, con el fin de identificar las principales características del lugar, los puntos de acceso, los lugares con los que limitaba y las industrias en el área de influencia.
2	13/09/2014	Se empezó con georreferenciación en mapas a mano alzada de la distribución de las macrófitas presentes en el humedal. Lo anterior se llevó a cabo por sectores. El primero comprendió la entrada principal del humedal correspondiente al Parque de la Zona Franca.
3	15/09/2014	Realización del mapa de distribución de macrófitas en hojas cuadrículadas del sector en cercanías con el Parque Industrial de la Zona Franca.
4	20/09/2014	Realización del mapa de distribución de macrófitas en hojas cuadrículadas del sector correspondiente a la ronda del río Bogotá.
5	24/09/2014	Realización de mapa de distribución de macrófitas en hojas cuadrículadas de la zona en cercanías la industria Argos.
6	27/09/2014	Realización de mapa de distribución de macrófitas en hojas cuadrículadas en la zona aledaña al sector residencial del área de influencia del meandro.

7	04/10/2014	Toma de muestra en botellas Winkler para la determinación del oxígeno disuelto en cada sector del humedal.
8	08/10/2014	Toma de muestra de las especies de macrófitas en bolsas de papel para la determinación de la productividad primaria.

**Fuente:** Autor

El mapa de distribución de macrófitas en el humedal se realizó con un análisis cartográfico partiendo de Google Earth y el software ArcGIS 10.2.2 identificando todo el espejo de agua del meandro con el fin de determinar la cobertura vegetal del humedal y la distribución de las macrófitas acuáticas, se adaptó la metodología de cobertura vegetal y uso actual de la tierra de Corine Land Cover que es la que se usa para estudios ambientales en Colombia y que trabaja a escala 1:100.0000 [24], para efectos de este estudio se tomaron las unidades superiores, con el fin de poder ajustar a la escala del estudio 1:10.000 (Tabla 13 y mapa de la imagen N° 7). Esta metodología se realizó considerando que no existen corrientes de agua o características climatológicas que pudiesen desplazar las manchas representativas de macrófitas en el humedal.

### **5.2.2 Sectorización del Humedal**

Se fraccionó espacialmente el humedal en cinco sectores teniendo como referencia el mapa parlante realizado, estas zonas se establecieron en función de las entradas al humedal y la distribución de las macrófitas, las cuales fueron representadas mediante polígonos con el Software ArcGIS 10.2.2. Con base en la información que arrojó la distribución de las macrófitas, las entradas y salidas de agua, los tensores ecológicos, se seleccionaron los puntos de muestreo pertinentes para el estudio, se fijó cada posición tomando las coordenadas con un GPS y referencias topográficas que facilitaron su localización.

### **5.2.3 Muestreo**

Para realizar el trabajo de campo, se realizaron las actividades propuestas en el *“Protocolo de muestreo y análisis para macrofitas”* establecida por la Directiva Marco del Agua.” [17]. Se diseñó un formato de campo (Ver anexo 1) donde se incluyeron los siguientes datos:

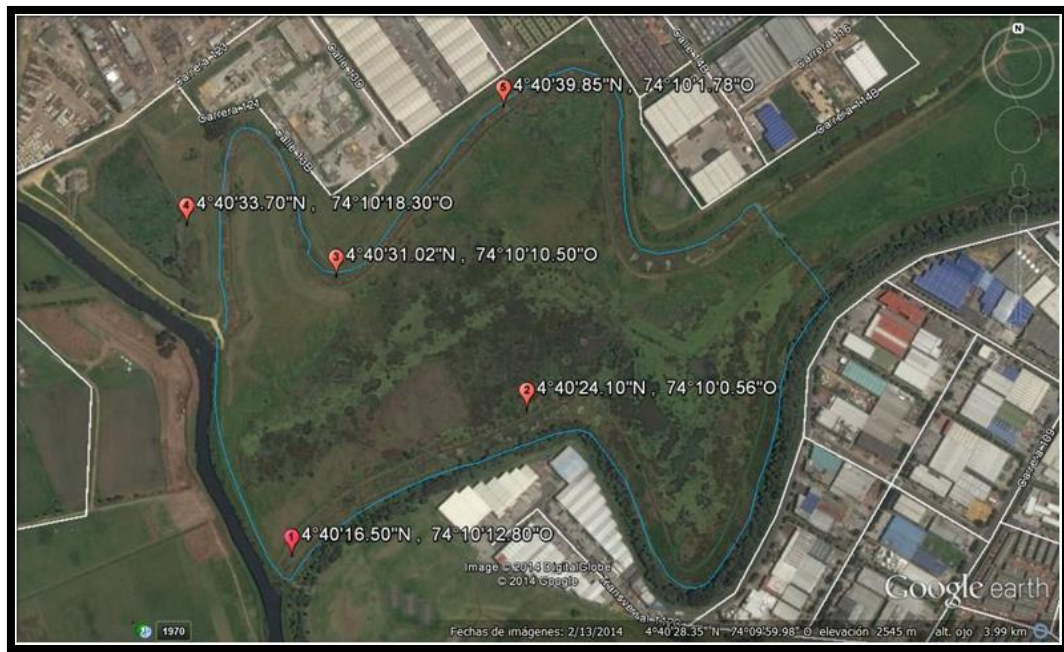
- Hora.
- Especie
- Localización geográfica.
- Sector.
- Registro fotográfico.
- Turbidez del agua (escala cualitativa)

En la Tabla 7 se indican las coordenadas de los puntos de muestreo seleccionados y en la imagen 25 se muestra la posición geográfica en el mapa.

**Tabla 6:** Ubicación puntos de muestreo

MUESTRA SECTOR	POSICION GEOGRAFICA
1	N 04°40'16,7'' W 074°10'12,8''
2	N 04°40'24,1'' W 074°09'56''
3	N 04°40'33,7'' W 074°10'18,3''
4	N 04°40'31,5'' W 074°10'3''
5	N 04°40'40,2'' W 074°10'2,1''

Fuente: Autor



**Imagen 3:** Mapa ubicación puntos de muestreo

Fuente: Autor

### 5.2.4 Determinación de la Composición Florística

La composición florística se llevó mediante la identificación de las especies, y su respectiva clasificación taxonómica, la determinación de la abundancia de estas especies se determinó como se referencia en la Tabla 8.

**Tabla 7:** 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%
	Muy Abundante (Dominante)	> 70%

**Fuente:** Metodología para el establecimiento del estado ecológico[17]

## 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 10.2.2. 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 meandro, 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.

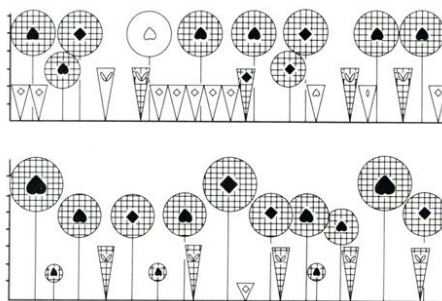
Para conocer el porcentaje de cobertura por sector, se utilizó la herramienta **Geoprocesos** realizando un corte entre cada una de las capas de macrófitas y el área del sector, generando así capas de especies de macrófitas para cada sector, y nuevamente se realizó el mismo procedimiento anterior.

### 5.2.5 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 10.2.2, 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.

## Danserogramas

La realización de danserogramas tiene como fin describir y relacionar las estructuras y funciones de las especies de macrófitas encontradas según características propias de cada especie, para este estudio se utilizaron biotipologías de cada especie como la forma de vida, tamaño, cobertura, importancia ecológica, forma de la hoja y textura de la hoja; para ello teniendo en cuenta la clasificación taxonómica de cada especie, se estableció un código y un símbolo danserográfico para las características descritas anteriormente. Se realizó un trazado lineal o transecto con la información de la comunidad mediante una representación gráfica.






**Imagen 4:** Ejemplo diagramas tipo Danserau

**Fuente:** La expresión grafica del territorio mediante paisajes lineales.[25]

La determinación estructural se realizó con la implementación de danserogramas teniendo en cuenta los siguientes seis aspectos [26] :

### 1. Forma biológica

Forma biológica	Definición
 Anfibias o Palustres	Representa la transición entre las plantas acuáticas y plantas mesófitas.
 Arraigadas con hojas flotantes	Sus rizomas están fijos a las hojas, están flotantes sobre la superficie del agua.
 Flotantes libres	Presentan raíces bien desarrolladas y hojas aplicadas contra la superficie para su flotabilidad.

### 2. Tamaño

Símbolo	Rango
a	1 m – 3 m
m	70 cm – 99 cm
b	50 cm – 69 cm
k	20 cm – 49 cm
ñ	6 cm – 19 cm
z	0,5 cm – 5 cm

### 3. Importancia ecológica

Símbolo	Definición
t	Fijación de Nitrógeno
e	Invade y elimina especies nativas impidiendo el flujo de aguas
v	Alimentación
n	Indicadoras de buena calidad de agua

r	Refugio y nidación de especies
p	Habitat de especies (Propagación de plagas y enfermedades)
u	Descomposición orgánica (malos olores y disminución de O <sub>2</sub> )
s	Pioneras en colonización

#### 4. 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
c Circular	Tiene forma de círculo
d Lanceolada	Tiene forma de lanza
q Ondulada	Tiene pequeños entrantes con márgenes suaves como olas
w Compuesta	El limbo está dividido en fragmentos que llegan al nervio

#### 5. Textura de la hoja

Símbolo	Textura
i	Esclerófila
y	Membranosa
l	Pubescente

#### 6. Cobertura

Símbolo	Cobertura
X	Muy escasa
H	Discontinua
G	En manchones o grupos
J	Continua

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

##### 5.2.6 Determinación de Biotipos

La determinación los biotipos presentes en el humedal se realizó según las características externas, morfológicas y estructurales predominantes, estableciendo las agrupaciones de tipos de macrófitas encontradas en cada sector del humedal. Como

resultado se elaboró un mapa de distribución de macrófitas, mostrando coberturas, asociaciones y su dinámica en general.

### Valoración ambiental de Biotopos

Una vez caracterizados los biotopos se buscó establecer cuál es el más importante, para lo cual se diseñó una matriz de calificación ambiental, determinando parámetros ambientales para las macrófitas, con el fin de valorar cada biotopo en un rango de 1 a 5; los parámetros se seleccionaron según las características ambientales y ecológicas de las especies de macrófitas en cada biotopo los cuales son descritos en la Tabla 9. La asignación de valores a cada parámetro se llevó a cabo en un rango de 1 a 5, aplicado a cada especie de macrófitas identificada en los biotopos para cada uno de los parámetros a evaluar, excepto el campo de diversidad de especies, el cual fue valorado según el porcentaje de cobertura vegetal que presenta en cada biotopo. En la Tabla 10 se muestra la interpretación de los valores asignados

**Tabla 8:** Parámetros utilizados para identificar el valor ambiental de los biotopos.

PARAMETROS		DESCRIPCION
<b>Ecológicos</b>	Diversidad de especies	Se utiliza Porcentaje de cobertura vegetal que presenta el biotopo (%).
	Zona de permanencia de especies	Macrófitas que brindan habitat y refugio a numerosas especies.
	Autodepuración del agua	Especies que contribuyen en el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica.
	Control erosión	Dadas las características físicas y ecológicas de determinadas especies, contribuyen al control de los procesos erosivos del suelo.
	Disponibilidad de alimentos	Macrófitas que son fuente de alimentos para numerosas especies.
	Abono orgánico	Macrófitas con características para ser utilizadas en abono orgánico.
<b>Ambientales</b>	Tratamiento de aguas residuales	Macrófitas utilizadas en humedales artificiales que contribuyen con la remoción de contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas.
	Fitorremediación	Macrófitas utilizadas en tratamientos para acumular o transformar sustancias tóxicas que aparecen en el suelo o el agua.
	Remoción de metales pesados	Macrófitas utilizadas en la eliminación de sustancias tóxicas mediante biocumulación.

Biogás	Macrófitas utilizadas en la fabricación de biogás.
--------	--

Fuente: Autor

**Tabla 9:** Valor de importancia del parámetro según su calificación

CALIFICACION	VALOR DE IMPORTANCIA DEL PARAMETRO
1	No es relevante
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy alta

Fuente: Autor

Los parámetros de valoración ambiental presentados en la Tabla 9 fueron implementados en una Matriz de Valoración Ambiental la cual es mostrada en la Tabla 17, la metodología para la aplicación de la matriz fue desarrollada según la metodología de Leopold, donde se califica o se asignan valores a determinadas actividades y su interacción con los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos para encontrar el valor de un impacto ambiental. Para esta valoración ambiental, en las columnas de la matriz se colocaron los parámetros ecológicos y ambientales a ser evaluados y en las filas se colocó cada biotopo con sus respectivas especies. Como se menciona anteriormente en la Tabla 10 se muestra la tabla de calificación para cada parámetro, en cual se encuentra en un rango de 1 a 5 dependiendo de la importancia de cada especie de macrófita en cada biotopo según los parámetros ecológicos y ambientales implementados. Una vez terminada la calificación, los valores fueron sumados en forma horizontal (cada especie de macrófita en cada biotopo), luego se multiplicó este valor por el porcentaje de cobertura considerando las diferentes luego se suman estos resultados de manera horizontal para cada biotopo, encontrando así el valor ambiental de cada biotopo. El biotopo de mayor importancia ambiental fue el que mayor puntaje obtuvo en la matriz.

### 5.2.7 Determinación de la productividad primaria neta: Pruebas de calidad de agua.

#### a. Productividad primaria (*Método de Winkler*).

Se determinó mediante el método de Winkler utilizando dos botellas (una clara y otra oscura) de 100 ml, una de estas botellas fue cubierta con papel aluminio, con el fin de impedir la entrada de la luz a la muestra, para tener una diferencia entre el oxígeno

producido (fotosíntesis) y el consumido, (respiración) obteniendo resultados de concentración en mg/l/6horas Las botellas fueron dejadas en el sitio de muestreo durante 6 horas, y luego fue medido el oxígeno disuelto de cada una. Así, la productividad primaria es la velocidad en la cual se realiza este proceso metabólico. . El fitoplancton aparece como el principal responsable de la producción primaria en las aguas, a partir del cual se desenvuelven las cadenas tróficas. Además, cuando se presenta el proceso de eutrofización donde se presenta exceso de nutrientes en el medio acuático ocasiona el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. [5]

### ***Equipos y Reactivos***

En la utilización de este método se necesitaran los siguientes equipos y reactivos:

- Kit portátil de medición de oxígeno, el cual contiene:
  - o Solución de hidróxido de sodio (30ml).
  - o Solución de ácido sulfúrico (30ml).
  - o Solución de sulfato de manganeso (30ml).
  - o Indicador almidón (10ml).
  - o Solución Tirant (120ml).
  - o Botella con tapón de vidrio (100ml).
  - o Jeringa calibrada (1ml)
  
- Botellas Winkler de 100 ml.
- Guantes de nitrilo.
- Papel aluminio.

La determinación del oxígeno disuelto en cada punto de muestreo se llevó a cabo utilizando el equipo un Kit portátil de medición de oxígeno marca HANNA Referencia: HI3810 (Parámetro: Oxígeno Disuelto).mostrado en la Imagen 5.



**Imagen 5:**Equipo utilizado para la toma de OD  
**Fuente:** Autor

### ***- Procedimiento***

El procedimiento la medición de la productividad primaria mediante el método de Winkler se describe en la Tabla 11:

**Tabla 10: Procedimiento Método de Winkler**

<b>Toma de muestra</b>
Para cada uno de los 5 sectores identificados del humedal se realizaron 3 muestras de agua para determinar la cantidad de oxígeno disuelto y con ello la productividad primaria. De la siguiente manera:
- Se recogió una primera muestra de agua de 100 ml del humedal utilizando uno de los frascos de vidrio, sumergiéndolo totalmente y tapándolo bajo el agua con el fin de que no queden burbujas de aire dentro del frasco. Luego se midió la cantidad de oxígeno disuelto.
- Se recogió una segunda muestra de agua de 100 ml introduciendo una macrófita, se tapó y se puso durante 4 a 6 horas en presencia de luz. Al final se midió el oxígeno disuelto.
- La tercera muestra siguió el mismo procedimiento anterior, con la diferencia de que el frasco se cubrió con papel aluminio para que no tuviese acceso a la luz, además se colocó en la oscuridad durante 6 horas. Por último fue medido el oxígeno disuelto.
<b>Medición del oxígeno</b>
Para cada una de las muestras fue necesario realizar una medición del oxígeno disuelto utilizando el kit de oxígeno, este procedimiento se realizó de la siguiente manera:
- Se agregaron 5 gotas de la Solución de sulfato de manganeso y 5 gotas de Solución de hidróxido de sodio a cada botella, luego se tapó y se agito de arriba hacia abajo. Esto forma un precipitado de color amarillo - naranja.
- Luego de 1 minuto, se destapo y fueron adicionadas 10 gotas de ácido sulfúrico. Una vez más se agito la botella de arriba hacia abajo, hasta que el precipitado fue diluido, lo que indico que en la muestra efectivamente había oxígeno disuelto.
- En un recipiente calibrado de 15 ml, fue llenado con 5 ml de la muestra tratada, a la cual se le agrego una gota del indicador de almidón, llevando a la muestra a un color violeta.
- La jeringa calibrada fue cargada con 1ml de solución Titrant, donde se fue agregando gota a gota al recipiente con la muestra hasta que esta se tornó incolora.
- Finalmente, la cantidad de solución Titrant empleada para que la muestra torne incolora, multiplicada por 10, fue igual al oxígeno disuelto.
<b>Cálculo Productividad Primaria</b>
- El oxígeno inicial (primera botella) – el oxígeno de la botella oscura será igual al oxígeno consumido en la respiración.
- El oxígeno de la botella clara – el oxígeno de la botella inicial será igual al oxígeno producido (Producción neta)
- Con los anteriores datos, se sigue la siguiente ecuación: $PB = PN + R$ <p>Dónde: <i>PN</i> es la productividad neta; <i>PB</i> es la productividad bruta y <i>R</i> es la respiración.</p>

**Fuente:** Standard Methods for Examination of water and wastewater.[27]

## b. Método de Biomasa

Es importante resaltar que este método refiere la fotosíntesis algal, sin embargo teniendo en cuenta la ecuación de la fotosíntesis:



La producción de biomasa se puede tomar como un resultado de la fotosíntesis, carácter que es evaluado en esta investigación; debido al tiempo de crecimiento de las macrófitas no se evalúa productividad en unidades de kg/m<sup>2</sup>/año, sino que se tiene en cuenta la producción de biomasa de cada una de estas especies. [6]

La determinación de la productividad primaria por el método de biomasa se llevó a cabo removiendo y pesando vegetación de los diferentes puntos de muestreo establecidos, luego este material vegetal se secó en horno entre 60 a 80°C durante 24 horas, después fue pesado obteniendo el valor de peso seco, luego se expresa por unidad de área para hallar la biomasa. La productividad primaria neta se calculó con la cantidad de biomasa hallada por unidad de superficie. Los datos del trabajo de campo en la toma de muestras son detallados en el Anexo 2. El criterio utilizado para la toma de muestra de las macrófitas en el humedal fue que existiera espejo de agua en el sitio de recolección, así, en cada sector se recolectó una muestra equivalente a un puñado y fue recolectado en bolsas de papel.

Luego el material fue llevado al laboratorio de microbiología de la Universidad Santo Tomas, donde por cada muestra se pesaron 10 g y fueron secados en horno bajo una temperatura de 60°C durante 24 horas.



**Imagen 6:** Muestras de macrófitas en el horno  
**Fuente:** Autor

El peso húmedo corresponde a 10 g pesados del material recolectado que fue colocado en el horno por 24 horas. Luego de las 24 horas el material vegetal fue sacado del horno y fue pesado para establecer su peso seco. Los resultados se presentan en la Tabla 21

La productividad primaria neta se calculó con la cantidad de biomasa hallada por unidad de superficie, la cual implica la fotosíntesis total.

### 5.2.8 Determinación del Estado Trófico

La determinación del estado trófico del Humedal Meandro del Say se llevó a cabo utilizando los siguientes índices: índice de macrófitos, el índice biológico de macrófitos y el índice trófico de macrófitos, teniendo en cuenta para su cálculo parámetros como la diversidad funcional morfológica de las macrófitas y su abundancia, valor indicador respecto a la eutroficidad y su grado de sensibilidad y el valor indicador de eutroficidad de cada especie.[17]

Para la determinación del estado trófico del humedal, se utilizaron los siguientes índices:

**Índice de macrófitos (IM)**, el cual tiene en cuenta el valor indicador de los taxones, grupos o formaciones consideradas, la diversidad funcional morfológica de las macrófitas y su abundancia.[17]

Para el cálculo del IM se tomaron los porcentajes de cobertura de cada uno de los 5 sectores delimitados en el Humedal, estableciéndolo en los rangos de porcentajes anteriormente descritos (<5%, 5-50% y >50%), cuyo resultado sería el valor del IM, con el cual se relaciona la clase y el nivel de calidad que tiene la especie, según la siguiente tabla:.. .es decir que es lo mismo que cobertura?

CLASE DE CALIDAD	NIVEL DE CALIDAD del	VALOR DE IM
I	Muy buena	>30
II	Buena	21 – 30
III	Aceptable	13 - 20
IV	Mala	05-dic
V	Muy mala	<5

Fuente: [17]

**Índice biológico de macrófitos (IBMR)**, permite determinar el nivel trófico y se estima el recubrimiento usando una escala de 1 a 5 (**Ki**). Los taxones recogidos se caracterizan según su valor indicador respecto a la eutroficidad (**Csi**, varía de 1 a 20) y su grado de sensibilidad (**Ei**, entre 1 y 3). Estos valores están determinados para las especies más comunes, se establece mediante la siguiente ecuación:

$$IBMR = \frac{\sum_{i=1}^n Ei * Ki * Csi}{\sum_{i=1}^n Ei * Ki}$$

Donde:

**ki** = escala de recubrimiento.

**Csi** = Valor indicador eutrofitad

**Ei** = Grado de sensibilidad

Los resultados del Índice Biológico de Macrófitos (IBMR) son interpretados con base en la siguiente tabla:

Nivel trófico del agua según el valor de IBMR.

Nivel trófico	Valor IBMR
Muy bajo	IBMR > 14
Bajo	12 < IBMR ≤ 14
Medio	10 < IBMR ≤ 12
Elevado	8 < IBMR ≤ 10
Muy elevado	IBMR ≤ 8

**Fuente:** [17]

Para aplicar el índice de macrófitos, se trabajó con cada una de las especies identificadas en los sectores del humedal, utilizando sus porcentajes de cobertura, valor eutrófico y el grado de sensibilidad, para ser aplicados en la anterior ecuación.

El valor de Recubrimiento (**ki**) se determinó con base en el porcentaje de cobertura vegetal de cada sector, los valores para la Eutrofitad (**CSI**) se hallaron según el consumo de oxígeno y se se optó por dejar un rango de 1 a 5; por último el Grado de Sensibilidad (**Ei**) se determinó con base en el grado de deterioro o vigor de las especies.[28]

### 5.3 ETAPA III: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta etapa se realizó un análisis de los resultados obtenidos para este estudio, los datos corresponden al inventario de la comunidad macrófitas presentes en el humedal, la productividad primaria, y el análisis del estado trófico del humedal según los índices de macrófitas calculados. El análisis de los anteriores resultados permitió establecer la importancia que tiene el humedal Meandro del Say dentro del ecosistema urbano dados los diferentes servicios ambientales que presta.

### 5.4 ETAPA IV: REDACCIÓN DEL DOCUMENTO FINAL

Una vez terminado el periodo de muestreo, la interpretación y análisis de resultados, redactó el documento final, donde se describe todo el proceso realizado según la metodología y cronograma establecido, la presentación y posterior análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACRÓFITAS DEL HUMEDAL MEANDRO DEL SAY.

Para la identificación de la comunidad de macrófitas del Humedal Meandro del Say, se tomó como referencia el documento: "Revisión y ajuste de los documentos técnicos existentes del Humedal Meandro del Say 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 meandro 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: "Las Plantas de Acuario" de Milton Barks, "El Libro de la Plantas Acuáticas" de Simón Van der Velde y "Plantas Acuáticas Vasculares de Venezuela" de Justiniano Velásquez, identificando espacialmente la presencia de las macrófitas acuáticas; de las 13 especies registradas, se identificaron 8 especies, las cuales se relacionan en la Tabla 12.

**Tabla 11:** Inventario de especies encontradas en el Humedal Meandro del Say

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>CODIGO ESPECIE</b>
Sombrillita de Agua	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	M-01
Enea	<i>Typha latifolia</i>	M-02
Botoncillo	<i>Bidens laevis</i>	M-03
Barbasco	<i>Polygonum punctatum</i>	M-04
Junco	<i>Schoenoplectus californicus</i>	M-05
Lenteja de agua	<i>Lemna gibba</i>	M-06
Buchón	<i>Eichhornia crassipens</i>	M-07
Buchón Cucharita	<i>Limnobium leavigatum</i>	M-08

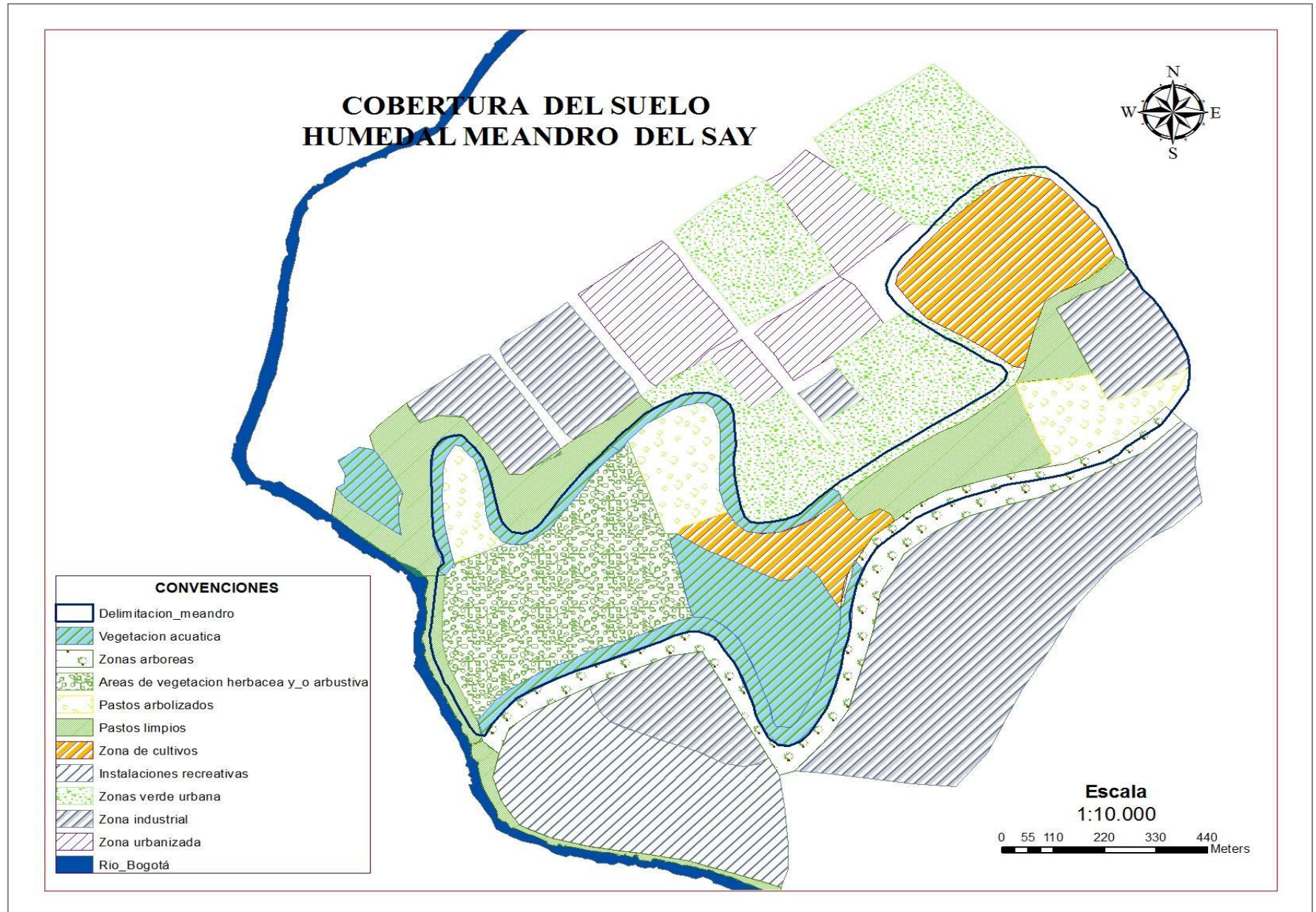
Fuente: Autor

Una vez adoptada la metodología de CORINE Land Cover para el estudio del Meandro, las unidades de cobertura de la tierra seleccionadas se presentan en la Tabla 13.

**Tabla 12:** Unidades de cobertura de la tierra de acuerdo a la metodología CORINE Land Cover, adaptada para el estudio del Humedal Meandro del Say

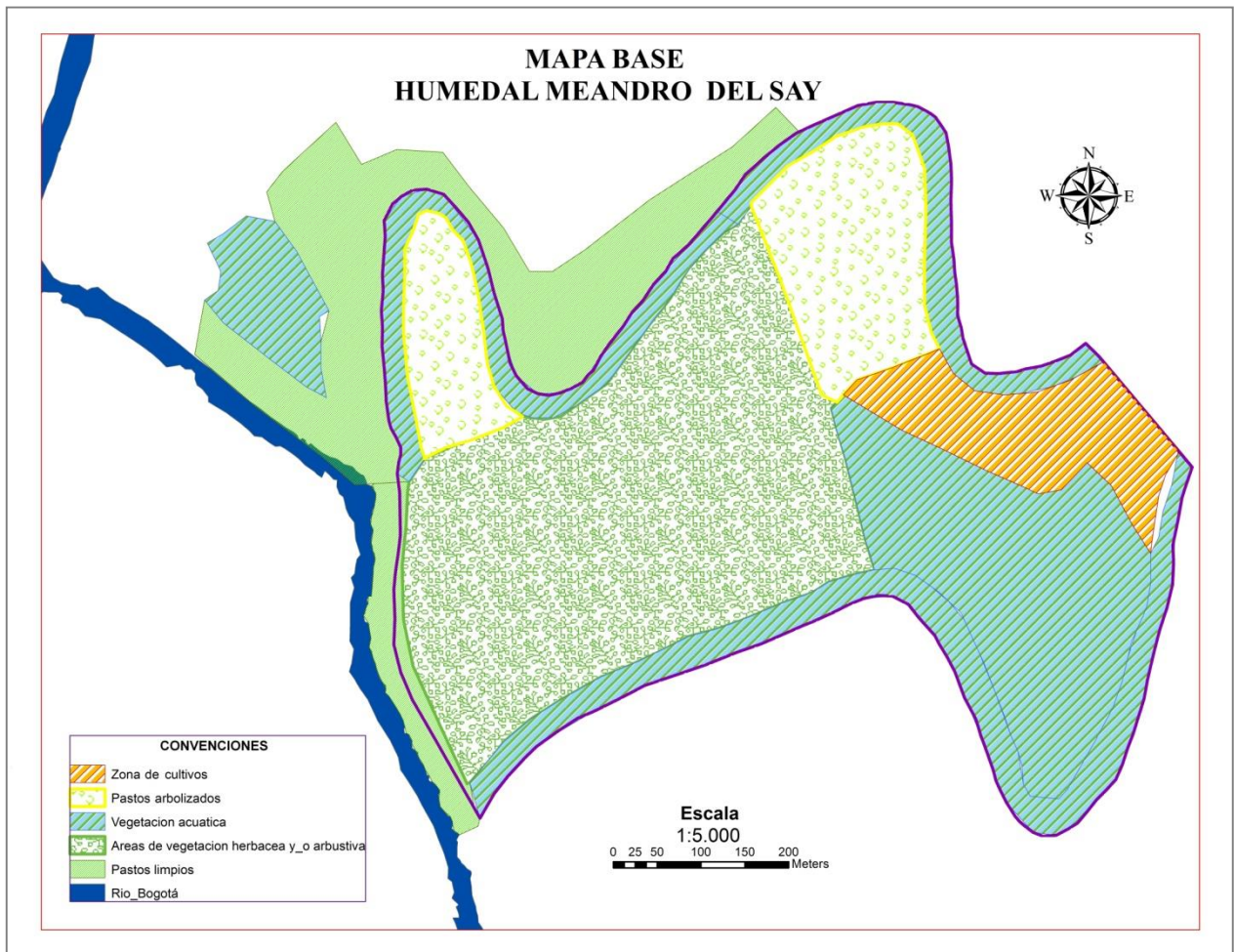
<b>TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>
<b>Zonas urbanizadas</b>
Tejido urbano continuo
<b>Zonas industriales o comerciales</b>
<b>Zonas verdes artificializadas no agrícolas</b>
Zonas verdes urbanas.
Instalaciones recreativas
<b>TERRITORIOS AGRICOLAS</b>
Cultivos transitorios
<b>Pastos</b>
Pastos limpios
Pastos arbolados
<b>BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES</b>
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
<b>AREAS HUMEDAS</b>
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua

**Fuente:** Leyenda nacional de cobertura de la tierra.[24]



**Imagen 7:** Mapa cobertura del suelo Humedal Meandro del Say  
**Fuente:** Autor

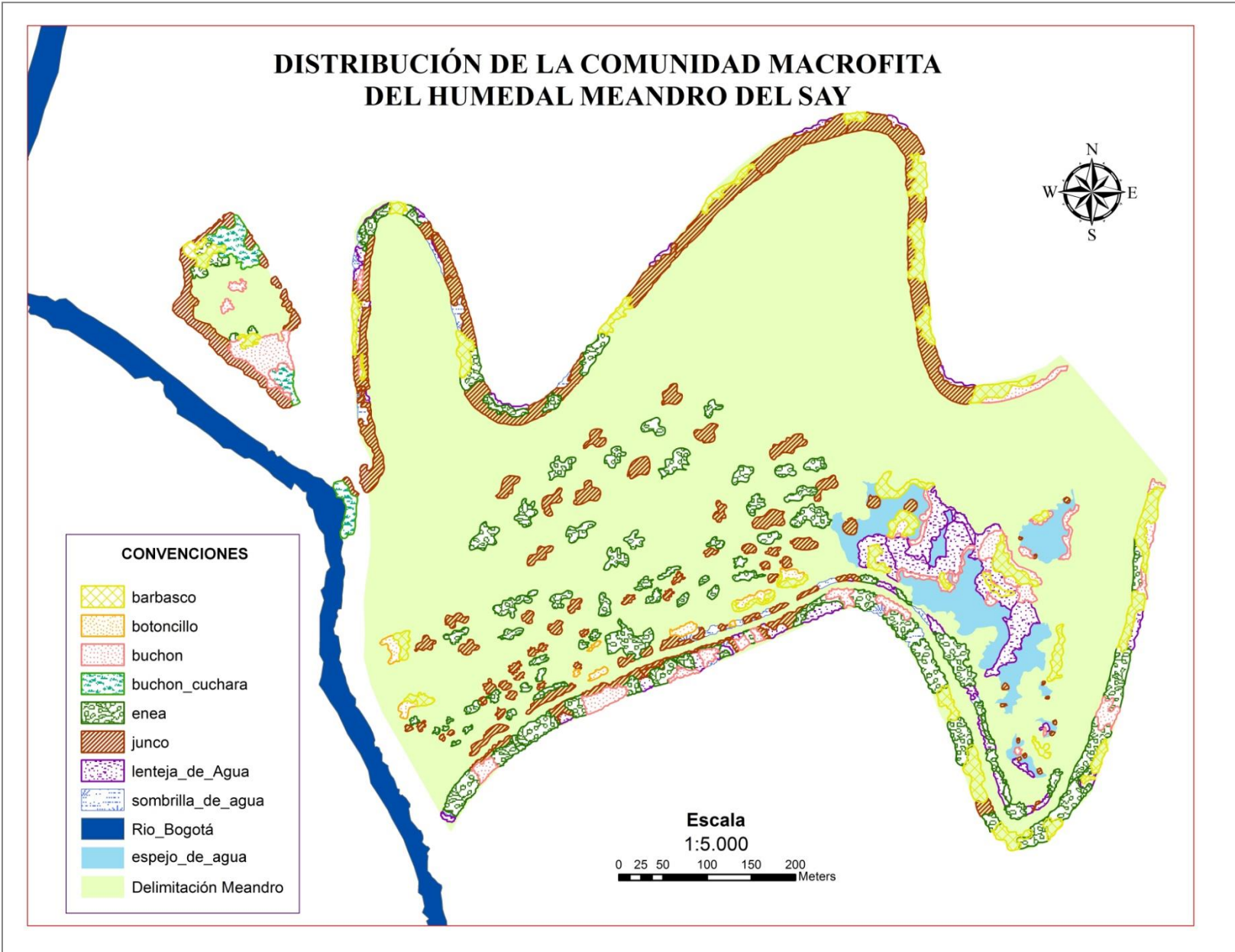
Como se observa, no todo el humedal corresponde a un área con espejo y columna de agua y a la presencia de vegetación acuática, caracteres que dan la función de humedal como tal, por lo cual se decidió analizar solamente el fragmento del humedal que presenta estas condiciones y que relaciona la presencia de las macrófitas, por esta razón se elaboró el siguiente mapa como base para el estudio:



**Imagen 8:** Mapa base objeto de estudio Humedal Meandro del Say





**Fuente:** Autor





Una vez identificadas las especies se procedió a realizar el mapa parlante 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 ellas, atribuyendo un símbolo y color diferente; como resultado de la digitalización de las ocho especies de macrófitas identificadas en el humedal se obtuvo el siguiente mapa:







**Imagen 9:** Mapa distribución macrófitas en el Humedal Meandro del Say  
**Fuente:** Autor

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 8 especies encontradas.

<b><i>Hydrocotyle ranunculoides</i></b>		
<b>Nombre Común : Sombrillita de Agua</b>		
<b>DESCRIPCIÓN MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>	
 <p>Fuente: Autor</p>	 <p>Fuente: Autor</p>	
<p>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.[29]</p>		
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ofrece protección y disponibilidad de alimentos a determinadas especies.</li> <li>- Indicador de aguas eutróficas.[30]</li> </ul>		
<b>USO INGENIERIL</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aprovechamiento de biomasa de digestores anaeróbicos.</li> <li>- Degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos.[31]</li> </ul>		
<b><i>Typha latifolia</i></b>		
<b>Nombre Común : Enea</b>		
<b>DESCRIPCIÓN MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>	
 <p>Fuente: Autor</p>	 <p>Fuente: Autor</p>	
<p>Es una gran hierba que enraíza bajo el agua, un macrófito que se encuentra habitualmente en el margen más interior de la orilla de los cursos de agua lentos, de las pozas de arroyos y de las charcas.[32]</p>		
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-El sistema rizomático favorece la fijación del suelo previniendo la erosión.</li> <li>-Hábitat de numerosos insectos y aves lacustres.[33]</li> </ul>		
<b>USO INGENIERIL</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Remoción de metales pesados a partir de soluciones unitarias.[34]</li> <li>-Estudios de estimación de gases efecto invernadero.[35]</li> </ul>		
<b><i>Bidens laevis</i></b>		

<b>Nombre Común : Botoncillo</b>	
<b>DESCRIPCION MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>
 <p><b>Fuente:</b> Autor</p>	 <p style="text-align: right;"><b>Fuente:</b> Autor</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.[36]</p>	
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>	
<p>-Alimento de algunas especies de larvas. -Propiedades medicinales.</p>	
<b>USO INGENIERIL</b>	
<p>-Biomonitoreo en estudios de genotoxicidad.[37]</p>	
<b><i>Polygonum punctatum</i></b>	
<b>Nombre Común : Barbasco</b>	
<b>DESCRIPCION MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>
 <p><b>Fuente:</b> Autor</p>	 <p style="text-align: right;"><b>Fuente:</b> te: Autor</p>
<p>Es una planta de tallos ascendentes que puede alcanzar hasta 1 m. de altura. Sus hojas son alargadas, presentan puntos glandulosos común en lugares húmedos como suelos arenosos inundados, márgenes de cursos de agua, desagües.[38]</p>	
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>	
<p>-Propiedades medicinales. -Propiedades repelentes de insectos y ácaros. Se utiliza para el control de pulgones en granos y como garrapaticida</p>	
<b>USO INGENIERIL</b>	
<p>-Control de enfermedades infecciosas.[39] -Elaboración de insecticidas.[40]</p>	
<b><i>Schoenoplectus californicus</i></b>	

<b>Nombre Común : Junco</b>	
<b>DESCRIPCION MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>
 <p>Fuente: Autor</p>	 <p style="text-align: right;">Fuente: Autor</p>
<p>Es una planta rizomatosa, con tallo trígono de hasta 3 metros de altura, es una especie hidrofita emergente que crece en suelos inundados de forma permanente o temporal. Crece en aguas de más de 1 metro de profundidad.[41]</p>	
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>	
<p>Criaderos de fauna lacustre, evita la erosión.[41]</p>	
<b>USO INGENIERIL</b>	
<p>-Bioconcentración de plaguicidas organoclorados.[42] -Construcción de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales.[43]</p>	
<b><i>Lemna gibba</i></b>	
<b>Nombre Común : Lenteja de agua</b>	
<b>DESCRIPCION MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>
 <p>Fuente: Autor</p>	 <p style="text-align: right;">Fuente: Autor</p>
<p>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 roba luz y nutrientes.[44]</p>	
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>	
<p>-Buen indicador de aguas eutróficas. -Alimento para numerosas especies.[44]</p>	
<b>USO INGENIERIL</b>	
<p>-Utilizada en fitorremediación.[45] -Remoción de metales pesados.[46]</p>	
<b><i>Eichhornia crassipens</i></b>	

<b>Nombre Común : Buchón</b>	
<b>DESCRIPCION MORFOLOGICA</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL HUMEDAL</b>
 <p>Fuente: Autor</p>	 <p>Fuente: Autor</p>
<p>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 una vejiga llena de aire. Considerada mala hierba.[47]</p>	
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>	
<p>-Posee características depuradoras, actuando como fitoremediador.</p> <p>-Puede ser utilizado como abono orgánico</p>	
<b>USO INGENIERIL</b>	 <p>Fuente: Autor</p>
<p>-Tratamiento de aguas residuales debido a su alto consumo de nutrientes.</p> <p>- Generación de bioles y biogás.</p> <p>-Bioindicador para el monitoreo de contaminación con metales.[13]</p>	
<b>Nombre Común : Buchón Cucharita</b>	
<b>DESCRIPCION MORFOLOGICA</b>	
 <p>Fuente: Autor</p>	 <p>Fuente: Autor</p>
<p>Planta flotante, crece hasta 50 cm de altura, y tienen hojas emergentes soportados en los peciolo. Sus hojas crecen en forma de rosetas. Se caracteriza por tener un rápido crecimiento, invadiendo hábitats y transformándose en una plaga.[49]</p>	
<b>IMPORTANCIA ECOLOGICA</b>	
<p>-Buen indicador de aguas eutróficas</p>	
<b>USO INGENIERIL</b>	 <p>Fuente: Autor</p>
<p>-Biorremediación: acumula plomo, cobre, hierro y cadmio.</p>	

Fuente: Autor

### 6.1.1 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 cinco sectores en función de las entradas al humedal, la presencia de espejo y columna de agua y la distribución de las macrófitas, estos sectores se representaron mediante polígonos como se muestra en la Imagen 10.

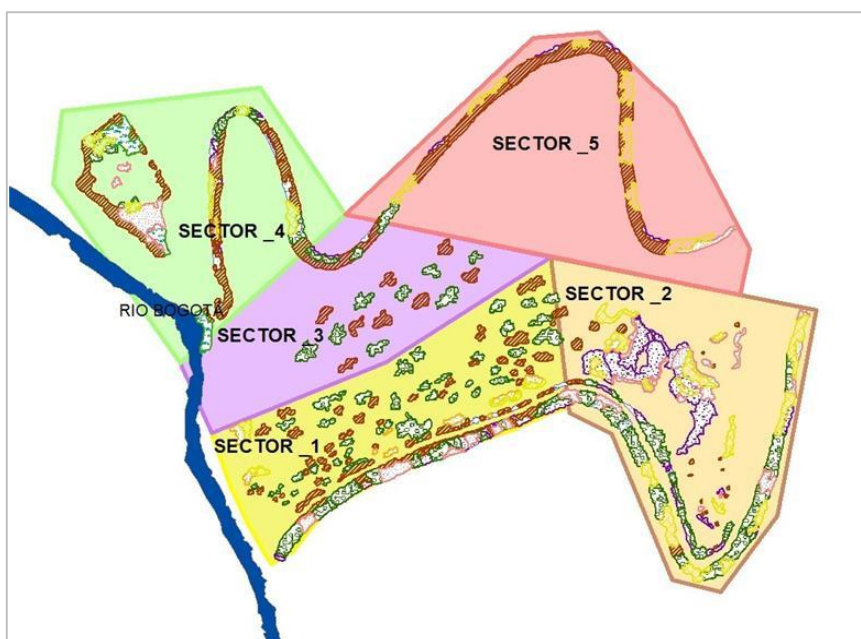


Imagen 10: Sectorización del humedal

Fuente: Autor

### 6.1.2 Composición Florística

La composición florística del meandro 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 14 se muestran los resultados para cada sector.

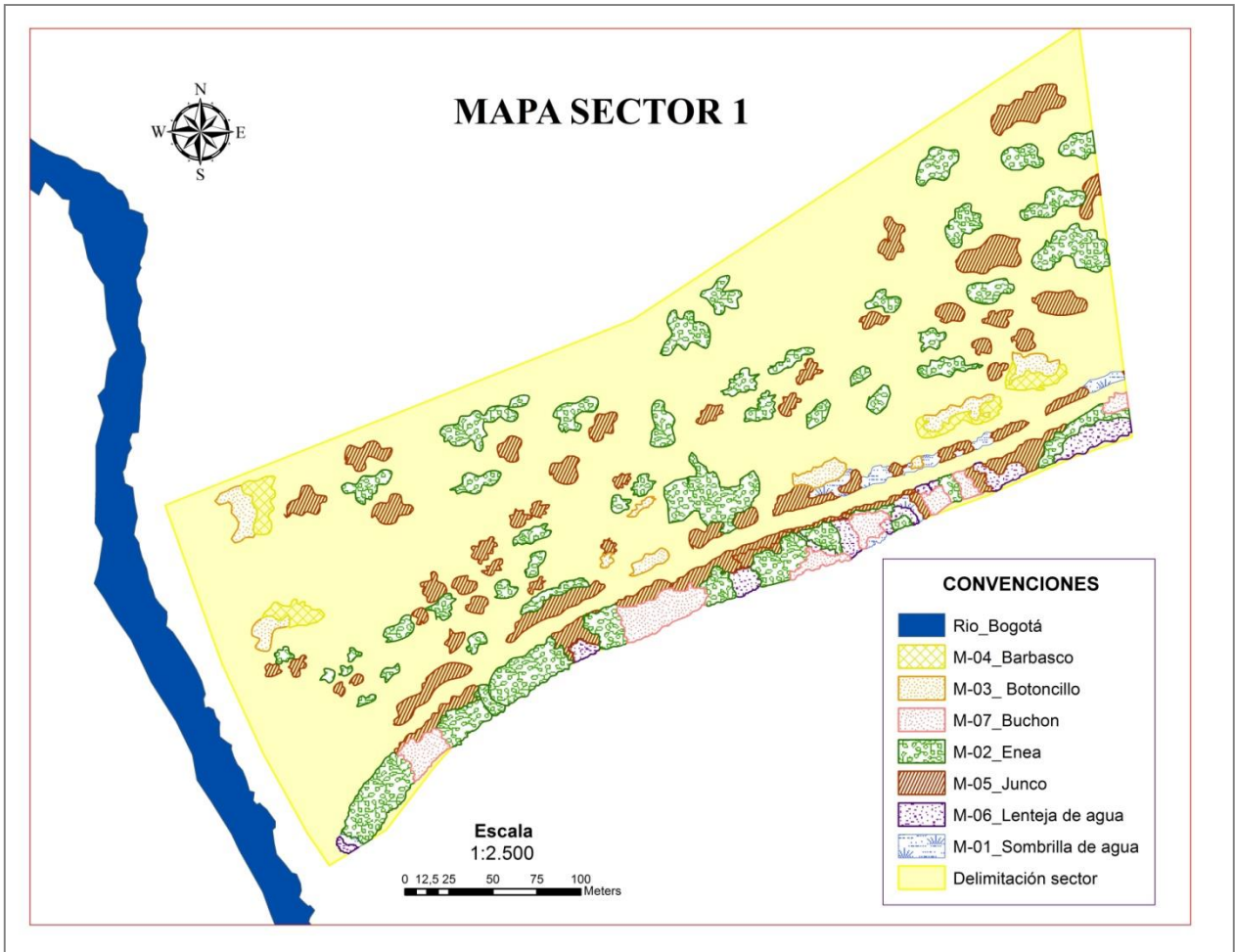
Tabla 13: Presencia de las especies de macrófitas en los sectores del humedal.

Sector	Código	1	2	3	4	5
Sombrillita de Agua	M-01	X	x		x	
Enea	M-02	X	x	x	x	
Botoncillo	M-03	X				
Barbasco	M-04	X	x		x	x
Junco	M-05	X	x	x	x	x
Lenteja de agua	M-06	X	x	x	x	x
Buchón	M-07	X	x		x	x
Buchón Cucharita	M-08				x	

Fuente: Autor

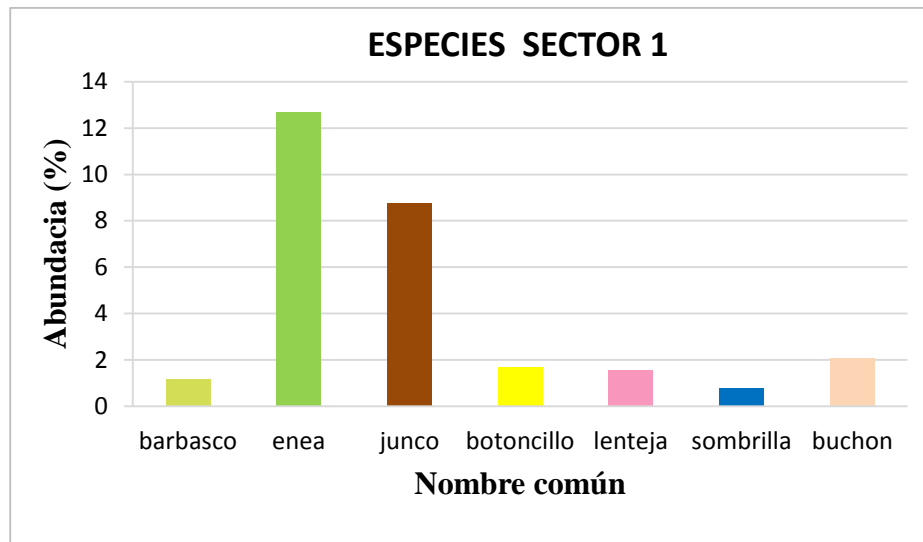
Para visualizar la distribución espacial de las especies en el meandro se realizó un análisis de presencia - ausencia en cada uno de los sectores, representando en mapas y graficas la distribución de la comunidad macrófita en el meandro, como se muestra a continuación:

**Sector 1:**



**Imagen 11:** Mapa Sector 1  
**Fuente:** Autor

El sector 1 se encuentra ubicado en la zona occidental del meandro, en la entrada se tiene el Parque Metropolitano de la zona Franca. No existen cuerpos de agua en el sector. La composición porcentual de las macrófitas del sector 4 se muestra a continuación:



**Gráfica 1:** Abundancia por especies sector 1.  
**Fuente:** Autor

Se puede observar que este es el sector que mayor cobertura de macrófitas presenta, contando con 7 de las 8 especies de macrófitas identificadas, siendo la Enea (*Typha latifolia*) la especie más abundante con un porcentaje de 12,8% de cobertura, seguida del Junco (*Schoenoplectus californicus*) con 8,86% de cobertura ocasionalmente se presentaron Botoncillo (*Bidens laevis*) Lenteja de agua (*Lemna gibba*), Buchón (*Eichhornia crassipens*), y rara vez Sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*).

Sector 2:

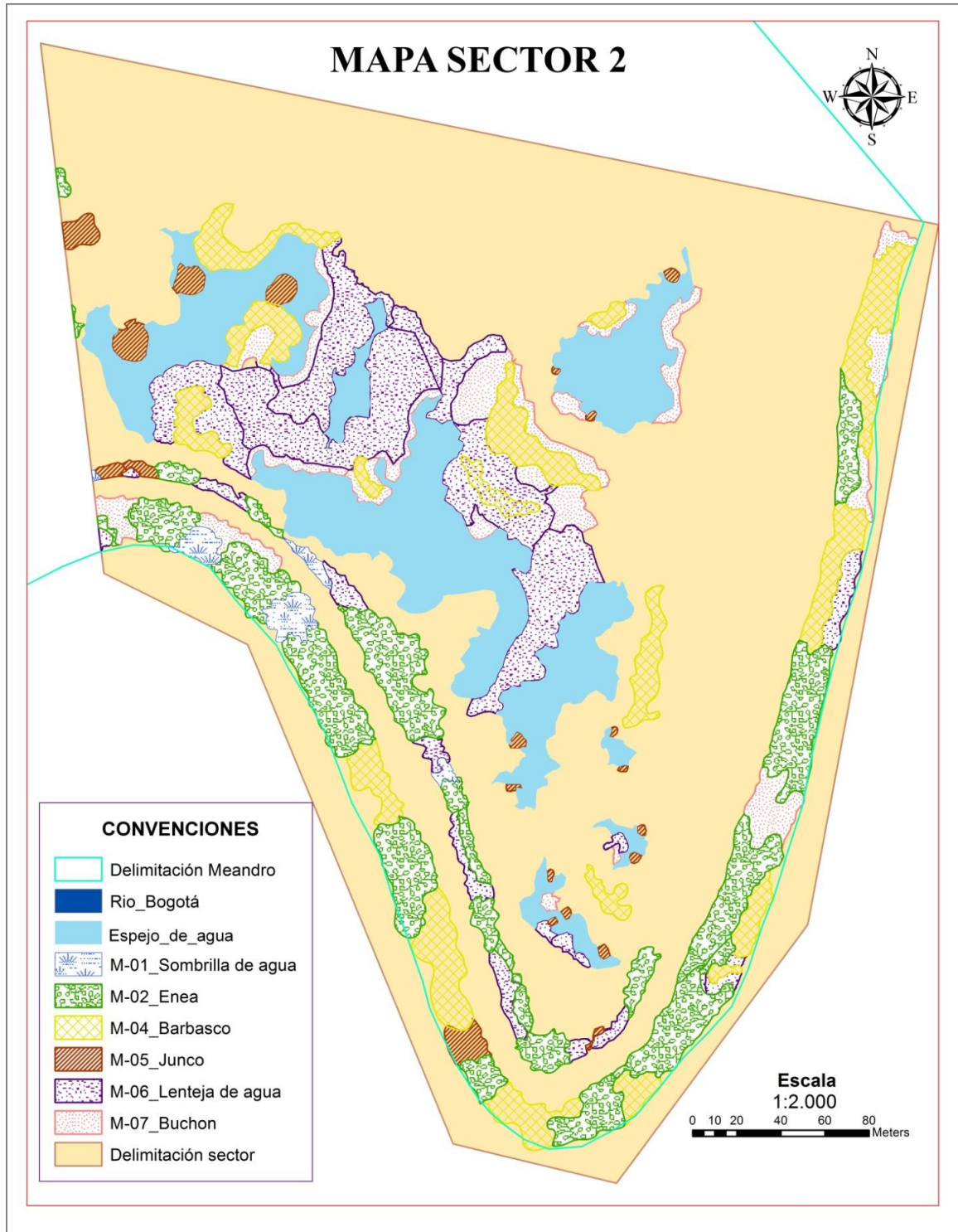
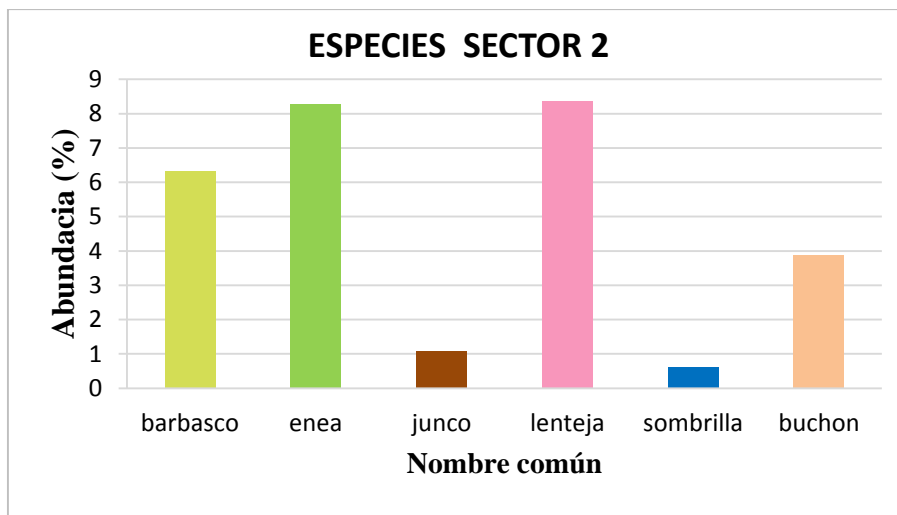


Imagen 12: Mapa Sector 2  
Fuente: Autor

El sector 2 se está ubicado en la zona oriental del meandro, rodeado por las diferentes industrias que hacen parte del Parque Industrial de la Zona Franca. Este es el único sector que posee espejos de agua, y el cual alberga la mayor parte de la fauna. La composición porcentual de las macrófitas del sector 2 se muestra a continuación:

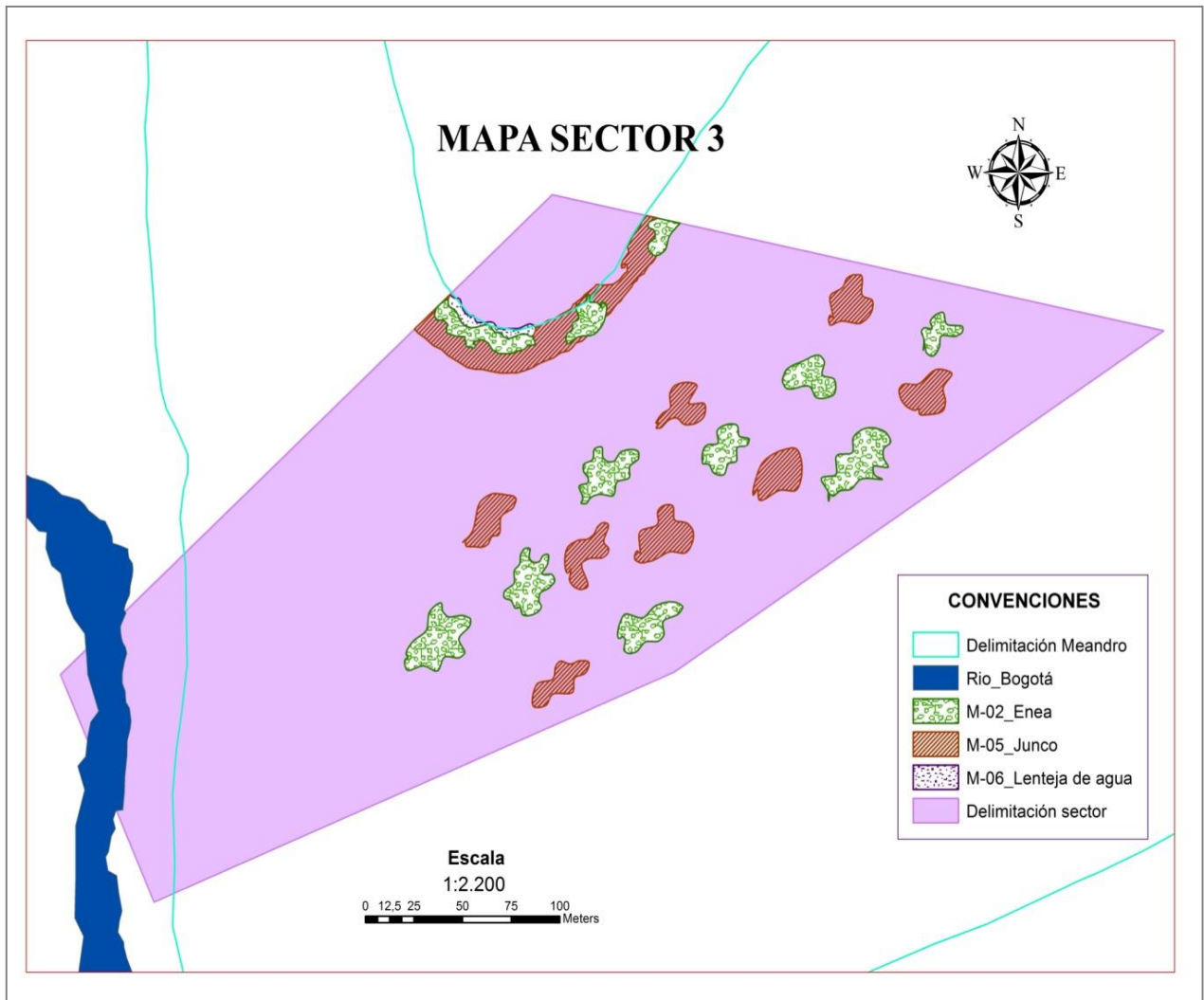


**Gráfica 2:** Abundancia por especies sector 2.

**Fuente:** Autor

La grafica 2 señala que en el sector 2 se asocian 6 especies de macrófitas, siendo las más abundantes la Lenteja de agua (*Lemna gibba*) con 8,37% de cobertura, la Enea (*Typha latifolia*) con 8,28% de cobertura y el Barbasco (*Polygonum punctatum*) con 6,32% de cobertura. Entre las especies ocasionales se encuentran el Buchón (*Eichhornia crassipes*) con 3,87% de cobertura y el Junco (*Schoenoplectus californicus*) con 1,08%; y como especie con frecuencia rara se encuentra la Sombrillita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*) con un 0,62% de cobertura. Este es el único sector donde la especie Lenteja de agua (*Lemna gibba*) se presenta frecuente, considerando la existencia de los cuerpos de agua.

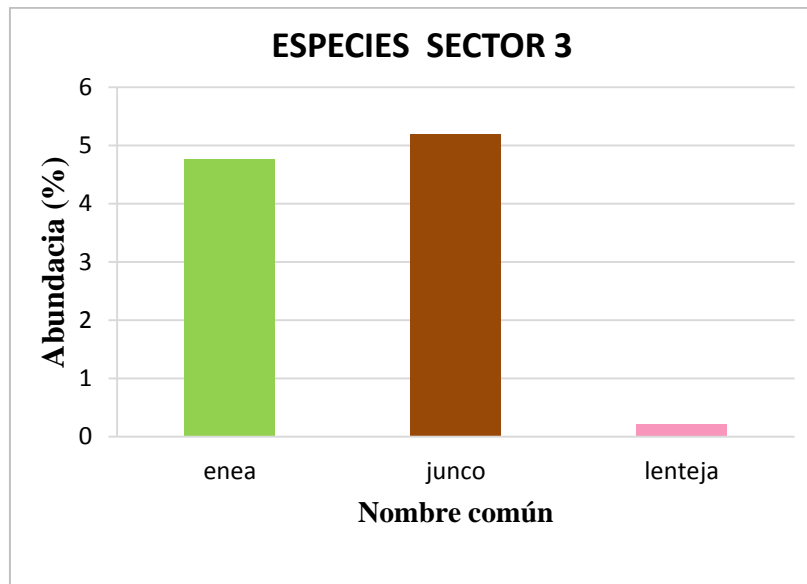
### Sector 3:



**Imagen 13:** Mapa Sector 3

**Fuente:** Autor

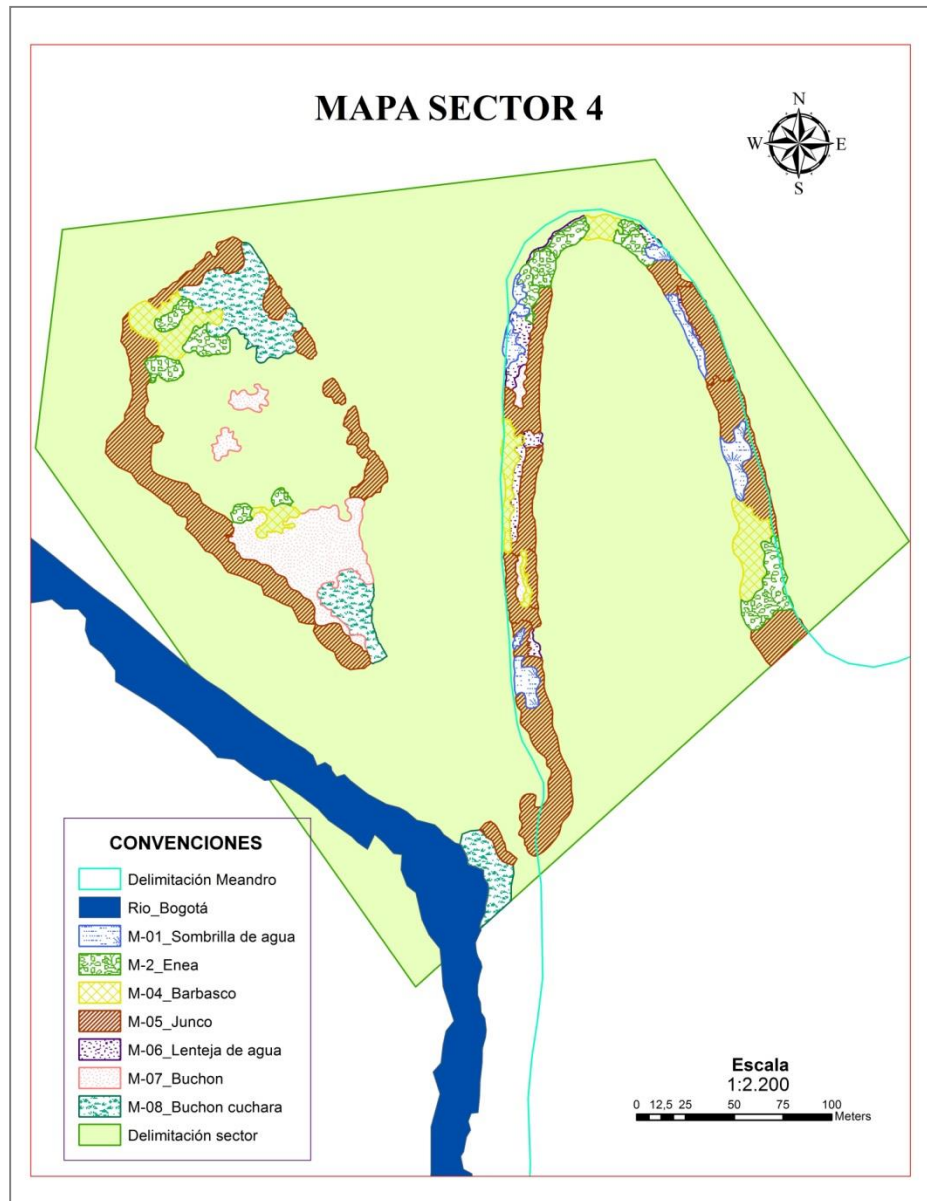
El sector 3, ubicado en la zona norte del Meandro, en la ronda que compete este sector se encuentran dos empresas cementeras. Registra solo 3 especies de macrófitas: Junco (*Schoenoplectus californicus*), Enea (*Typha latifolia*) y Lenteja de agua (*Lemna gibba*). La composición porcentual de las macrófitas del sector 5 se muestra a continuación:



**Gráfica 3:** Abundancia por especies sector 3.  
**Fuente:** Autor

Se puede observar que el Sector 3 solo presentó tres especies de macrófitas siendo el Junco (*Schoenoplectus californicus*) la más representativa con un 5,2% de cobertura, seguido de la Enea (*Typha latifolia*) con 4,77% y como especie rara en abundancia se tiene la Lenteja de agua (*Lemna gibba*) con 0,21% de cobertura. Este es el sector que menor porcentaje de cobertura de macrófitas presenta, ya que el mayor porcentaje de cobertura vegetal corresponde a Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) ya que en la zona se realizan actividades de ganadería. Además se encuentra ubicado cerca de la zona residencial del área de influencia.

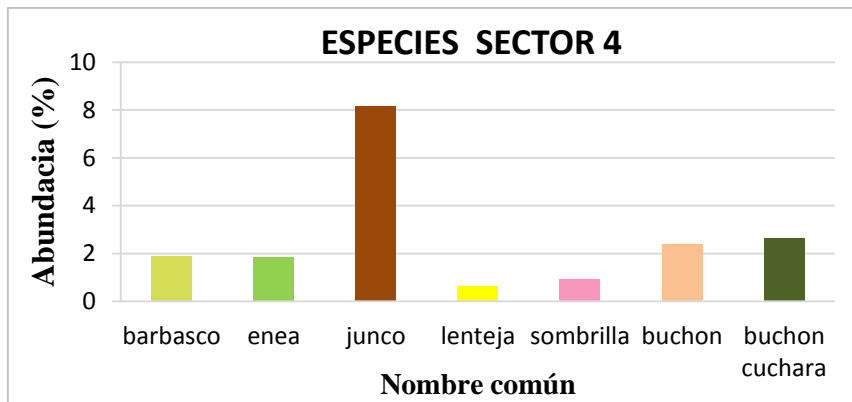
## Sector 4:



**Imagen 14: Mapa Sector 4**

**Fuente:** Autor

El sector 4 se encuentra ubicado en la zona noroccidental del Meandro, limitando con el municipio de Mosquera, y parte de la zona industrial de Fontibón. Se observa una zona aledaña a la ronda del humedal, la cual pudo haberse formado por capilaridad del río Bogotá, debido a su cercanía con la zona. La composición porcentual de las macrófitas del sector 4 se muestra a continuación:

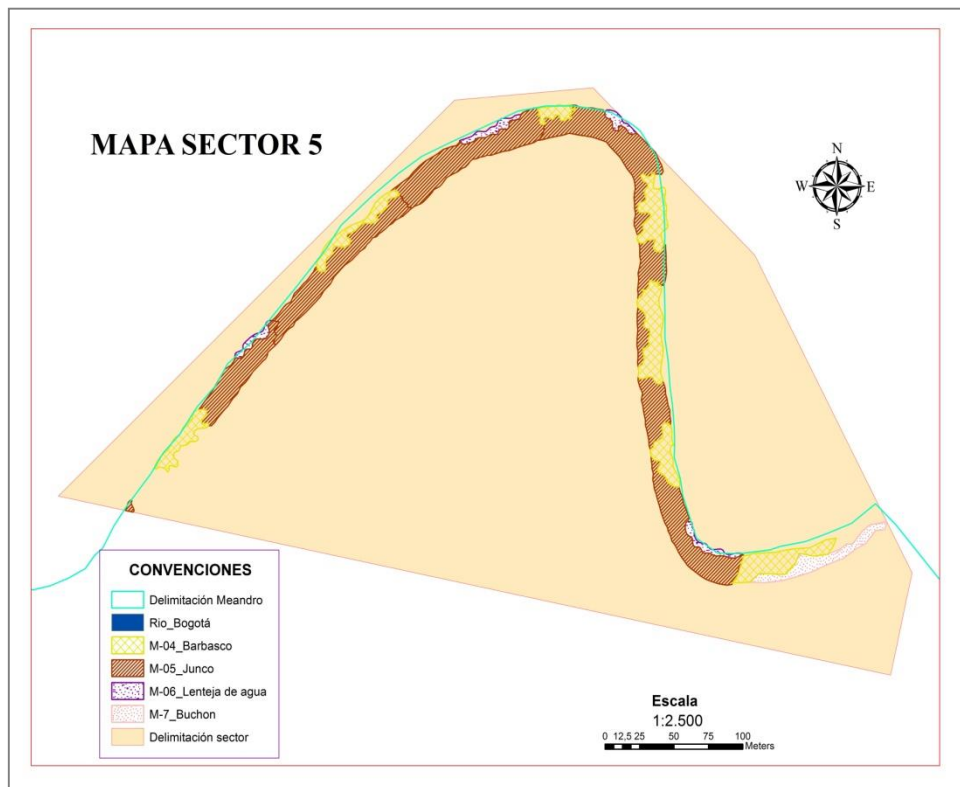


**Gráfica 4:** Abundancia por especies sector 4.

**Fuente:** Autor

Se observa que el Junco (*Schoenoplectus californicus*) es la especie representativa del sector 4 con 8.17% de cobertura, y como especies ocasionales se presentan el Barbasco (*Polygonum punctatum*) con 1,89% de cobertura, la Enea (*Typha latifolia*) con 1,86% de cobertura y el Buchón (*Eichhornia crassipes*) con 2,38% de cobertura. Como especies con frecuencia rara se tiene la Sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*) con 0,91% de cobertura, y la Lenteja de agua (*Lemna gibba*) con 0,68% de cobertura. Este fue el único sector que registro la presencia de la especie Buchón cucharita (*Limnobium leavigatum*) con 2,63% de cobertura.

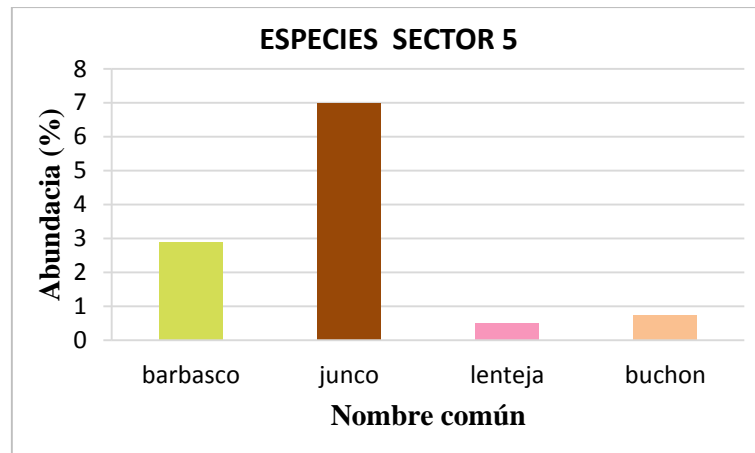
### Sector 5:



**Imagen 15:** Mapa Sector 5.

**Fuente:** Autor

El sector 5 está ubicado en la zona suroccidental del humedal, limita con la zona residencial del área influencia del Meandro. En esta zona no existen cuerpos de agua, la comunidad de macrófitas representativa es el Junco (*Schoenoplectus californicus*), también se observan algunas manchas de Barbasco (*Polygonum punctatum*) y Sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*). La composición porcentual de las macrófitas del sector 4 se muestra a continuación:



**Gráfica 5:** Abundancia por especies sector 5.

**Fuente:** Autor

Se observa que la especie dominante en el sector 5 es el Junco (*Schoenoplectus californicus*) con 7,1% de cobertura, como especie ocasional se tiene el Barbasco (*Polygonum punctatum*) con 2,88% de cobertura y especies con abundancia rara está el Buchón (*Eichhornia crassipes*) y la Lenteja de agua (*Lemna gibba*) con 0,5% de cobertura.

Con los datos obtenidos de presencia y abundancia de macrófitas se realizó la composición florística, cuyos resultados se resumen en la Tabla 15.

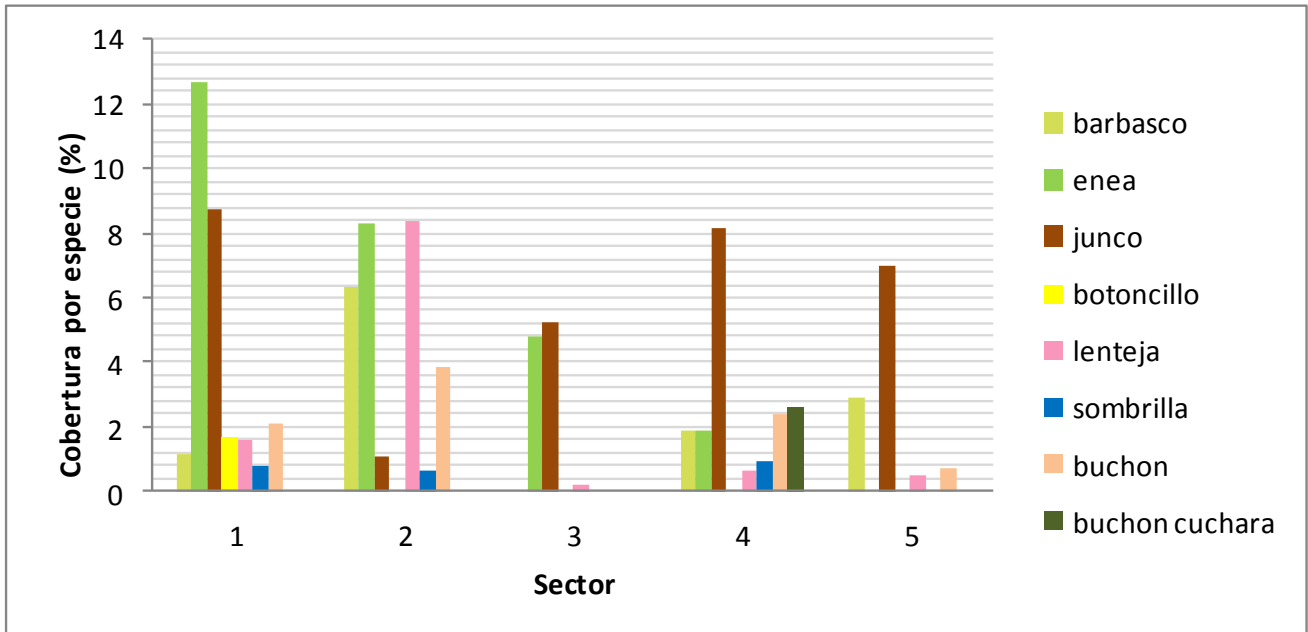
**Tabla 14:** Composición florística del Humedal Meandro del Say

Código Especie	Nombre común	Nombre científico	Presencia	Abundancia	Porcentaje Cobertura (%)
M-01	Sombrillita de Agua	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Sector 1	Rara	0,74
			Sector 2	Rara	0,62
			Sector 4	Ocasional	1
M-02	Enea	<i>Typha latifolia</i>	Sector 1	Frecuente	12,69
			Sector 2	Ocasional	8,28
			Sector 3	Ocasional	4,77
			Sector 4	Ocasional	1,84
M-03	Botoncillo	<i>Bidens laevis</i>	Sector 1	Ocasional	1,69

M-04	Barbasco	<i>Polygonum punctatum</i>	Sector 1	Ocasional	1,17
			Sector 2	Ocasional	6,32
			Sector 4	Ocasional	1,89
			Sector 5	Ocasional	2,88
M-05	Junco	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Sector 1	Ocasional	8,76
			Sector 2	Ocasional	1,08
			Sector 3	Ocasional	5,26
			Sector 4	Ocasional	8,17
M-06	Lenteja de agua	<i>Lemna gibba</i>	Sector 5	Ocasional	6,99
			Sector 1	Ocasional	1,56
			Sector 2	Ocasional	8,37
			Sector 3	Rara	0,21
M-07	Buchón	<i>Eichhornia crassipens</i>	Sector 4	Rara	0,63
			Sector 5	Rara	0,5
			Sector 1	Ocasional	2,07
			Sector 2	Ocasional	3,87
M-08	Buchón Cucharita	<i>Limnobium leavigatum</i>	Sector 4	Ocasional	2,38
			Sector 5	Rara	0,75
			Sector 4	Ocasional	2,63

Fuente: Autor

Una vez determinada la composición porcentual de cada especie de macrófitas en los diferentes sectores, se realizó un análisis comparativo de la presencia de las macrófitas en este sector del meandro, teniendo en cuenta la cobertura en cada sector.



**Gráfica 6:** Comparación porcentual de cobertura de las especies de macrófitas en cada sector.

**Fuente:** Autor

Se puede observar en la Gráfica 6 que la mayor cobertura de especie de macrófita corresponde a la Enea (*Typha latifolia*), la cual tiene presencia en todos los sectores excepto el sector 5, donde la especie dominante es el Junco (*Schoenoplectus californicus*), considerando la cercanía de este con la zona residencial. El sector 1 es el sector que mayor cobertura de macrófitas presenta, teniendo en cuenta las especies reportadas el porcentaje de cobertura, sabiendo que es el sector con más cercanía a la ronda del Río Bogotá. 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, registrado solo tres especies: Enea (*Typha latifolia*), Junco (*Schoenoplectus californicus*) y un pequeño porcentaje de Buchón (*Eichhornia crassipes*). Una de las especies menos representativa fue la Sombrillita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), identificada en los sectores 1, 2 y 3. La especie Buchón Cucharita (*Limnobium leavigatum*) solo se encontró en el sector 4, en cercanías con la ronda del río Bogotá y en el fragmento formado fuera de la ronda del meandro.

## 6.2 DINÁMICA DE LA ESTRUCTURA DE LAS MACRÓFITAS IDENTIFICADAS EN EL HUMEDAL.









Para la determinación de la dinámica de las especies en el sector seleccionado del humedal se realizó la metodología propuesta por DANSERAU [50] que tiene que ver

con la implementación de diagramas para representar los perfiles o la distribución estructurales de la vegetación.

### Danserogramas

A cada una de las especies de macrófitas encontradas en el humedal se le determinó su identificación taxonómica y de acuerdo a las características propias de cada especie se estableció un código y un símbolo danserográfico, los cuales son presentados en la Tabla 16.

**Tabla 15:** Código danserográficos de cada especie

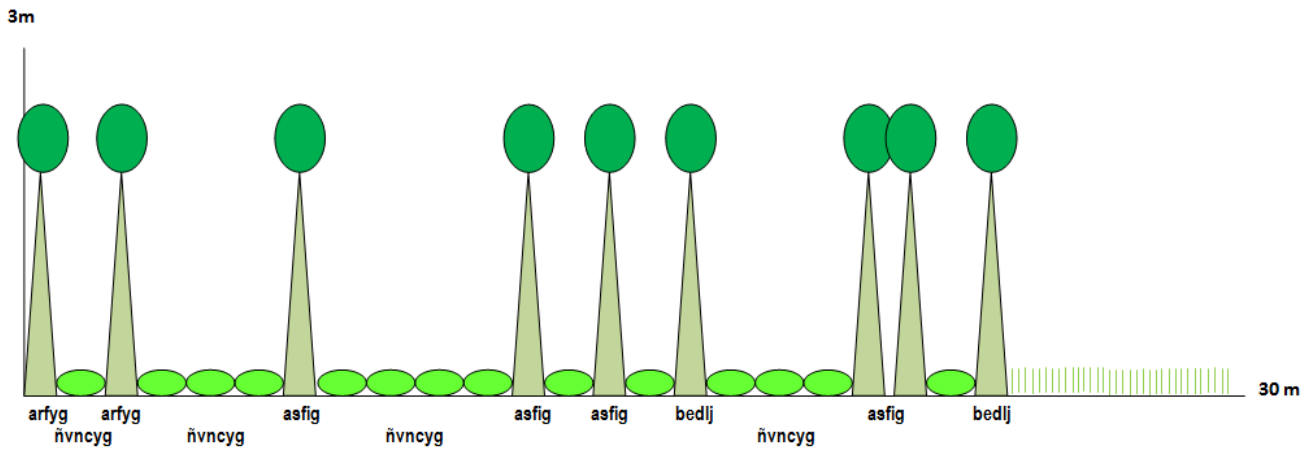
Código Especie	Código Danserograma
M-01	 ñrncyg
M-02	 arfig
M-03	 bvnwlj
M-04	 bedlj
M-05	 arfig
M-06	 ñvncyg
M-07	 ñuoyg
M-08	 ñuoyg

Fuente: Autor

### 6.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU IMPORTANCIA DE LOS BIOTOPOS Y LAS ASOCIACIONES TIPO DEL HUMEDAL.



flotabilidad, teniendo no como referentes a las especies Lenteja de agua (*Lemna gibba*), Buchón (*Eichhornia crassipens*) y Sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*).

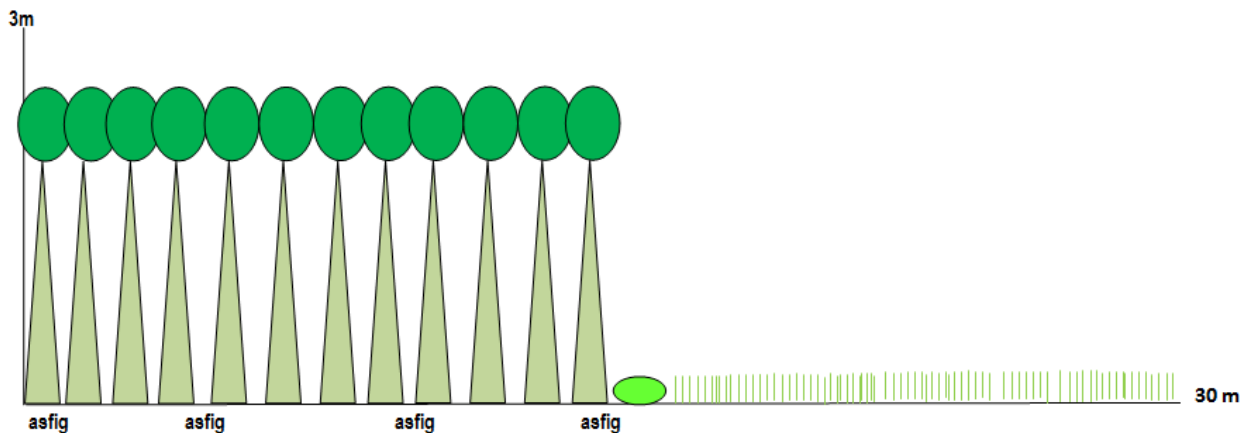


**Imagen 18:** Danserograma perfil 2 sector 2

Fuente: Autor

En el perfil 2 del sector 2 se observa como las especies flotantes libres tienen mayor cobertura, principalmente la especie Lenteja de agua (*Lemna gibba*), lo cual puede atribuirse con algunas condiciones ambientales, como la disponibilidad de humedad, teniendo en cuenta que este es el único sector que tiene cuerpos de agua en el Meandro.

### Sector 3:

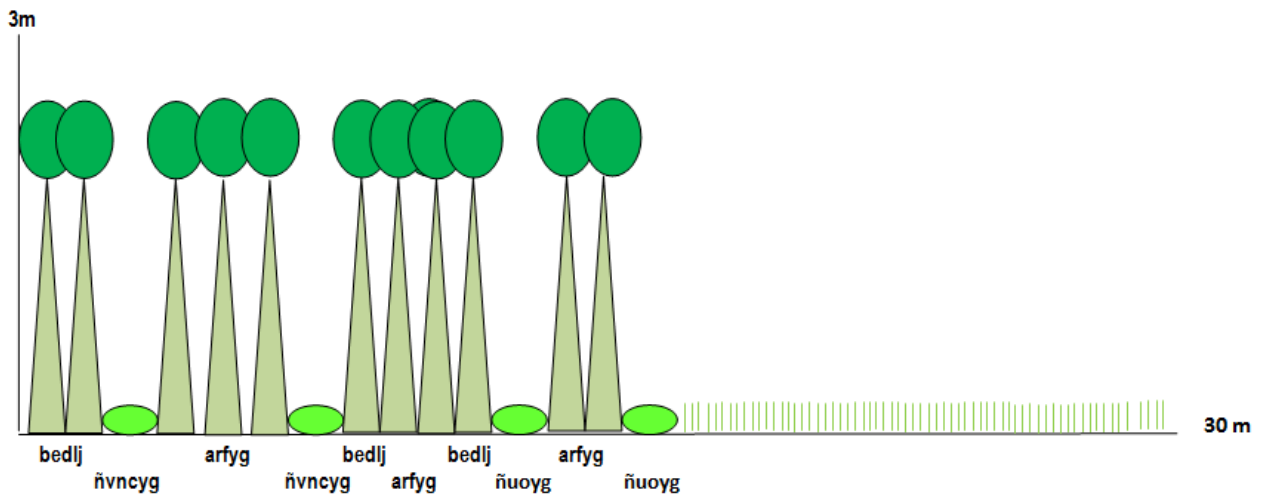


**Imagen 19:** Danserograma sector 3

Fuente: Autor

El sector 3 es el sector que menos cobertura de macrófitas presenta, se observa en el dancerograma de la imagen 14 que las especies más representativas son el Junco (*Schoenoplectus californicus*) y Enea (*Typha latifolia*) considerando que no existen espejos de agua en su área de influencia y dada la característica principal de estas especies las cuales presentan un tránsito entre plantas acuáticas y plantas mesófilas.





**Imagen 22: Danserograma sector 5.**

**Fuente:** Autor

El último danserograma corresponde al transecto del sector 5, se observa la mayor cobertura de las especies anfibias o palustres, y en menor proporción están las especies flotantes libres. El sector 5 se encuentra ubicado en la zona residencial del humedal.

### **Identificación de valores objeto de conservación**

Como resultado de la valoración de objetos de conservación presentes en cada biotopo del Humedal Meandro del Say, se obtuvo la siguiente matriz en la Tabla 17.

**Tabla16: MATRIZ DE VALORACIÓN AMBIENTAL**

BIOTOPO	ESPECIES	PARAMETROS										VALOR AMBIENTAL POR ESPECIE	VALOR AMBIENTAL BIOTOPO
		Ecológicos						Ambientales					
		Abundancia (%)	Zona de permanencia de especies	Autodepuración del agua	Control erosión	Disponibilidad de alimentos	Abono orgánico	Tratamiento de aguas residuales	Fitorremediación	Remoción de metales pesados	Biomasa para digestores anaerobicos		
1	Sombrillita de agua	1	2	3	1	5	4	3	3	1	5	28	184
	Enea	5	5	1	5	1	1	3	2	4	1	28	
	Botoncillo	2	1	1	3	3	1	1	1	1	1	15	
	Barbasco	2	2	1	4	1	1	2	2	2	1	18	
	Junco	5	5	1	5	1	1	5	1	1	4	29	
	Lenteja de agua	2	1	3	1	5	4	4	5	5	4	34	
	Buchón	2	1	4	1	2	4	4	5	4	5	32	
2	Sombrillita de agua	4	2	3	1	5	4	3	3	1	4	30	190
	Enea	5	5	1	5	1	1	3	2	4	1	28	
	Barbasco	5	2	1	4	1	1	2	2	2	1	21	
	Junco	5	5	1	5	1	1	5	1	1	4	29	
	Lenteja de agua	5	1	3	1	5	4	4	5	5	4	37	
	Buchón	5	1	4	1	2	4	4	5	4	5	35	
3	Enea	3	5	1	5	1	1	3	2	4	1	26	86
	Junco	3	5	1	5	1	1	5	1	1	4	27	
	Lenteja de agua	1	1	3	1	5	4	4	5	5	4	33	
4	Barbasco	1	2	1	4	1	1	2	2	2	1	17	170
	Enea	1	5	1	5	1	1	3	2	4	1	24	
	Junco	1	5	1	5	1	1	5	1	1	4	25	
	Lenteja de agua	1	1	3	1	5	4	4	5	5	4	33	
	Sombrillita de agua	1	2	3	1	5	4	3	3	1	4	27	
	Buchón	1	1	4	1	2	4	4	5	4	5	31	
	Buchón cucharita	1	1	3	1	2	3	3	4	3	4	25	
5	Barbasco	2	2	1	4	1	1	2	2	2	1	18	110
	Junco	4	5	1	5	1	1	5	1	1	4	28	
	Lenteja de agua	1	1	3	1	5	4	4	5	5	4	33	
	Buchón	1	1	4	1	2	4	4	5	4	5	31	

Fuente: Autor

## Valor ambiental de biotopos

A continuación se presenta la escala desde el biotopo de mayor valor de conservación hasta el biotopo de menor valor de conservación:

**Primero - Biotopo 2:** Como se puede observar en la Matriz de Valoración Ambiental para los diferentes biotopos del Humedal Meandro de Say, el biotopo que registró un mayor valor fue el biotopo 2 con 190 puntos, que hace evidente la importancia de este biotopo, para la conservación del ecosistema, ya que es el único que cuenta con cuerpos del agua, presenta gran cantidad de especies animales en las que se destacan Tinguas de Pico Rojo (*Gallinula galeata*), Carbonerito (*Diglossa humeralis*), Focha o tinguá pico amarillo (*Fulica americana*), Alcaravanes (*Vanallus chilensis*), Garza ganadera (*Bubulcus ibis*), Garza real (*Ardea alba*), Garza azul (*Egretta caerulea*), además tiene un valor alto en cobertura vegetal. Según las especies que mayor puntaje obtuvieron, el biotopo se caracteriza por ser zona de refugio y permanencia de especies, además contrarrestar los efectos de erosión (Enea y Junco), gran disponibilidad de alimentos para numerosas especies de fauna y la posibilidad de producir abono orgánico (Sombrillita de agua y Lenteja de agua), además posibles usos ambientales en tratamiento de aguas residuales, fitorremediación, remoción de metales pesados y producción de biogás.



**Imagen 23:** Panorámica Biotopo 2

**Fuente:** Autor

**Segundo - Biotopo 1:** Fue el segundo biotopo en importancia ecológica y ambiental, con un puntaje de 184 es uno de los que presenta mayor diversidad de especies de macrófitas, al igual que el biotopo 2, se caracteriza por ser zona de refugio y permanencia de especies, además contrarrestar los efectos de erosión (Enea y Junco), y características fitorremediadoras de las especies. En cuanto a importancia es muy similar

al biotopo 2, la diferencia es que este biotopo no cuenta con cuerpos de agua, lo que limita la disponibilidad de agua en el sector.



**Imagen 24:** Panorámica Biotopo 1

**Fuente:** Autor

**Tercero – Biotopo 4:** Este biotopo obtuvo 170 puntos en la matriz de valoración ambiental, presenta 7 de las 8 especies de macrófitas identificadas en el humedal. Según la especie con mayor valor ambiental (Junco) tiene gran cobertura para albergar numerosas especies, disponibilidad de alimento (Sombrillita y Lenteja de agua), y algunos usos ambientales como gran cantidad de biomasa para generación de biogás, fitorremediación y abono orgánico.



**Imagen 25:** Panorámica Biotopo 4

**Fuente:** Autor

**Cuarto – Biotopo 5:** Con un puntaje de 110 el biotopo 5 es el cuarto en valoración ambiental, posee características similares a las descritas anteriormente.



**Imagen 26:** Panorámica Biotopo 5

**Fuente:** Autor

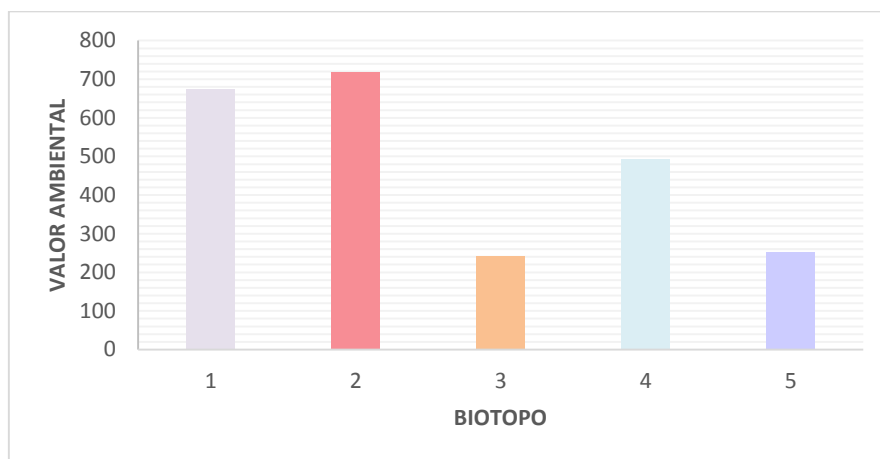
**Quinto – Biotopo 3:** Considerando que el biotopo 3 solo cuenta con tres especies de macrófitas y un puntaje de 86 se convierte en el último en valoración ambiental. Se caracteriza por ser zona de refugio y permanencia de especies, además contrarrestar los efectos de erosión (Enea y Junco).



**Imagen 27:** Panorámica Biotopo 3

**Fuente:** Autor

A continuación se presenta una gráfica comparativa entre la importancia ambiental de los biotopos según los resultados de los valores ambientales de la matriz realizada anteriormente.



**Gráfica 7:** Importancia ambiental de los biotopos

**Fuente:** Autor





Se observa que el biotopo de mayor importancia ambiental es el biotopo 2, considerando que es el único que presenta cuerpos de agua, y con ello, se convierte en hábitat de numerosas especies tanto endémicas como migratorias. El biotopo 3 es el de menor importancia ambiental teniendo en cuenta que fue el sector en el que menos especies de macrófitas se identificaron, además de la ausencia de cuerpos de agua y el reducido porcentaje de cobertura vegetal que alberga.

#### 6.4 DETERMINACIÓN PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE LAS MACRÓFITAS.

En la Tabla 18 se da una descripción de los puntos de muestreo utilizados para calcular la productividad primaria, la cual no fue expresada en función del tiempo si no en biomasa acumulada, y en la Tabla 19 se presenta un registro fotográfico de la toma de muestra.






**Tabla 17:** Descripción de los puntos de muestreo.

PUNTO DE MUESTREO	REGISTRO FOTOGRAFICO	DESCRIPCIÓN
1		El punto de muestreo N. 1 se encuentra ubicado en la zona occidental del meandro, en cercanías al parque Metropolitano de la zona Franca y a las obras en ejecución del dragado del Río Bogotá. La especie de macrófita donde se encontraba espejo de agua para la toma de muestra fue la Lenteja de Agua ( <i>Lemna gibba</i> ).

2		<p>El punto de muestreo N. 2 se está ubicado en la zona oriental del meandro, en el único sector donde se observan cuerpos de agua. La especie de macrófita donde se encontró espejo de agua para la toma de muestra fue la Sombrillita de agua(<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>)</p>
3		<p>El punto de muestreo N. 3 está ubicado en la zona norte del Meandro, donde la existencia de espejos de agua es casi nula. Para este punto se halló espejo de agua en una zona con Lenteja de Agua (<i>Lemna gibba</i>).</p>
4		<p>El punto de muestreo N.4 se encuentra en la zona noroccidental del Meandro, en la zona aledaña a la ronda del Meandro. La toma de muestra se realizó donde se hallaba la especie de macrófita Barbasco (<i>Polygonum punctatum</i>) ya que los demás puntos donde había espejo eran de difícil acceso.</p>
5		<p>El punto de muestreo N. 5 está ubicado en la zona suroccidental del humedal. Se observa en este sector contaminación por la disposición de residuos sólidos realizada por los habitantes de la zona, dada la cercanía que tiene con el área residencial de la zona de influencia del Meandro. La toma de muestra se llevó a cabo en presencia de Sombrillita de agua(<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>)</p>

Fuente: Autor

**Tabla 18:** Registro fotográfico muestreo

PUNTO DE MUESTREO	1	2	3	4	5
REGISTRO FOTOGRAFICO					

Fuente: Autor

Una vez realizada la toma de muestras e implementada la metodología del método de Winkler se obtuvieron los resultados enmarcados en la Tabla 20.

**Tabla 19:** Resultados oxígeno disuelto

MUESTRA SECTOR	1	2	3	4	5
OD Inicial (mg/l/6h)	3,4	2,3	2,5	1,8	2,2
OD Botella Clara (mg/l/6h)	7,9	3,5	6,2	5,2	5,6
OD Botella Oscura (mg/l/6h)	1,3	0,9	1,2	0,5	1,1

Fuente: Autor

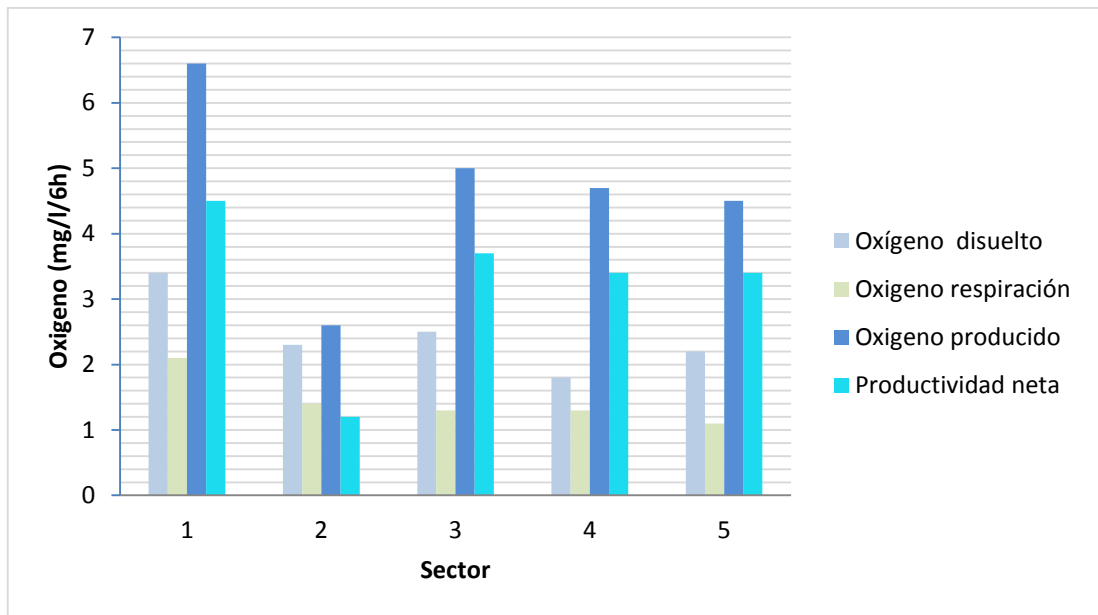
Los resultados sobre el cálculo de la productividad primaria se muestran en la Tabla 21.

**Tabla 20:** Resultados productividad primaria

PARAMETRO (mg/l/6h)	SECTOR				
	1	2	3	4	5
Oxígeno Inicial	3,4	2,3	2,5	1,8	2,2
Oxígeno respiración	2,1	1,4	1,3	1,3	1,1
Oxígeno producido	4,5	1,2	3,7	3,4	3,4
<b>Productividad Total</b>	<b>6,6</b>	<b>2,6</b>	<b>5</b>	<b>4,7</b>	<b>4,5</b>

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Tabla 21 el sector que mayor productividad presenta es el sector 1 con un valor de 6,6 (o<sub>2</sub>mg/l/6h). A continuación se relacionan los resultados de producción y consumo de oxígeno gráficamente:



**Gráfica 8:** Cambios en la concentración de oxígeno disuelto  
**Fuente:** Autor

Como se puede observar en la Gráfica 8 el sector que mayor productividad presenta es el sector 1 con un valor de 6,6 (mg/l/6h) y el sector con mayor productividad presente fue el sector 1. Teniendo en cuenta la clasificación de importancia ambiental y ecológica de los biotopos indicó que el de mayor importancia ambiental fue el sector 2, se puede observar que en términos de productividad neta es el sector que menos produce oxígeno, esto se debe a las tasas fotosintéticas de la cobertura vegetal, ya que la especie Enea (*Typha latifolia*) presenta una mayor tasa en comparación con las otras especies identificadas en cada sector del humedal. Se comprueba entonces que el sector de mayor producción de oxígeno es el sector 1, donde la cobertura vegetal de la Enea (*Typha latifolia*) es de 12.69%, representando el mayor porcentaje de cobertura en el humedal.

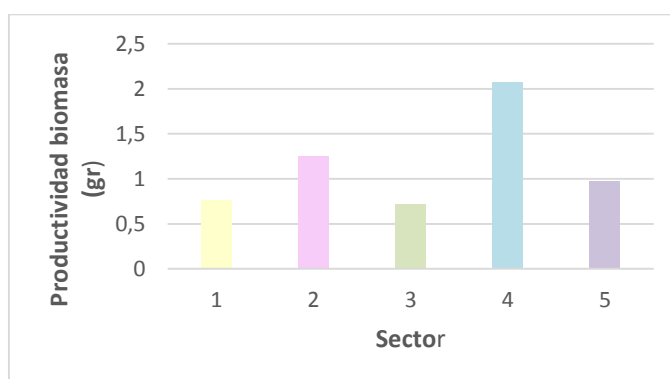
Según la clasificación de importancia ambiental y ecológica de los biotopos indicó que el de mayor importancia es el sector 2, se puede observar que en términos de productividad neta es el sector que menos produce oxígeno, esto se debe a las tasas fotosintéticas de la cobertura vegetal, ya que la especie Enea (*Typha latifolia*) presenta una mayor tasa en comparación con las otras especies identificadas en el humedal. Lo anterior se comprueba con los resultados ya que el sector de mayor producción de oxígeno es el sector 1, donde la cobertura vegetal de la Enea (*Typha latifolia*) es de 12.69%, representando el mayor porcentaje de cobertura en el humedal.

**Tabla 21:** Resultados peso seco

MUESTRA	ESPECIE	PESO HUMEDO(gr)	PESO SECO (gr)
1	Lenteja de Agua ( <i>Lemna gibba</i> ).	10	0,7642
2	Sombrillita de agua ( <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> )	10	1,2549
3	Lenteja de Agua ( <i>Lemna gibba</i> ).	10	0,7206
4	Barbasco ( <i>Polygonum punctatum</i> )	10	2,0738
5	Sombrillita de agua ( <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> )	10	0,9774

Fuente: Autor

En la Grafica 9 se representan de manera gráfica los resultados del peso seco.



**Grafica9:** Biomasa acumulada por fotosíntesis

Fuente: Autor

Se observa en la Grafica 9 la biomasa acumulada por fotosíntesis para cada uno de los sectores en el humedal. El sector 4 fue el que mayor biomasa acumulada presentó, considerando que en este sector la especie de macrofita representativa es el Junco (*Schoenoplectus californicus*) y este por su morfología y tamaño de 90 cm de altura aproximadamente representa gran cantidad de materia orgánica acumulada. El sector 3 fue el que menor cantidad de biomasa acumulada registro, aunque este se caracteriza por tener Junco (*Schoenoplectus californicus*) y Enea *Typha latifolia* como especies representativas, la cobertura vegetal de estas es pequeña en comparación con los otros sectores, dadas las características de este sector, por lo tanto no presenta gran cantidad de biomasa acumulada.

## 6.5 DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DEL HUMEDAL MEDIANTE EL USO DEL ÍNDICE DE MACRÓFITOS.

A continuación se presentan los resultados para el cálculo del IM en el Humedal Meandro del Say.

**Tabla 22:** Resultados Índice de Macrófitos (IM) para el Humedal Meandro del Say

SECTOR	IM	CLASE DE CALIDAD	NIVEL DE CALIDAD
1	28,68	II	Buena
2	28,54	II	Buena
3	10,24	IV	Mala
4	18,54	III	Aceptable
5	11,12	IV	Mala

**Fuente:** Autor

El resultado del cálculo del IM indica que los sectores presentan diferentes niveles de calidad, dada las diferencias en porcentajes de cobertura que existen entre los diferentes sectores, se observa que los Sector 1 y 2 tienen una calidad buena, considerando que son sectores con mayor cobertura de especies, los Sectores 3 y 5 presentan una calidad mala y el Sector 4 tiene una calidad aceptable. En promedio, el Humedal presenta una calidad aceptable, con un valor de IM de 19.49.

Una vez desarrollado el índice biológico de macrófitos para el Meandro del Say se obtuvieron los resultados expuestos en la Tabla 24.

**Tabla 23:** Resultados Índice Biológico de Macrófitos del Humedal Meandro del Say

SECTOR	RECUBRIMIENTO ( <i>ki</i> )	EUTROFIDAD ( <i>Csi</i> )	GRADO DE SENSIBILIDAD ( <i>Ei</i> )	IBMR
1	2	4	3	4
2	2	3	3	3
3	1	2	1	2
4	1	2	2	2
5	1	1	2	1

**Fuente:** Auto

Según los resultados del IBMR el Humedal Meandro del Say tiene un estado trófico *muy elevado*, ya que en todos los sectores se obtuvo un IBMR menor de 8, lo que indica que el humedal presenta una alta productividad biológica y una gran cantidad de sedimentación, debido a la gran disponibilidad de nutrientes (principalmente fosforo y nitrógeno), dado el estado trófico, los espejos de agua son capaces de albergar gran cantidad de plantas acuáticas.

## CONCLUSIONES

- La comunidad de macrófitas del humedal se constituye por un total de 8 especies de macrófitas en el Meandro, de las cuales el Junco (*Schoenoplectus californicus*) y la Enea (*Typha dominguensis*) son especies las especies más representativas, considerando la ausencia espejos de agua definidos en el área del humedal.
- Teniendo en cuenta que es un meandro, y su formación responde a la dinámica hidroclimatología del río, la presencia de las especies de macrófitas se da en relación directa con la presencia de espejo y columna de agua ya que en éstos se observan especies como Lenteja de agua (*Lemna gibba*) y Buchón (*Eichhornia crassipens*) por otro lado especies como Botoncillo (*Bidens laevis*) y Junco (*Schoenoplectus californicus*) son más de ambientes terrestres.
- El uso de un sistema de información geográfica es una herramienta que contribuye para la determinación de la distribución y cobertura de las macrófitas dentro del humedal, sirviendo como una base de datos para posteriores estudios considerando que no existen registros de los mapas elaborados en el presente trabajo.
- Especies como el Junco (*Schoenoplectus californicus*) y la Enea (*Typha dominguensis*) presentaron mayor porcentaje de cobertura en el ecosistema de humedal, dadas las características de disponibilidad de agua y nutrientes presentadas en el Meandro.
- Una vez identificados los biotopos dentro del ecosistema es posible determinar las zonas de conservación dada la importancia ambiental que estos posean dentro del humedal. Para efectos de este estudio el biotopo de mayor importancia fue el N. 2, considerando los parámetros ambientales y ecológicos encontrados.
- El estado trófico del humedal indica que existe una elevada disponibilidad de nutrientes, considerando que estos tipos ecosistémicos son altamente productivos.

## RECOMENDACIONES

- Considerando la falta de estudios recientes del Humedal Meandro del Say, es de vital importancia adelantar investigaciones donde se indaguen sobre las características fisicoquímicas el contenido de nutrientes, especies que habitan el humedal entre otros.
- Dada la importancia ecológica del Humedal Meandro del Say, es necesario contribuir con planes de manejo y conservación, los cuales puedan ser desarrollados mediante un ente encargado a su protección, ya que el Humedal actualmente no cuenta con una administración.
- Teniendo en cuenta que el humedal carece de cuerpos y espejos de agua definidos, podría implementarse un caudal ecológico, con el fin de suplir el déficit hídrico que posee el humedal y mejorar la calidad del ecosistema.
- Se recomienda realizar campañas de sensibilización y concientización a la comunidad aledaña al humedal sobre la importancia ambiental que este presenta para su cuidado y protección, durante las salidas de campo se observó que uno de los principales problemas ambientales que tiene el meandro es la disposición de residuos sólidos por parte de la comunidad.

## BILIOGRAFIA

- [1] Secretaria Distrital de Medio Ambiente, «Humedal Meandro del Say,» [En línea]. Available: <http://ambientebogota.gov.co/web/web-ninos/meandro-del-say>. [Último acceso: 5 Noviembre 2014].
- [2] Acueducto y alcantarillado de Bogotá, «Síntesis del estado actual de los humedales.,» 2003. [En línea]. Disponible: [http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/swf/revistas/revista\\_hum/HUMEDALES.htm](http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/swf/revistas/revista_hum/HUMEDALES.htm). [Último acceso: 5 Mayo 2014].
- [3] Fundación ambiental meandro de say, «Centro de documentacion e informacion local de suba,» [En línea]. Diaponible: [http://www.gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia\\_og/20.pdf](http://www.gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia_og/20.pdf). [Último acceso: 24 Abril 2014].
- [4] CAR, «Revisión y ajuste de los documentos técnicos existentes del Humedal Meandro del Say 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,» Bogotá, 2006.
- [5] D. Bernal, «Humedales Bogotá :Aves en el Humedal Meandro del Say,» [En línea]. Disponible: <http://humedalesbogota.com/2012/10/18/aves-en-el-humedal-meandro-del-say/>. [Último acceso: 5 Noviembre 2014].
- [6] Alcaldia Mayor de Bogotá, «Observatorio local de Engativa,» [En línea]. Disponible: <http://observatoriolocaldeengativa.info/>. [Último acceso: Enero29 2015].
- [7] Ramsar, «Documento informativo Ramsar No. 1,» Iran, 1971.

- [8] S. Elliot M., «El Meandro,» de *El rio y la forma: Introducción a la geomorfología aluvial*, Santiago de Chile, RiL Editores, 2010, pp. 33-39.
- [9] Convección de ramsar, «Control de Inundaciones,» de *Servicios de los ecosistemas de humedales*, Iran, Secretaria de la convención de ramsar, 1971, pp. 3-4.
- [10] Convención de ramsar, «Reposicion de aguas subterranas,» de *Servicios de los ecosistemas de humedales*, Iran, Secretaria de la convención de ramsar, 1971, pp. 4-5.
- [11] Convención de Ramsar, « Retencion y exportacion de sedimentos y nutrientes,» de *Servicio de los ecosistemas de humedales*, Iran, Secretaria de la convención de ramsar, 1971, pp. 5-6.
- [12] Convención de ramsar, « Recreacion y turismo,» de *Servicios de los ecosistemas de humedales*, Iran, Secretaria de la convención de ramsar, 1971, pp. 8-9.
- [13] M. Meerhoff y N. Mazzeo, «Importancia de las plantas flotates libres de grab aporta a la conservacion y rehabilitacion de los lagos someros de sudamerica,» *Ecosistemas*, pp. 13-22, 2004.
- [14] Y. LAN, B. CUI, X. LI, Z. HAN y W. DONG, «The determinants and control measures of the expansion of aquatic macrophytes in wetlands,» *Procedia Environmental Sciences*, vol. II, p. 1643–1651, 2010.
- [15] P. Garcia Murillo, R. Fernandez Zamudio y S. Cirujano Bracamonte, *Macrófitos: Habitantes del agua*, Andalucía, 2009.
- [16] o. Nestor Mazzeo, *Eutrofizacion: causas consecuencias y manejo*, Uruguay, 2002.
- [17] S. Cirujano, J. Cambra y C. Gutierrez, «Protocolo de muestreo y analisis de macrófitos,» de *Metodologia para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*, España, 2005, pp. 97-125.
- [18] Aladia Mayor de Bogota, «Ley 99 de 1993,» [En línea]. Disponible: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>. [Último acceso: 3 Noviembre 2014].
- [19] S. Jurgen, *Metodos de Hidrobiologia*, Madrid: Blume Ediciones, 1975.
- [20] Naciones Unidas, «Convenio sobre diversidad Biologica,» Rio de Janeiro, 1992.
- [21] Ministerio del medio ambiente, «Politica Nacinal de Humedales,» Bogotá, 2002.


- [22] DAMA, «Política Distrial de Humedales,» Bogotá, 2002.
- [23] Secretaria Distrital de Ambiente, Protocolo de restauración y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos., Bogotá, 2008.
- [24] IDEAM;MAVDT, Leyenda nacional de cobertura de la tierra, Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000, Bogotá, 2010.
- [25] J. Panareda y B. Serrano, «La expresión grafica del territorio mediante paisajes lineales,» *Cuadernos Geograficos*, nº 51, pp. 78-95, 2012.
- [26] L. Salazar Lopez, *Validación de los modelos troficos mediante la identificación y caracterización de las macrofitas presentes en el humedal de Córdoba- Bogotá*, Bogotá, 2011.
- [27] American Public Health Asociation, «Standard Methods for Examination of water and wastewater,» de *Metodo 4500 O*, Whashington D.C., 2005.
- [28] L. Suarez, A. Mellado, M. Sanchez Montoya y R. Vidal Abarca, «Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura,» *Limnetica*, nº 24, pp. 305-318, 2005.
- [29] Ministerio de Agricultura, Alimentacion y Medio Ambiente, Catalogo español de especies exóticas invasoras, España, 2011.
- [30] P. M. Alarcón, «Plantas invasoras acuáticas y culícidos: un binomio peligroso,» *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, pp. 5-15, 2013.
- [31] P. Martina, R. A. J. C. J. C. y H. L. , « Prefactibilidad sobre aprovechamiento de biomasa en la zona litoral Chaqueña : plantas acuaticas, biogas, y residuos. Un caso de estudio,» *Asades*, vol. 1, pp. 113-119, 2013.
- [32] Institució Catalana d'Història Natural, «Enea,» [En línea]. Disponible: <http://ichn.iec.cat/bages/z-humides/lmatges%20grans/cTypha%20latifolia.htm>. [Último acceso: 3 Noviembre 2014].
- [33] I. L. Benitez, *Evaluación de la Distribución de Metales Pesados en las Plantas Acuáticas Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y tul ( Thypha spp) utilizadas en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales la Cerra, Villa canales por medio de fluorescencia de Rayos*, Guatemala, 2008.
- [34] C. Martínez, L. M. Torres y R. F. García de la Cruz, «Evaluación de la cinética de absorción de Zn<sup>2+</sup>+YCd<sup>2+</sup> a partir de soluciones unitarias y binarias por raíces de Eiccornia crasspies y Typha latifolia,» *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 2, pp. 1-14, 2013.

- [35] A. Valverde Solis, *Estimacion de gases de efecto invernadero en humedales contruidos de flujo subsuperficial horizontal*, Santiago de Cali, 2010.
- [36] J. N. Molina, «Plantas Acuaticas de los Humedales de Bogotá,» Bogotá, 2010.
- [37] D. J. Pérez, M. L. Menone, E. L. Camadro y V. J. Moreno, «Genotoxicity evaluation of the insecticide endosulfan in the wetland macrophyte *Bidens laevis* L.,» *Environmental Pollution*, vol. 153, pp. 695-698, 2008.
- [38] Biblioteca Virtual - FUNDESYRAM, «*Polygonum punctatum*,» [En línea]. Disponible: <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=1118>. [Último acceso: 3 Noviembre 2014].
- [39] V. Kotta, L. Barbinia, M. Cruañesc, J. D. Muñozc, E. Vivotc, J. Cruañesc, V. Martinob, G. Ferrarob, L. Cavallaroa y R. Campos, «Antiviral activity in Argentine medicinal plants,» *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 64, nº 79-84, 1998.
- [40] C. Mariños, J. Castro y D. Nongrados, «Efecto biocida del «barbasco» *Lonchocarpus utilis* (Smith,1930) como regulador de larvas de mosquitos,» *Revista Peruana de Biología*, vol. 11, pp. 87-94, 2004.
- [41] V. Sabaj, *Extraccion de Juncos *Schoenoplectus californicus* en el area protegida humedales Santa Lucia (Uruguay):contexto ecologico,socioespacial y perspectivas de manejo sustentable.*, Motevideo, 2011.
- [42] K. Miglioranzaa, J. De Moreno y V. Moreno, «Organochlorine pesticides sequestered in the aquatic macrophyte *Schoenoplectus californicus* (C.A. Meyer) Soják from a shallow lake in Argentina,» *Water Research*, vol. 38, pp. 1765-1772, 2004.
- [43] K. Meney, Z. Zhanga y Z. Rengel, «Interactive effects of nitrogen and phosphorus loadings on nutrient removal from simulated wastewater using *Schoenoplectus validus* in wetland microcosms,» *Chemosphere*, vol. 72, nº 11, pp. 1823-1828, 2008.
- [44] M. Barks, *Las Plantas de Acuario*, Barcelona: Hispano Europea S.A., 1998.
- [45] H. Bocuk, A. Yakar y C. Onu Turker, «Assessment of *Lemna gibba* L. (duckweed) as a potential ecological indicator for contaminated aquatic ecosystem by boron mine effluent,» *Ecological Indicators*, vol. 29, pp. 538-548, 2013.
- [46] M. Smain, S. Semsari y M. Couderchet, «Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*,» *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 72, nº 6, pp. 1774-1780, 2009.

- [47] Correl y Johnston, Flora del bajo y regiones adyacentes, Mexico, 1970.
- [48] M. Meerhoff y N. Mazzeo, «Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación yrehabilitación de lagos someros de Sudamérica.,» *Ecosistemas*, nº 13, pp. 13-22, 2004.
- [49] H. Aponte y C. O. Pacherrres, «crecimiento y propagación de limnobium laevigatum (hydrocharitaceae) bajo diferentes concentraciones de nutrientes,» *The Biologist*, vol. 11, pp. 69-78, 2013.
- [50] Ministerio de obras publicas y urbanismo , «Clasificación estructural de Danserau,» de *Guia para la elaboración de estudios del medio fisico*, Madrid, 1981, pp. 333-335.
- [51] CAR,IDEA,Universidad Nacional de Colombia, «Estudio de impacto ambental, plan de manejo ambiental Meandro del Say,» Bogota, 2004.
- [52] L. C. Orjuela, G. Saldarriaga, M. Garcia y H. Wilches, «Calidad de agua superficial en Colombia,» de *Estudio Nacional del Agua 2010*, Bogotá, 2010.
- [53] CDMB, «Red de monitoreo de calidad de agua: Corporacion Autonoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga,» [En línea].Disponible: <http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/monitoreo-ambiental-infomenu3-456/red-de-monitoreo-del-agua-infomenu3-458/234-calidad-del-agua.html>. [Último acceso: 10 Mayo 2014].
- [54] Secretaria Distrial de Ambiente, «Normatividad relativa a los humedales,» [En línea]. Available: <http://ambientebogota.gov.co/normatividad2>. [Último acceso: 3 Noviembre 2014].
- [55] G. Lopez, «Garcia Lopez Estudio del dosel de la selva nublada de biotipo universitario para la conservacion del quetzal .,» Guatemala, 1998.
- [56] «Assessment of Lemna gibba L. (duckweed) as a potential ecological indicator for contaminated aquatic ecosystem by boron mine effluent,» *Ecological Indicators*, vol. 29, pp. 538-548, 2013.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

<b>TRABAJO DE CAMPO</b> 	<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS MACRÓFITAS DEL HUMEDAL          MEANDRO DEL SAY COMO INSUMO DE LAS HERRAMIENTAS          DE CONSERVACIÓN</b>		
	REALIZADO POR: Diana Bianyth Gallego Maldonado		

Ciudad	BOGOTA DC			HOJA DE CAMPO			ACTA
Fecha	Día	Mes	Año	Hora Inicio	Hora Finalización	Lugar de desarrollo	No
	14	11	2014	7:00am	6:pm	Humedal Meandro del Say	1


### Método de Winkler

Determinación productividad primaria

DATOS	SECTOR				
	1	2	3	4	5
<b>Coordenadas Geográficas</b>	N 04°40'16,7'' W 074°10'12,8''	N 04°40'24,1'' W 074°09'56''	N 04°40'33,7'' W 074°10'18,3''	N 04°40'31,5'' W 074°10'3''	N 04°40'40,2'' W 074°10'2,1''
<b>Hora recolección muestra</b>	7:50 am	8:20am	8:58am	9:33am	9:52am
<b>Hora medición de oxígeno</b>	2:00pm	2:30pm	3:00pm	3:30pm	4:00pm
<b>Registro Fotográfico</b>	286-287	289-294	296-297	301-302	304-305
<b>Especie macrófita</b>	Lenteja de agua	Sombrillita de agua	Lenteja de agua	Barbasco	Sombrillita de agua
<b>Oxígeno Inicial (mg/l/6h)</b>	3,4	2,3	2,5	1,8	2,2
<b>Oxígeno Botella Clara (mg/l/6h)</b>	7,9	3,5	6,2	5,2	5,6
<b>Oxígeno Botella Oscura (mg/l/6h)</b>	1,3	0,9	1,2	0,5	1,1

Proyecto de trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental  
 I-mail: [dianagallego@usantotomas.edu.co](mailto:dianagallego@usantotomas.edu.co)  
 cel.3112778279

## Anexo 2

TRABAJO DE CAMPO 	CARACTERIZACIÓN DE LAS MACRÓFITAS DEL HUMEDAL MEANDRO DEL SAY COMO INSUMO DE LAS HERRAMIENTAS DE CONSERVACIÓN
	REALIZADO POR: Diana Bianyth Gallego Maldonado

Ciudad	BOGOTA DC			HOJA DE CAMPO			ACTA
Fecha	Día	Mes	Año	Hora Inicio	Hora Finalización	Lugar de desarrollo	No
	14	11	2014	7:00am	6:00pm	Humedal Meandro del Say	2

### METODO DE BIOMASA

Determinación productividad primaria

DATOS	SECTOR				
	1	2	3	4	5
<b>Coordenadas Geográficas</b>	N 04°40'16,7'' W 074°10'12,8''	N 04°40'24,1'' W 074°09'56''	N 04°40'33,7'' W 074°10'18,3''	N 04°40'31,5'' W 074°10'3''	N 04°40'40,2'' W 074°10'2,1''
<b>Hora recolección muestra</b>	8:00am	8:30am	9:10am	9:40am	10:am
<b>Numero Muestra</b>	1	2	3	4	5
<b>Registro Fotográfico</b>	288	295	298	303	306
<b>Especie macrófita</b>	Lenteja de agua	Sombrillita de agua	Lenteja de agua	Barbasco	Sombrillita de agua
<b>Turbidez agua (Transparente, turbia, muy turbia)</b>	Turbia	Muy turbia	Turbia	Muy turbia	Turbia

**Observaciones:**

*Proyecto de trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental*  
*l-mail: [dianagallego@usantotomas.edu.co](mailto:dianagallego@usantotomas.edu.co)*  
*cel.3112778279*