

**Determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica  
del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones  
fisicoquímicas de calidad del agua.**

**Autores**

**Yeny Paola Arias Pinzón  
Leonardo Peñaloza Escalante**

**Proyecto de trabajo de grado para optar al título de Ingenieros  
Ambientales**

**Director**

**Liliana Salazar López  
Bióloga MSC**

**Universidad Santo Tomas de Aquino  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Bogotá  
2015**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

**Bogotá, 2015**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, a nuestros padres y familia, a todas y cada una de las personas que hicieron parte de este logro por su apoyo, compromiso y aporte durante todas las etapas de nuestra vida y en especial en ésta, que estuvo caracterizada por esfuerzos y compromisos, con un ideal claro obtener el título de ingenieros ambientales.*

*Infinitas Gracias.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, a nuestras familias, a todos y cada uno de los profesores que hicieron parte de este proceso formativo, en especial a los de la facultad de ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomas, y a nuestra Directora de tesis Liliana Salazar López, por su compromiso y acompañamiento durante la propuesta y ahora la culminación de nuestro proyecto de Grado.*

## Contenido

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                 | 3  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                        | 4  |
| 2. OBJETIVOS.....                                            | 6  |
| 2.1 Objetivo general .....                                   | 6  |
| 2.2 Objetivos específicos .....                              | 6  |
| 3. ANTECEDENTES .....                                        | 7  |
| 3.1 Convención Ramsar .....                                  | 7  |
| 3.2. Política Nacional de humedales .....                    | 7  |
| 3.3. Política Distrital de Humedales .....                   | 7  |
| 3.4 Estudios de Humedales en Colombia .....                  | 8  |
| 4. MARCO CONTEXTUAL .....                                    | 10 |
| 4.1. Descripción de la zona de estudio Meandro del Say ..... | 10 |
| 5. MARCO TEÓRICO .....                                       | 12 |
| 5.1 Generalidades de los humedales .....                     | 12 |
| 5.2 Calidad del agua y eutrofización.....                    | 13 |
| 5.3 Características del plancton .....                       | 13 |
| 5.4 El fitoplancton en humedales .....                       | 13 |
| 5.5 El zooplancton en humedales .....                        | 14 |
| 5.6 Características de los Bio-indicadores:.....             | 14 |
| 6. MARCO CONCEPTUAL.....                                     | 16 |
| 7. METODOLOGÍA .....                                         | 19 |
| 7.1. Etapa preliminar .....                                  | 19 |
| 7.2. Etapa de diseño del muestreo .....                      | 19 |
| 7.2.1. Diseño de Protocolo para la Toma de muestras .....    | 22 |
| 7.2.2 Diseño de cadena de custodia de las muestras.....      | 24 |
| 7.3 Etapa de campo .....                                     | 25 |
| 7.3.1 Muestreo para recolección de plancton. ....            | 25 |
| 7.3.2 Muestreo físico-químicos .....                         | 26 |
| 7.4 Etapa de laboratorio .....                               | 27 |
| 7.4.1 Estudio cualitativo .....                              | 28 |
| 7.4.2 Estudio cuantitativo .....                             | 28 |
| 7.5 Etapa de análisis .....                                  | 28 |

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.5.1. Análisis cualitativo .....                                                         | 28        |
| 7.5.2 Análisis cuantitativo .....                                                         | 28        |
| <b>8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                                     | <b>32</b> |
| <b>8.1 Frecuencia específica .....</b>                                                    | <b>33</b> |
| <b>8.2 Índices ecológicos .....</b>                                                       | <b>36</b> |
| <b>8.3 Condiciones fisicoquímicas de calidad del agua Humedal Meandro del Say</b><br>39   |           |
| <b>8.4 Dinámica espacial y temporal.....</b>                                              | <b>44</b> |
| 8.4.1 Dinámica espacial del Fitoplancton .....                                            | 44        |
| 8.4.2 Dinámica Espacial del Zooplancton .....                                             | 47        |
| 8.4.3 Dinámica Temporal del Fitoplancton.....                                             | 49        |
| 8.4.4 Dinámica temporal del zooplancton .....                                             | 51        |
| <b>8.5 Asociación entre las variables fisicoquímicas y la comunidad Planctónica</b><br>53 |           |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                                                 | <b>58</b> |
| Bibliografía .....                                                                        | 61        |

## LISTA DE GRÁFICAS

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfica 1:</b> Porcentaje de las especies para cada clase de la comunidad de fitoplancton .....                                                                                                                 | 32 |
| <b>Gráfica 2:</b> Porcentaje de las especies para cada clase de la comunidad de zooplancton .....                                                                                                                  | 33 |
| <b>Gráfica 3:</b> Frecuencia específica de la comunidad Fito planctónica Humedal Meandro del Say .....                                                                                                             | 34 |
| <b>Gráfica 4:</b> Frecuencia específica de la comunidad de zooplancton en el humedal Meandro del Say .....                                                                                                         | 35 |
| <b>Gráfica 5:</b> Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para fitoplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E1. .... | 37 |
| <b>Gráfica 6:</b> Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para fitoplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E2. .... | 37 |
| <b>Gráfica 7:</b> Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para fitoplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E3. .... | 38 |
| <b>Gráfica 8:</b> Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para Zooplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E1. ....  | 38 |
| <b>Gráfica 9:</b> Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para Zooplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E2. ....  | 38 |
| <b>Gráfica 10:</b> Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para Zooplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E3. .... | 39 |
| <b>Gráfica 11:</b> Dinámica del pH por estaciones y periodos de muestreo. ....                                                                                                                                     | 40 |
| <b>Gráfica 12:</b> Dinámica de saturación del oxígeno disuelto por estaciones y periodos de muestreo .....                                                                                                         | 41 |
| <b>Gráfica 13:</b> Variación temporal de la conductividad .....                                                                                                                                                    | 42 |
| <b>Gráfica 14:</b> Variación de temperatura por estaciones según periodos de muestreo ...                                                                                                                          | 43 |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfica 15:</b> Dinámica espacial del fitoplancton septiembre 2014.....          | 44 |
| <b>Gráfica 16:</b> Dinámica espacial del fitoplancton muestreo octubre 2014.....    | 45 |
| <b>Gráfica 17:</b> Dinámica espacial del fitoplancton muestreo noviembre 2014 ..... | 46 |
| <b>Gráfica 18:</b> Dinámica espacial del fitoplancton muestreo enero 2015.....      | 46 |
| <b>Gráfica 19:</b> Dinámica espacial de Zooplancton en septiembre de 2014 .....     | 47 |
| <b>Gráfica 20:</b> Dinámica espacial de Zooplancton en Octubre de 2014.....         | 48 |
| <b>Gráfica 21:</b> Dinámica espacial de Zooplancton en Noviembre de 2014 .....      | 48 |
| <b>Gráfica 22:</b> Dinámica espacial de Zooplancton en Enero de 2015 .....          | 49 |
| <b>Gráfica 23:</b> Dinámica temporal E1.....                                        | 50 |
| <b>Gráfica 24:</b> Dinámica temporal E2.....                                        | 50 |
| <b>Gráfica 25:</b> Dinámica temporal E3.....                                        | 51 |
| <b>Gráfica 26:</b> Dinámica Temporal del Zooplancton en la Estación E1.....         | 52 |
| <b>Gráfica 27:</b> Dinámica temporal de Zooplancton de la estación E2 .....         | 52 |
| <b>Gráfica 28:</b> Dinámica temporal de Zooplancton de la estación E3 .....         | 53 |
| <b>Gráfica 29:</b> Correlación de Pearson E1.....                                   | 54 |
| <b>Gráfica 30:</b> Correlación de Pearson E2.....                                   | 54 |
| <b>Gráfica 31:</b> Correlación de Pearson E3.....                                   | 55 |
| <b>Gráfica 32:</b> Correlación de Pearson E1 .....                                  | 56 |
| <b>Gráfica 33:</b> Correlación de Pearson E2.....                                   | 56 |
| <b>Gráfica 34:</b> Correlación de Pearson E3 .....                                  | 57 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Ubicación de estaciones de muestreo..... | 20 |
| <b>Tabla 2:</b> Técnica de captura de plancton.....      | 25 |
| <b>Tabla 3:</b> correlación de Pearson .....             | 31 |

## LISTA DE MAPAS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Mapa 1:</b> Cobertura del suelo Humedal Meandro del Say .....               | 21 |
| <b>Mapa 2:</b> Ubicación de estaciones de muestreo y zona de restricción ..... | 21 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ilustración 1:</b> Localización en el mapa del Humedal Meandro del Say .....                                                | 11 |
| <b>Ilustración 2:</b> Mapa Parlante Humedal Meandro del Say .....                                                              | 19 |
| <b>Ilustración 3</b> Formato T-01.....                                                                                         | 23 |
| <b>Ilustración 4</b> Formato T-02.....                                                                                         | 24 |
| <b>Ilustración 5:</b> Toma de muestras de plancton.....                                                                        | 26 |
| <b>Ilustración 6:</b> Fotografías de la determinación de los parámetros fisicoquímicos (PH, conductividad y temperatura) ..... | 26 |
| <b>Ilustración 7:</b> Fotografías de la determinación de oxígeno disuelto.....                                                 | 26 |
| <b>Ilustración 8:</b> Análisis de muestras de plancton el en laboratorio de la USTA.                                           | 27 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1:</b> Clasificación taxonómica de fitoplancton y zooplancton encontrado en el humedal Meandro del Say. .... | 60 |
| <b>Anexo 2:</b> Documento de Excel con estudio de presencia ausencia, y análisis de datos cuantitativos .....         | 60 |

## RESUMEN

El humedal Meandro del Say, a pesar de su importancia ecosistémica y ambiental ha sido poco estudiado y protegido, razón por la cual, se está viendo amenazado por la urbanización y la contaminación por vertimientos líquidos y sólidos producto de las actividades industriales que se realizan en la zona franca de Fontibón, presentando problemas de alteración a la calidad de agua, enriquecimiento de nutrientes, entre otros factores que incrementan dicha problemática en el humedal, contribuyendo con la proliferación de comunidades planctónicas y de macrófitas que disminuyen el espejo y columna de agua y consecuente eutrofización del humedal.

Esta investigación se basó en la determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua; para lo cual se realizaron 4 muestreos, respondiendo al comportamiento hidroclimatológico (septiembre 2014 y enero 2015 ausencia de lluvias y sus transiciones, octubre 2014 y noviembre 2014 presencia de lluvias y sus transiciones), en 3 puntos de muestreo o estaciones (entrada clausurada del río Bogotá, parte media, zona industrial y la vecindad por la zona residencial). Por otro lado, se hallaron índices de diversidad de Simpson y Shannon y la correlación de Pearson para relacionar los parámetros fisicoquímicos con la comunidad planctónica.

En el análisis realizado, se encontró que las tres estaciones presentan variaciones significativas y relevantes en las diferentes épocas de muestreo, destacándose siempre la baja concentración del % de saturación de oxígeno disuelto, un reporte alto en la concentración de conductividad, variaciones de pH entre ácidas y alcalinas pero no consideradas como extremas y una temperatura normal entre los índices de tolerancia; todos estos factores relacionados con una alta diversidad de especies de fitoplancton de las cuales sobresalen *Navícula* sp1 y sp2, *Microcystis* sp, *Polycystis aeruginosa*, *Closterium* sp1 y sp2, *Fragilaria* sp entre otros y una diversidad menor de zooplancton representada por especies como: *Trachelomonas* sp1 y sp2, *Arcella* sp1 y sp2, *Didinium* sp, *Daphnia* sp, entre otros. Estas especies se consideraron como bio indicadores y se caracterizan por presentarse en zonas catalogadas como eutróficas, con grandes cargas orgánicas, estancadas y contaminadas, dando un respaldo de la pérdida progresiva del Humedal Meandro del Say, por las características anteriormente descritas. Por otro lado, por medio de la correlación de Pearson se evidenció que la mayor influencia sobre la comunidad planctónica está dada por los parámetros de pH y porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto, seguido de la temperatura y la conductividad.

**Palabras clave:** humedal, condiciones físico-químicas de calidad de agua, fitoplancton, zooplancton, bio-indicadores.

## 1. INTRODUCCIÓN

El humedal Meandro del Say es un cuerpo de agua que ha tenido una transformación a través del tiempo debido a cambios en la dinámica hidroclimatológica y por la intervención antrópica sobre el río Bogotá, de donde nace este meandro. Los cambios en el uso del suelo, los asentamientos de comunidades humanas, los vertimientos de industrias entre otros, son situaciones que afectan el equilibrio del ecosistema. Debido a estas transformaciones y a la construcción actual de un jarillón el meandro quedó desconectado del río Bogotá, lo que limita el aporte de agua y solo es alimentado por aguas lluvias y al parecer también existen indicios de pequeñas e imperceptibles fuentes alternas de agua que lo alimentan. Bajo estas circunstancias se tiene como consecuencia la disminución del caudal y el espejo de agua, el incremento de la sedimentación y por lo tanto el aumento de vegetación lacustre [1].

Teniendo en cuenta que este humedal cumple múltiples funciones ecológicas y presta una serie de servicios ambientales tales como la regulación de crecientes, depuración de aguas, recepción de especies de aves migratorias y escenarios para la educación ambiental [2]; se hizo necesario estudiarlo con el fin de conocer las características estructurales de la comunidad planctónica y su funcionamiento, para la toma de decisiones y la formulación de medidas a implementar para su conservación.

La comunidad planctónica desarrolla un papel fundamental en los primeros eslabones tróficos al ser los microorganismos encargados de la producción de oxígeno, la oferta de alimento para otras comunidades, además de ayudar a mantener los procesos ecológicos y los flujos de energía. Al mismo tiempo, este meandro, es un hábitat de especies migratorias único en la ciudad, donde se pueden apreciar especies poco registradas como el pato cucharo (*Anas clypeata*), el pato enmascarado (*Nomonyx dominicus*) y la tingua pico verde con crías (*Gallinula melanops bogotensis*) [3].

Es importante destacar, que las algas son productores primarios fotótrofos, es decir, captan a través de sus pigmentos fotosintéticos (clorofilas, ficobilinas, xantofilas y carotenoides) la energía de la radiación solar, y obtienen del agua dióxido de carbono y nutrientes inorgánicos. De esta forma, sintetizan materia orgánica a través de un proceso denominado fotosíntesis. Existen además numerosas especies de algas que pueden consumir materia orgánica del medio para obtener energía, por lo que funcionan de manera heterótrofa [4].

Cabe resaltar, que el fitoplancton está considerado como un indicador biológico. Dicho parámetro constituye un excelente indicador del grado de eutrofia en lagunas y humedales interiores y en aguas de transición, tanto por la fisonomía de la comunidad, como por la ecología de las especies. También refleja las situaciones de contaminación en los humedales por entrada de materia orgánica, observándose a menudo por la dominancia de algas heterótrofas [4].

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

Por último, es importante destacar que, una de las principales características en el campo ambiental es la de adquirir e indagar sobre diferentes conocimientos en las diferentes disciplinas, esto con el fin de buscar un diagnóstico general y caracterizar aquellas intervenciones que afectan el medio ambiente, con el objetivo de prevenir, mitigar, controlar o compensar los impactos negativos sobre el ambiente. Es por esta razón que pensando en la problemática que se viene presentando a través del tiempo en el Humedal Meandro del Say, se decide enfocar nuestro proyecto de grado, el cual es un recuento y retroalimentación de los diferentes conocimientos adquiridos a través de la formación académica Universitaria, y que más importante que resaltar los ecosistemas y en especial el de este Humedal por los servicios ambientales que presta, mediante el uso de bio indicadores para estimar la salud y por ende la calidad de este cuerpo de agua.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar la estructura, composición y abundancia de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say.
- Determinar las condiciones fisicoquímicas del agua del humedal.
- Identificar la dinámica planctónica del humedal mediante la determinación espacial de su composición.

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1 Convención Ramsar**

La convención sobre los humedales Ramsar 1971, es un tratado sobre la conservación y uso sostenible y racional de los recursos naturales que proveen los humedales, reconociendo a su vez que son ecosistemas de gran importancia ya que son hábitats de una gran biodiversidad y además generan bienestar a las comunidades humanas. Dicha convención opera bajo una serie de principios con el fin de llamar la atención internacional sobre el ritmo con que los hábitats de humedales están desapareciendo, en parte debido a la falta de conocimiento sobre las importantes funciones, valores, bienes y servicios que estos ecosistemas prestan, razón por la cual, los países que la conforman deben adoptar un compromiso con el objeto de invertir la historia de pérdida y degradación que con el tiempo estos ecosistemas han sido objeto. Por otro lado, se tiene una lista de humedales de importancia internacional sobre los cuales se prestan mayor interés ya que son sistemas internacionales que se extienden más allá de las fronteras de los países, o forman parte de cuencas hidrográficas que incluyen a más de un Estado, y además, son paso de especies migratorias, lo que hace que la vida de muchas especies dependa de estos. La salud de los humedales depende de la calidad y la cantidad de agua transfronteriza suministrada por ríos y otros cursos de agua, lagos o acuíferos subterráneos [5]. Por tal motivo es fundamental la cooperación internacional ya que en temas ambientales no existen barreras y los impactos tanto positivos como negativos de determinadas acciones se ven reflejados en diferentes regiones y sistemas.

#### **3.2. Política Nacional de humedales**

Colombia basada en los principios de la constitución política y de los convenios internacionales que como nación se han firmado con respecto a la sostenibilidad del recurso hídrico, conservación y buen uso de los humedales, fórmula la Política Nacional de Humedales (2002), y los declara ecosistemas estratégicos de gran importancia para el desarrollo sostenible del país.

La política nacional de humedales tiene como objetivo “Integrar los humedales del país en los procesos de planificación de uso del espacio físico, la tierra, los recursos naturales y el ordenamiento del territorio, reconociéndolos como parte integral y estratégica del territorio, en atención a sus características propias, y promover la asignación de un valor real a estos ecosistemas y sus recursos asociados, en los procesos de planificación del desarrollo económico” [6].

#### **3.3. Política Distrital de Humedales**

Esta política se basa fundamentalmente en los requisitos y normas aplicables desde los diferentes documentos del Ministerio de Ambiente y las políticas nacionales, que se adaptan a los humedales del distrito capital, a los cuales se integra el altiplano cundí boyacense como unidad biogeográfica y la zona

montañosa que rodea la ciudad ya que son ecosistemas que comparten fauna, flora, etc.

Los humedales de Bogotá son una red de áreas protegidas, constituidas por ecosistemas de interés y valor ecológico y ambiental por sus funciones y atributos, de ahí que los principios se fundamenten en el agua como eje articulador de la vida y derecho fundamental de la humanidad que se deben gestionar y aprovechar bajo un concepto de integralidad a nivel urbano-rural regional [7].

Los objetivos de la política de humedales del Distrito Capital 2006 se dirige principalmente a conservar los ecosistemas de humedal por el valor de la vida que sustentan y los bienes y servicios que ofrecen, para lo cual se busca conservar la estructura y función de los ecosistemas de humedal, además de recuperar los atributos y las dinámicas de dichos hábitats.

Para llevar a cabo los objetivos de la política se han trazado cinco estrategias a saber: (i) investigación participativa y aplicada sobre los humedales del Distrito Capital y sus componentes socio-culturales; (ii) educación, comunicación y participación para la construcción social del territorio; (iii) recuperación, protección y compensación; (iv) manejo y uso sostenible; y (v) gestión interinstitucional [7].

### **3.4 Estudios de Humedales en Colombia**

A nivel nacional la Universidad Nacional de Colombia desarrolló un estudio en el año 2009, sobre la caracterización físico-química y planctónica de algunos cuerpos de agua como Ríos, Quebradas y Humedales de la región aledaña a la ciudad de puerto Carreño (Vichada, Colombia) en la época de aguas bajas y altas, en donde se destaca la caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del Rio Orinoco, la mayor parte de los sistemas presentaron pH ácido, una baja concentración de iones y nutrientes [8]. El estudio arrojó que aproximadamente la mitad de las especies registradas de zooplancton fueron representadas por formas litorales que comparten hábitos bentónicos o perifíticos, la mayor parte de los cuales son rotíferos de las familias Lecanidae, Dicranophoridae, Euchlanidae, Ituridae, Notommatidae y Philodinidae. De este estudio se destaca la importancia de caracterizar la influencia y la indicación, que trae consigo la presencia de algunas especies de Zooplancton dentro de estos cuerpos de agua y su relación con el entorno, para evaluar las afectaciones y estimar la calidad del agua de estas zonas tanto en épocas de caudales bajos y altos.

A nivel local, en el Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Humedal Tibanica muestra en la parte de limnología la densidad de fitoplancton se manifiesta en la concentración de clorofila *a* y es consecuente con otros indicadores (densidad y producción primaria de fitoplancton). Actualmente las altas densidades de fitoplancton (cianobacterias, el grupo más importante) afectan este cuerpo de agua salobre. El reducido número de especies indica

cambios muy frecuentes en las condiciones ambientales (factores externos) que podrían estar asociados en parte a los ingresos de agua poluta, pero también al proceso de enriquecimiento de sales minerales, evapotranspiración, déficit hídrico; Por otra parte, la presencia de cianobacterias es un indicador de problemas de eutrofia o mejor hipertrofia [9].

Se prevé un buen suministro de nutrientes (aguas polutas) y una oferta alta de energía (materia orgánica) para los heterótrofos (principalmente para bacterias del plancton o bacterioplanctón) producto de la entrada de materiales orgánicos y de la producción in situ. La actividad metabólica del fitoplanctón no es alta debido a factores condicionantes, en particular la alta turbiedad del agua [9]. En el Humedal Tibanica el zooplanctón es muy poco diverso, existen dificultades para tomar las muestras dada la poca profundidad, fácilmente elementos bentónicos pueden aparecer en las muestras por re suspensión [9].

Los valores que se reportan son abundancias relativas para cada muestra ya que no fue posible obtener muestras de igual tamaño. La estructura trófica es muy sencilla y predomina la vía detrítica, los grandes depredadores como larvas de insectos, peces, renacuajos no se observan y posiblemente no se encuentran en el cuerpo de agua debido al alto contenido de sustancias que tienen origen en las aguas residuales industriales y domésticas que ingresan al humedal [9].

A nivel de Zona de Estudio En el año 2003 se presentó Una Acción Popular que buscaba exigir la protección del humedal Meandro del Say en donde el Consejo de Estado falló en contra de la CAR Cundinamarca exigiéndole adelantar un estudio de impacto ambiental EIA, elaborar un Plan de Manejo y ejecutar las acciones necesarias para tal fin [10] . Lo que llevo a estudios en el humedal en el año 2004, en donde los análisis básicos adelantados, que incluyen aspectos históricos de la formación y deterioro del meandro, estudios topográficos, hidrológicos y ecológicos del mismo, lo cual incluye investigaciones sobre análisis de aguas y suelos. Se presenta a sí mismo el análisis jurídico y algunos criterios económicos y sociales. Esto constituye el estudio de impacto ambiental EIA, que concluye que el Meandro ha sido efectivamente alterado y deteriorado como consecuencia de intervención antrópica [10].

## **4. MARCO CONTEXTUAL**

### **4.1. Descripción de la zona de estudio Meandro del Say**

En 1986 se presentaron cambios notorios en el cauce del río Bogotá, específicamente en el Meandro del Say, pues se ejecutaron obras que desviaron el curso original del río, y su cauce a partir de ese año tomó un “atajo” artificial que elude el meandro”. En consecuencia, se disminuyó el caudal de agua en el meandro, mientras se incrementó la sedimentación, al tiempo que se acentuaba la población de vegetación lacustre. Es decir, el meandro, pasó de ser una curva como cualquier otra del río, a transformarse por efecto de la mano del hombre, en el humedal que conocemos, en el área externa, la zona comprendida entre el meandro del Say y la Avenida Centenario, fue acondicionada para su posterior urbanización por medio de rellenos [11].

Para 1992 las condiciones del antiguo cauce del río Bogotá cambiaron nuevamente. El jarillón levantado para la desviación del río, redujo aún más el aporte directo de agua del río hacia el meandro, incrementando su desecación. El espejo de agua disminuyó casi un 60% con respecto al de 1986. Así mismo, aumentó la presencia de vegetación lacustre, que se expandió a lo largo y ancho del cauce abandonado [12].

En los años siguientes el número de industrias y bodegas ubicadas en cercanías a la Avenida se incrementó, las invasiones superaron la margen externa del meandro, tomándose la zona interna y alterando en forma grave el ecosistema. De igual forma es notoria la apertura de una serie de vías, como parte del proceso urbanizador, y para el desarrollo de la Zona Franca. Para la misma fecha, el meandro del Say, aún contaba con espejo de agua aunque en un porcentaje menor al de 1994, pero la vegetación lacustre (juncos, gramíneas, ciperáceas) cubría alrededor del 70% del cauce abandonado [13].

El actual Meandro del Say se formó, como se mencionó antes, por la modificación artificial del cauce del río Bogotá, lo que ocasionó la disminución del aporte hídrico por parte del río. Esto creó un ecosistema distinto al natural, pues el agua que contiene el meandro cambió su condición de movimiento constante a ocasional, lo que favoreció el incremento de la sedimentación y de la vegetación lacustre.

Actualmente, existen unas compuertas que el acueducto maneja de acuerdo a los cambios del nivel del agua bajo condiciones normales, los cauces abandonados pueden alcanzar una pérdida anual del 5% del área total por sedimentación, pero este valor se ha incrementado en el Meandro del Say por la invasión de las industrias, que además descargan en él desechos altamente contaminantes. Factores que han elevado la rata de sedimentación, hasta casi un 15% del área existente [11].

El humedal Meandro del Say, se encuentra ubicado entre la localidad de Fontibón y el sector Occidental del Municipio de Mosquera. Se accede por la



## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 Generalidades de los humedales**

Los humedales son sistemas caracterizados por poseer una alta productividad vegetal, que alimenta subsecuentemente una red trófica conformada por zooplancton, artrópodos, otros macro invertebrados, reptiles, aves y mamíferos relacionados directa o indirectamente con las masas de agua. Sin embargo, la producción es tan elevada que gran parte de la biomasa no alcanza a ser consumida directamente y muere [16]. Esto favorece el desarrollo y crecimiento de hongos, bacterias, invertebrados entre otros que hacen parte de la cadena alimenticia y mantienen los niveles de vida en estos cuerpos de agua.

En el territorio nacional Colombiano, y más exactamente en el Distrito Capital, los humedales se han definido como “un ecosistema intermedio entre el medio acuático y terrestre con zonas húmedas, semihúmedas y secas caracterizadas por la presencia de flora y fauna única de su tipo” [7]. A medida que avanzan los estudios y caracterizaciones se ha definido la importancia de los sistemas lenticos y en especial el de los humedales en donde se reflejan los atributos, productos y funciones. Estas funciones son tanto físicas como químicas, bioecológicas y sociales. Entre las funciones físicas encontramos que debido a sus características edáficas los humedales actúan como purificadores de aguas dado que retienen sedimentos y metales pesados, también actúan como reguladores del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, controladores de erosión y representan gran importancia en la estabilización micro climática; Entre las funciones químicas se puede resaltar que los humedales participan en procesos como la regulación de ciclos de nutrientes y descomposición de biomasa. Se destacan las funciones bioecológicas de los humedales tales como la retención de dióxido de carbono, la productividad biológica y la estabilidad e integridad de ecosistemas. Por último sus funciones sociales se comprenden desde la apreciación cultural, sus sistemas productivos y socioculturales y el uso de los recursos Hidrobiológicos [17].

Los humedales están conformados no solo por su cuerpo de agua sino por las áreas de transición, que son: la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental. La ronda hidráulica se define como la franja paralela a la línea media del cauce alrededor de los cuerpos de agua, teniendo hasta 30m de ancho a cada lado de los cauces. La ronda hidráulica se considera reserva forestal de protección ecológica debido a que tiene la función de amortiguar, dinamizar y proteger el equilibrio del humedal [17]. La zona de manejo y preservación ambiental corresponde al terreno contiguo a la ronda hidráulica, ya sea este de propiedad pública o privada, que tiene como destino el mantenimiento, protección y preservación ecológica de los cuerpos y cursos de aguas [17].

## **5.2 Calidad del agua y eutrofización**

La palabra eutrofización significa literalmente "el proceso de la buena nutrición". Pero en relación a un lago o laguna, hoy día esta palabra se refiere a una fertilización excesiva de una masa de agua que da por resultado el crecimiento perjudicial de plantas acuáticas, tales como algas y macrófitas [18].

Cuando las aguas tanto lenticas como loticas superficiales sufren una alta contaminación a causa de la acumulación excesiva de materia orgánica y ésta contiene elementos adicionales como iones, sales y nutrientes, se produce el fenómeno de la eutrofización, que consiste básicamente en el aumento de nitrógeno y fósforo en el sistema. La materia orgánica sedimentada va siendo sometida a la descomposición progresiva a causa de la acción bacteriana. Esto genera que el nivel de oxígeno en el agua baje drásticamente y que se liberen nutrientes como amonio y ortofosfato, de tal manera que al cabo de un largo tiempo el agua sea totalmente colonizada por bacterias y otros organismos anaerobios. Dichos organismos desatan procesos de descomposición en los lodos sedimentados, así como la producción de gases poco beneficiosos para el resto de los organismos que habitan en el agua, lo cual genera que los cuerpos de agua queden totalmente desequilibrados y su recuperación biológica sea prácticamente nula o muy a largo plazo [19] [20].

## **5.3 Características del plancton**

Una de las características importantes de este grupo de organismos es precisamente que el plancton reduce la penetración de la luz en el agua dado que reflejan la luz hacia la superficie, razón por la cual, la intensidad lumínica que penetra en los estratos más profundos es menor. Además, es importante decir, que el plancton es una comunidad propia de ecosistemas marinos o de agua continentales lenticas debido a que las condiciones prevalecientes de estos sistemas favorecen su desarrollo, de ahí, que la morfología de la cubeta, su área, profundidad, calidad fisicoquímica de sus efluentes y el periodo de retención del agua definen propiedades ecológicas importantes en todos los sistemas lentos, lo cual influye también en los organismos planctónicos [21].

## **5.4 El fitoplancton en humedales**

Las algas planctónicas o micro algas de la columna de agua, son las principales responsables de sintetizar materia orgánica en ambientes acuáticos. Usan la fotosíntesis para construir complejos de moléculas de carbono, similar a lo que hacen las plantas terrestres [22] Son organismos suspendidos en el agua que, como producto secundario de la fotosíntesis, también generan oxígeno [23]. Absorben nutrientes disueltos de varias fuentes y son autótrofas. Las micro algas son las principales contribuyentes a la producción de biomasa en los estuarios, océanos, lagos y embalses. Aunque su tamaño es reducido, miles de millones de estas células proporcionan la mayor parte del material vegetal, el cual es consumido por organismos superiores en la cadena alimentaria. El fitoplancton y las macrófitas constituyen los principales componentes autótrofos

presentes en los sistemas lénticos. Así, los diferentes compuestos inorgánicos y los iones disueltos en el agua son capturados por estas comunidades y convertidos en materia orgánica, la cual va a constituir la base de casi todas las comunidades presentes en todo el cuerpo de agua [24].

### **5.5 El zooplancton en humedales**

El zooplancton, como se conoce a los microorganismos que flotan a la deriva en los cuerpos de agua se encuentra conformado sustancialmente por protozoos, rotíferos, y crustáceos como cladóceros y copépodos. Esta comunidad es de gran importancia ya que tiene la capacidad de ingerir de forma selectiva al fitoplancton y otras formas de plancton, siendo intermediarios entre el nivel autótrofo y el heterótrofo de mayores tamaños, como los otros invertebrados y algunos peces, siendo sus dinámicas y relaciones algunas de las variables que regulan la estructura de la comunidad planctónica [25].

Al igual que el fitoplancton y los macro invertebrados, la comunidad zooplanctónica presenta cualidades que han permitido realizar inferencias sobre el “estado de salud” de cuerpos de agua dulce alrededor del mundo, siendo menor su uso como bio indicadores en el trópico, en comparación con regiones templadas [26].

### **5.6 Características de los Bio-indicadores:**

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica [27].

Los indicadores biológicos son de gran relevancia ya que las poblaciones de animales y plantas acumulan información, es decir, estas comunidades, responden a efectos acumuladores intermitentes, además, permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos [28].

Los bio indicadores logran acumular información acerca de los cambios intermitentes del cuerpo de agua, mientras que las variables fisicoquímicas no lo hacen, ya que brindan información inmediata y no histórica. Además, los indicadores biológicos representan las condiciones del sistema acuático de una manera rápida, fiable y relativamente barata de registrar. La implementación de indicadores biológicos disminuye la toma excesiva de parámetros fisicoquímicos. Además manifiestan la presencia de nuevos contaminantes y dan una medida directa del impacto ecológico de parámetros ambientales sobre los organismos del medio acuático, reflejando de esta manera la calidad del agua [29].



## 6. MARCO CONCEPTUAL

- **Definición de Humedales**

Según RAMSAR los humedales son “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” [5].

- **Meandro**

Se llama así a la curva o sinuosidad por efecto del cambio de dirección que presenta el cauce de un río, que puede originarse por la resistencia de los materiales del lecho a la erosión fluvial, el tamaño dependerá del caudal, la carga y la velocidad de sedimentación del río, así como del tipo de terreno por el que escurra el curso fluvial” [30].

- **Planctón**

Es el conjunto de organismos vegetales y animales microscópicos (típicamente <3 cm) que se encuentran por su reducido tamaño flotando en el agua a merced de las corrientes. El término “plancton” proviene del griego que significa errante [31].

- **El Fitoplancton**

Incluye organismos que obtienen su energía por la energía de la luz y los nutrientes por el proceso de fotosíntesis (micro algas foto sintetizadoras) [32]. Estos organismos habitan los sistemas lenticos ya que por sus características son propicios para que se den condiciones de flujo laminar, precipitación de sólidos, mayor penetración de luz, factores que inducen el crecimiento de micro algas en la columna de agua (fitoplancton) [31]. Por otro lado, en los modelos de productividad general desarrollados para ecosistemas de zonas templadas, 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 en el cual existe exceso de nutrientes en el medio acuático ocasiona el crecimiento excesivo de plantas acuáticas (fitoplancton) [33]. En la eutrofización dada por fitoplancton se presentan concentraciones de oxígeno superiores a los niveles de solubilidad durante el día mientras que en la noche estos niveles decaen abruptamente a niveles inferiores requeridos para la supervivencia de la fauna.

- **Zooplancton**

Son los organismos que obtienen su energía ingiriendo otros organismos (componente heterotrófico). Constituido por todos los consumidores que constituyen en su gran mayoría a productores secundarios y terciarios [34].

- **pH**

Es una medida de la concentración de protones en el agua y es el resultado de equilibrios ácido-base. Los procesos biológicos y ecológicos guardan claras relaciones con el pH, respecto a cuyas variaciones y valores extremos la biota tiene limitada capacidad de tolerancia [35].

- **Oxígeno Disuelto**

El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua. Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas [36].

- **Conductividad**

Es un parámetro que mide el nivel de concentración iónica en una solución. Entre más sales, ácidos o bases estén disociadas en la solución, mayor será la lectura de conductividad. En el agua, la conductividad es principalmente de iones salinos, por lo que puede tratarse como un índice de la carga de sal, en el agua residual, o de pureza, en la potable [37].

- **Temperatura**

La temperatura es una variable física que influye notablemente en la calidad de un agua. Afecta a parámetros o características tales como la solubilidad de gases y sales, la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, desplazamientos de los equilibrios químicos, tensión superficial y desarrollo de organismos presentes en el agua [38].

- **Herramienta Past**

Paleontological statistics (Past) Version 3.06 Es un Software que fue diseñado originalmente para el análisis de tipo paleontológico, pero a través de un desarrollo continuo ha crecido hasta convertirse en un completo paquete estadístico utilizado no solo por paleontólogos, sino en otros campos de las ciencias de la vida, ciencias de la tierra, ingeniería y economía. Caracterizado por ser un software libre para el análisis de datos científicos, con función de manipulación de datos, trazado, estadísticas uní variantes y multi variantes, análisis ecológicos, análisis espaciales, series de tiempo, morfometría y estratigrafía [39].

- **Índice de Simpson**

Es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos, en ecología es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat,

tomando un determinado número de especies presentes y su abundancia relativa, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes [40], como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$  [41].

- **Índice de Shannon**

Abreviado como “H”. También conocido como índice de Shannon-Wiener o índice Shannon-Weaver. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección [42], Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos [40].

- **Correlación de Pearson**

El coeficiente de correlación de Pearson, normalmente denotado como “r”, es un valor estadístico que mide la relación lineal entre dos variables. Los rangos de valor van de +1 a -1, lo que indica una perfecta relación lineal positiva y negativa respectivamente entre ambas variables. El cálculo del coeficiente de correlación normalmente se realiza con programas de estadística, para dar los valores posibles más precisos en estudios científicos. Su interpretación y uso varía de acuerdo con el contexto y propósito del respectivo estudio en donde se calcula [43].

## 7. METODOLOGÍA

El proceso metodológico que se realizó comprendió las siguientes etapas:

### 7.1. Etapa preliminar

En esta fase, se realizaron tres salidas de campo con el fin de llevar a cabo el reconocimiento del humedal, para lo cual se desarrolló la identificación general del área de influencia del humedal; posteriormente se realizó un mapa parlante en el que se identifican las actividades que se realizan alrededor del humedal para poder tener criterios de selección de las estaciones de muestreo y realizar el respectivo diseño experimental.

**Ilustración 2:** Mapa Parlante Humedal Meandro del Say



**Fuente:** Tomado de Google Earth y adaptado por los autores

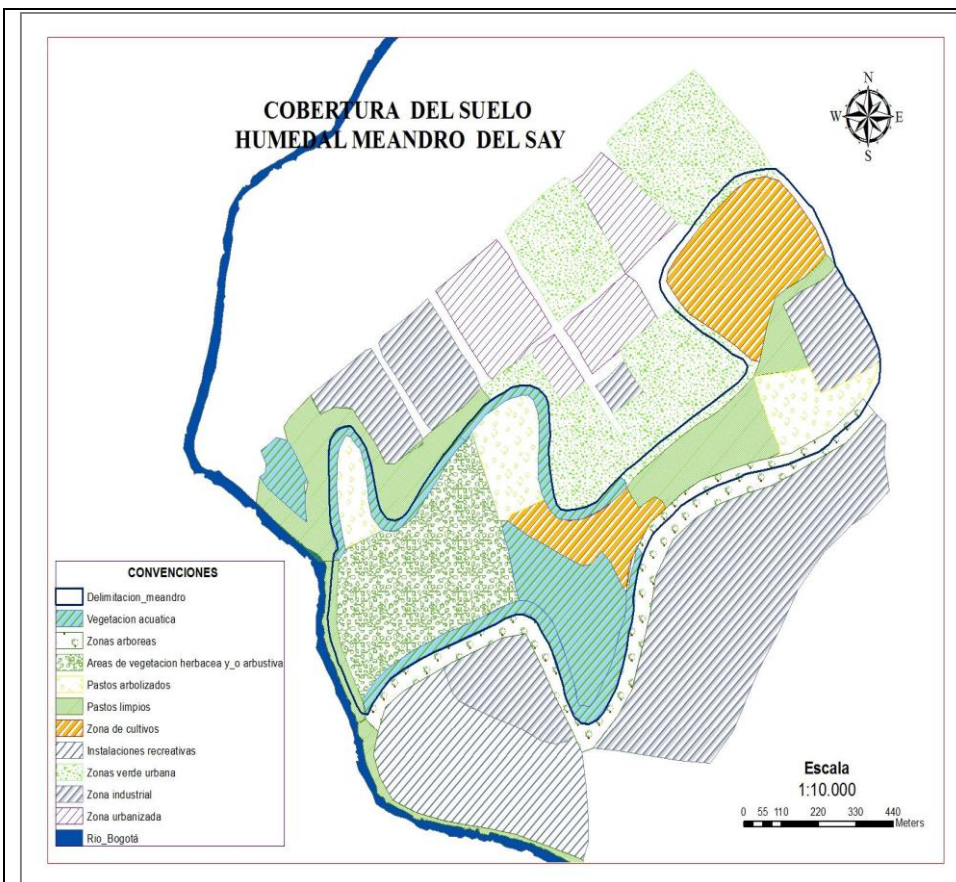
### 7.2. Etapa de diseño del muestreo

La definición de las unidades muestrales o estaciones de muestreo se realizó mediante el análisis del mapa de cobertura vegetal, (mapa 1), identificando la presencia de la comunidad de macrófitas, las actividades que tienen influencia directa en el humedal, y la facilidad de acceso, por condiciones como presencia de espejo de agua, topografía y seguridad (riesgo público). Con base en lo anterior se seleccionaron los siguientes puntos:

**Tabla 1:** Ubicación de estaciones de muestreo

| Nº | Descripción de la estación                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Coordenadas                                 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| E1 | <p><u>Entrada clausurada del río al humedal:</u> antigua zona de intercambio de agua del río al humedal.</p> <p><b>Razón:</b> Zona de mezcla ambiente lotico a lenticó</p> <p><b>Macrófitas:</b> Junco enea y lenteja de agua.</p>                                                                                                       | <p>N 4°40`16,50``</p> <p>O 74°10`12,80</p>  |
| E2 | <p><u>Parte central limitando con la zona residencial</u></p> <p><b>Razón:</b> Influencia antrópica vertimientos, ganadería y presencia de espejo de agua:</p> <p>Actividades como depósito de basuras, fogatas, actividad ganadera que deposita materia orgánica,</p> <p><b>Macrófitas:</b> Lenteja de agua, Junco y Buchón de agua</p> | <p>N 4°40`39,85``</p> <p>O 74°10`1,78``</p> |
| E3 | <p><u>Parte central limitando con zona industrial</u></p> <p><b>Razón:</b> presencia de espejo de agua y autodepuración de macrófitas.</p> <p><b>Macrófitas:</b> Botoncillo, Lenteja de agua, Junco y Buchón de agua</p>                                                                                                                 | <p>N 4°40`24,10``</p> <p>O 74°10`0,56``</p> |

**Fuente:** Autores



**Mapa 1:** Cobertura del suelo Humedal Meandro del Say  
**Elaborado por:** Diana Bianyth Gallego, Estudiante Ingeniería Ambiental.  
 Universidad Santo Tomas



**Mapa 2:** Ubicación de estaciones de muestreo y zona de restricción  
**Fuente:** Autores

En el mapa 2 se detalla la ubicación de estaciones de muestreo y se identifica la zona de restricción debido a acceso, topografía, seguridad (riesgo público) por administración del humedal (CAR), además, dicha zona carece de espejo de agua, es una zona dedicada a cultivos, pastoreo y está en proceso de terrarización.

Para determinar la dinámica de la comunidad planctónica en el humedal Meandro del Say se establecieron cuatro salidas de campo comprendidas en los siguientes meses: septiembre, octubre y noviembre de 2014 y enero de 2015, cubriendo máximos y mínimos de lluvia y sus respectivas transiciones.

### **7.2.1. Diseño de Protocolo para la Toma de muestras**

Para realizar el trabajo de campo se diseñó un protocolo de campo de acuerdo con la especificaciones del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995), los lineamientos del IDEAM en el instructivo para la toma de muestras de aguas residuales (2007) y el documento de métodos de hidrobiología de Schwoerbel, 1977. En este protocolo se describieron los requerimientos, instrucciones y cuidados que se deben tener en cuenta para las mediciones de campo y la toma de muestras de aguas en el humedal Meandro del Say. El protocolo se describe a continuación:

#### **Protocolo para toma de muestras Humedal Meandro del Say**

##### **1. Equipos, reactivos y materiales**

- Red de zooplancton
- Red de fitoplancton
- Equipos portátiles para mediciones de temperatura, pH y conductividad. Antes de salir a campo verifique su funcionamiento y efectúe la calibración preliminar (en campo se hará una nueva calibración).
- Toalla de papel absorbente.
- Cinta pegante y de enmascarar.
- Bolsa pequeña para basura.
- Esfero (bolígrafo) y marcador de tinta indeleble.
- Tabla portapapeles.
- Guantes.
- Frascos plásticos de 30 ml
- Preservantes para muestras: Solución transeu (30% de formol al 10%, 30% de alcohol al 10% y 40% de agua destilada) y glicerina
- GPS, cámara

##### **2. Procedimiento**

- Cuando llegue a la estación o sitio de muestreo, organice las botellas rotuladas, para dicha estación.
- Diligencie el formato t-01 y t-02 de captura de datos con la información de ubicación, fecha, hora, coordenadas), observaciones del entorno y de las

condiciones ambientales. Escriba con letra legible y con esfero el nombre del responsable del muestreo, quien además debe firmar.

- Calibre el potenciómetro en el primer sitio de muestreo del día.

### Ilustración 3 Formato T-01

|                                                                                                                                                                         |  |                                                                                                              |  |                                                                         |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------|--|
| Determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua. |  | <b>TRABAJO DE CAMPO</b><br> |  | CODIGO: TE-CAMP-1<br>VERSION: 001<br>FECHA: 13/09/2014<br>Página 1 de 2 |  |
| REALIZADO POR: Yeny Paola Arias Pinzón<br>Leonardo Peñalosa Escalante                                                                                                   |  |                                                                                                              |  |                                                                         |  |

| Ciudad | BOGOTÁ DC |     |     | AREA CAMPO  |                   | HUMEDAL MEANDRO DEL SAY-MOSQUERA CUNDINAMARCA |         |
|--------|-----------|-----|-----|-------------|-------------------|-----------------------------------------------|---------|
| Fecha  | Día       | Mes | Año | Hora Inicio | Hora Finalización | Lugar de desarrollo                           | ACTA No |
|        |           |     |     |             |                   |                                               |         |

| No | Temas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b>RECONOCIMIENTO Y DIAGNOSTICO INICIAL DEL HUMEDAL</b><br><b>A considerar:</b><br>en esta fase se realizará una salida de campo de reconocimiento, diseñando un mapa parlante que permita identificar las condiciones actuales del humedal, tales como recibo de vertimientos, coloración del agua, acción antrópica y la relación con la investigación de macrofitas que es un estudio paralelo, dejando registros fotográficos, que sirvan como base para la selección de estaciones de las muestras. |

Anteproyecto de trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Ambientales  
 i-mail:leonardohm44@hotmail.es--yenyarias@usantotomas.edu.co

|                                                                                                                                                                         |  |                                                                                                                |  |                                                                         |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------|--|
| Determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua. |  | <b>TRABAJO DE CAMPO</b><br> |  | CODIGO: TE-CAMP-1<br>VERSION: 001<br>FECHA: 13/09/2014<br>Página 2 de 2 |  |
| REALIZADO POR: Yeny Paola Arias Pinzón<br>Leonardo Peñalosa Escalante                                                                                                   |  |                                                                                                                |  |                                                                         |  |

| ASISTENTES |                   |                     |       |
|------------|-------------------|---------------------|-------|
| No         | Nombre y Apellido | Cargo y Dependencia | Firma |
| 1          |                   |                     |       |
| 2          |                   |                     |       |
| 3          |                   |                     |       |
| 4          |                   |                     |       |
| 5          |                   |                     |       |

OBSERVACIONES

Anteproyecto de trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Ambientales  
 i-mail:leonardohm44@hotmail.es--yenyarias@usantotomas.edu.co

**Fuente: Autores**

**Ilustración 4 Formato T-02**

|                                                                                                                                                                                |                                                                                                             |                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones físicoquímicas de calidad del agua.</p> | <p>TRABAJO DE CAMPO</p>  | <p>CODIGO: TE-CAM-1</p> <p>VER SION : 001</p> <p>FECHA: 13/08/2014</p> <p>Página 2 de 2</p> |
|                                                                                                                                                                                | <p>REALIZADO POR: Yeny Paola Arias Pinzón<br/>Leonardo Peñaño Escalante</p>                                 |                                                                                             |

|                       | Si | No | Datos arrojados Equipo de campo EC/Ph meter WM-32EP<br>(Repeticiones) |  |  |  |  |  |
|-----------------------|----|----|-----------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Oxígeno Disuelto (OD) |    |    |                                                                       |  |  |  |  |  |
| pH                    |    |    |                                                                       |  |  |  |  |  |
| Conductividad         |    |    |                                                                       |  |  |  |  |  |
| Temperatura           |    |    |                                                                       |  |  |  |  |  |

| HIDROBIOLOGICOS |                     |                     |                      |
|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|                 | # Arrastres con Red | Volumen recolectado | Cantidad de muestras |
| Fitoplancton    |                     |                     |                      |
| Zooplancton     |                     |                     |                      |

Nombre y firma de quien toma la Muestra:

Proyecto de trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Ambientales  
i-mail:leonardoht44@hotmail.es---yenyarias@usantotomas.edu.co

**Fuente:** *Autores*

### 7.2.2 Diseño de cadena de custodia de las muestras

Para ejercer un control estricto de las muestras tomadas en campo se diseñó y aplicó una cadena de custodia de las muestras como se describe a continuación.

Para llevar a cabo una gestión adecuada de las muestras hidrobiológicas obtenidas, se hizo un proceso de control y vigilancia el cual estaba estrechamente relacionado con los formatos de campo y los adhesivos que iban en cada una de las muestras, en donde se adicionaban elementos esenciales como el tipo de muestra, forma de preservación, codificación, transporte para luego realizar su respectivo análisis.

A continuación se describen cada uno de los pasos que se siguieron para el control de las muestras:

- **RÓTULOS EN FRASCOS** : Se utilizó para identificar cada una de las muestras y contenían la siguiente información:  
Numero de muestra, fecha, hora, lugar, tipo de muestra, tipo de toma, responsable y teléfono.

- **FORMATO DE TOMA DE MUESTRA:** El formato contiene la siguiente información para identificar las condiciones y características de las muestras:  
Sitio de muestreo (coordenadas), identificación de la muestra, características del muestreo (clase, tipo y fuente), tipo de preservación, tabla de datos para recolectar información en campo, fecha, hora, y firma del responsable (Formato T-1 y T-2 anteriormente mencionados).
- **CONSERVACION Y REGISTRO DE LA MUESTRA:** Para el almacenamiento de las muestras se utilizó una cava y los frascos que contenían cada una de las muestras se le adiciono una dosis de preservante de solución transeu (30% de formol al 10%, 30% de alcohol al 10% y 40% de agua destilada) y glicerina, luego se llevó a el laboratorio de Biología de la UNIVERSIDAD SANTO TOMAS con un tiempo no superior a 15 días para su posterior análisis hidrobiológico.

### 7.3 Etapa de campo

#### 7.3.1 Muestreo para recolección de plancton.

En esta fase, se realizó la recolección de plancton y la toma de muestras in situ de los parámetros fisicoquímicos definidos. La toma y análisis de muestras están establecidos de acuerdo a los métodos y técnicas descritas por APHA (American Public Health Association), y Schwoerbel, 1975 [44]. En la tabla 2 se expone la técnica usada en campo para la captura y/o colecta de organismos, toma de muestras que varían de acuerdo a la comunidad que se requiere analizar.

**Tabla 2:** Técnica de captura de plancton

| COMUNIDAD | EQUIPO              | TÉCNICA                                      | VOLUMEN FILTRADO |
|-----------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
| Plancton  | Red de fitoplancton | Filtración de agua/tamaño de poro 23 micras  | 5L               |
|           | Red de zooplancton  | Filtración de agua/ tamaño de poro 56 micras | 5L               |

**Fuente:** Autores

La recolección de los organismos fitoplanctónicos se realizó con una red cónica simple con tamaño de poro de 23 micras, mediante la filtración de 5L de agua, para concentrar la muestra, ya que según la literatura, el volumen mínimo es de 200 ml [45] las muestras se colectaron en frascos plásticos de 30 ml previamente rotulados, para su preservación se utilizó solución transeu (30% alcohol comercial, 30% de formol y 40% de agua destilada) en una proporción de  $\frac{3}{4}$  de muestra por  $\frac{1}{4}$  de solución [46].

La recolección de los organismos zooplanctónicos se realizó con una red cónica simple con tamaño de poro de 56 micras; mediante la filtración de 5L de agua. Las muestras se colectaron en frascos plásticos de 30 ml previamente rotulados y para su preservación se utilizó solución Transeau y glicerina. En una proporción de  $\frac{3}{4}$  de muestra por  $\frac{1}{4}$  de solución y 5 gotas de glicerina [46]. Las muestras

colectadas se almacenaron para su posterior análisis en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás.

**Ilustración 5:** Toma de muestras de plancton



**Fuente:** Autores

### 7.3.2 Muestreo físico-químicos

La determinación de los parámetros fisicoquímicos incluyó la medición in situ de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto en cada uno de los puntos o estaciones de muestreo establecidos. La medición de los parámetros de pH, conductividad y temperatura se llevó a cabo con el Equipo de Campo EC/Ph Meter WM-32EP.

**Ilustración 6:** Fotografías de la determinación de los parámetros fisicoquímicos (PH, conductividad y temperatura)



**Fuente:** Autores

La medición de oxígeno disuelto se llevó a cabo utilizando el kit de oxígeno y el equipo Dissolved Oxygen Test kit, HANNA HI3810.

**Ilustración 7:** Fotografías de la determinación de oxígeno disuelto



**Fuente:** Autores

La medición de oxígenos disuelto se valoró por medio de una solución patrón de tiosulfato de sodio y se llevó a cabo utilizando el kit de oxígeno y el equipo Dissolved Oxygen Test kit, HANNA HI3810. El procedimiento se llevó a cabo 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 destapa y son adicionadas 10 gotas de ácido sulfúrico. Una vez más se agita la botella de arriba hacia abajo, hasta que el precipitado se diluya, lo que indica que en la muestra efectivamente hay oxígeno disuelto. En un recipiente calibrado de 15 ml, se llena 5 ml con la muestra tratada, al cual se le agrega una gota del indicador de almidón, llevando a la muestra a un color violeta. La jeringa calibrada es cargada con 1ml de solución Titrant, agregando gota a gota al recipiente con la muestra hasta que esta torne a incolora. Finalmente, la cantidad de solución Titrant empleada para que la muestra torne incolora, multiplicada por 10, será igual al oxígeno disuelto

#### **7.4 Etapa de laboratorio**

En el laboratorio se realiza el análisis de las muestras y la identificación de los organismos.

**Ilustración 8:** *Análisis de muestras de plancton en el laboratorio de la USTA*



**Fuente:** Autores

#### **7.4.1 Estudio cualitativo**

La observación se realizó en un microscopio OLYMPUS CX21FS1 en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás. Las muestras fueron homogenizadas manualmente, antes de ser observadas al microscopio óptico compuesto, a diferentes aumentos hasta 40X. Los organismos fueron identificados con ayuda de manuales y catálogos especializados en taxonomía de algas [47] [48]. La clasificación taxonómica se realizó según la base de datos algaebase (<http://www.algaebase.org/search/genus/>) y se tuvo en cuenta la propuesta de Integrated Taxonomy Information System (ITIS).

#### **7.4.2 Estudio cuantitativo**

Para el análisis en el laboratorio se procedió a homogenizar las muestras, luego por medio de una pipeta Pasteur se realizaron alícuotas para definición de curva de acumulación de especies determinando en cada observación la presencia de nuevas especies [49]. No obstante, para efectos del conteo de especies se tomaron 10 gotas (1 gota equivale a 0.05ml) de la micropipeta pasteur, por muestra para garantizar la representatividad, las cuales se pusieron en una lámina portaobjetos para luego proceder al análisis en el microscopio. Para la observación de cada familia se hizo un barrido por toda la muestra, para finalmente contabilizar en el cuadro de presencia ausencia cada especie encontrada. El conteo de individuos se realizó por método directo que registra las especies a medida que van apareciendo en la muestra [50].

### **7.5 Etapa de análisis**

#### **7.5.1. Análisis cualitativo**

Como se presentó en el ítem anterior, el análisis cualitativo responde a la presencia y ocurrencia de las especies en cada una de las estaciones y las épocas del muestreo, y el respectivo análisis en el laboratorio, así que cualitativamente se establecen las especies y su posición taxonómica, para entender la funcionalidad ecológica de las mismas se realiza el análisis cuantitativo que ya expresa las abundancias de las especies en cada estación del humedal.

#### **7.5.2 Análisis cuantitativo**

Para determinar la abundancia y diversidad de las especies encontradas se realizaron los siguientes cálculos:

- **Frecuencia específica**

Se definió una tabla de presencia ausencia (ver anexo 2) o acumulación de especies que muestra la distribución espacial de las mismas. Además, con esta información se halló la frecuencia específica calculada en relación a la presencia

de especies en las estaciones de muestreo de acuerdo con la siguiente fórmula propuesta por Lobo & Leighton [51].

$$F = \left( \frac{P_a}{P} \right) * 100$$

Dónde:

F = frecuencia específica

P<sub>a</sub> = número de muestras en que la especie fue encontrada

P = número total de muestras analizadas

Se utilizaron las siguientes categorías para expresar la frecuencia (F) [51]:

Muy frecuentes ≥70%

Frecuentes <70% y ≥40%

Poco frecuentes <40% y ≥10%

Esporádicas <10%

#### - **Densidad de especies**

Para determinar la estructura y composición de especies se halló la densidad de especies y diversidad biológica a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\left( n^{\circ} \text{ promedio de células de la } spn /_{VR} \right) * VA}{VF} = n^{\circ} \text{ cel } \frac{spn}{l}$$

De donde:

VF= volumen filtrado

VA= volumen de la muestra

VR=volumen revisado

La anterior fórmula se aplica teniendo la base de datos cuantitativa con alícuotas de las especies encontradas en cada estación según la época de muestreo, para obtener de ahí la especie más abundante en cada punto que será la que indique la calidad de agua de dicho lugar.

Para la descripción del número de especies así como de las densidades en cada estación, se elaboraron gráficas con el programa Microsoft Office Excel 2013.

#### - **Índices ecológicos**

Para conocer la estructura de la comunidad planctónica se calcularon los índices ecológicos de Simpson y Shannon, con el fin de estimar y medir la riqueza y biodiversidad de organismos presentes en el cuerpo de agua, que sirven como base para la determinación del estado general y de calidad del agua [52], en función de rangos de valor numérico establecidos por los índices anteriormente

mencionados. Esto datos fueron tratados mediante el uso del software estadístico Paleontological statistics Version 3.06 (Past), el cual es una herramienta de análisis de datos muy usada en biología y ecología, que se caracteriza por ser libre para el análisis de datos científicos, con función de manipulación de datos, trazado, estadísticas uní variantes y multi variantes, análisis ecológicos, análisis espaciales, series de tiempo, morfometría y estratigrafía [39].

### **Diversidad de Shannon:**

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección [40] [42] Valores entre 1 y 4.5; donde valores por encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos", asociados a este índice suele calcularse la equidad o equitabilidad ( $J'$ ), que es una medida de la cercanía del valor de diversidad obtenido al valor máximo esperado que se podría obtener si las abundancias de todas las especies fueran iguales [53].

Diversidad:  $H' = - \sum (n/N) * (\text{Log}_e(n/N))$

### **Índice de Diversidad de Simpson:**

Es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos, en ecología es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat, tomando un determinado número de especies presentes y su abundancia relativa, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes [40] [41].

Dominancia:  $\lambda' = \sum (n*(n-1))/(N*(N-1))$

Diversidad:  $1 - \lambda$

### **- Correlación de Pearson**

Para relacionar las variables fisicoquímicas con la comunidad planctónica, se hizo uso de la correlación de Pearson con el objetivo de medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariada conjunta.

Correlación de Pearson:  $r = (\sigma(X, Y)) / \sigma X \sigma Y$

Cuando  $r=+$  la relación es directa entre las variables. Si  $r=-$  la relación es inversa y si  $r=0$  son independientes [54].

**Tabla 3:** correlación de Pearson

| Valor del Coeficiente de Pearson | Grado de correlación entre las variables |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| $r = 0$                          | Ninguna correlación                      |
| $r = 1$                          | Correlación positiva Perfecta            |
| $0 < r < 1$                      | Correlación positiva                     |
| $r = -1$                         | Correlación negativa perfecta            |
| $-1 < r < 0$                     | Correlación Negativa                     |

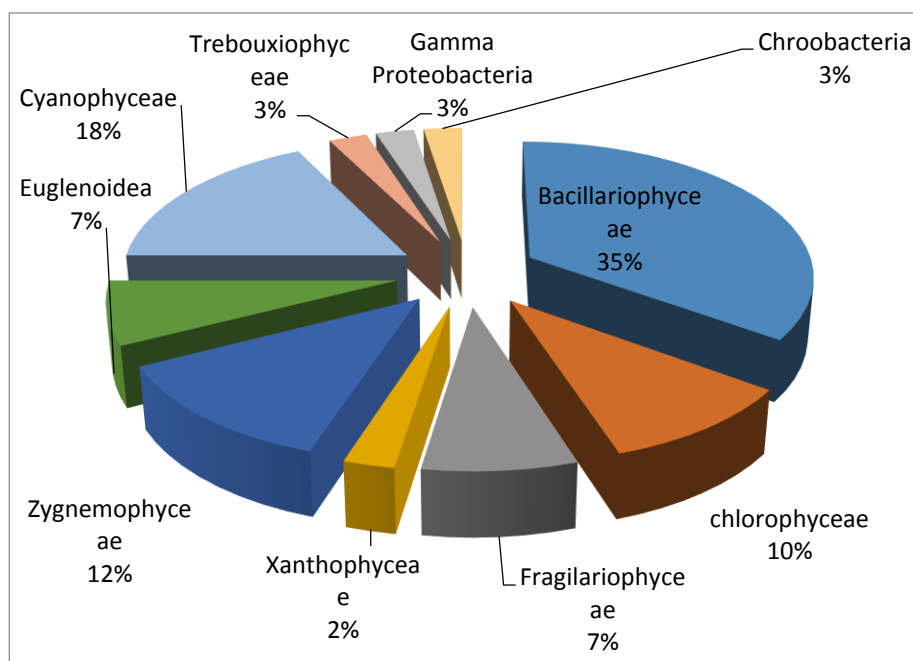
Fuente: [54]

## 8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizando el estudio cualitativo, se encontró que en el humedal Meandro del Say en los muestreos realizados, para en las estaciones definidas se hallaron un total de 42 especies de fitoplancton, de las cuales las más abundantes son: *Navicula* sp1 y sp2, *Polycystis aeruginoa*, *Microcystis* sp y *Closterium* sp1 y sp2. Por otro lado, en cuanto a zooplancton se encontraron 18 especies, siendo más cuantiosas las *Trachelomonas* sp1 y sp2, *Arcella* sp1 y sp2 y el *Didinium* sp. La clasificación de estas se muestra en el anexo 1.

Por otro lado, se realizó un análisis de la clase de los organismos encontrados en relación con las especies encontradas como se muestra a continuación:

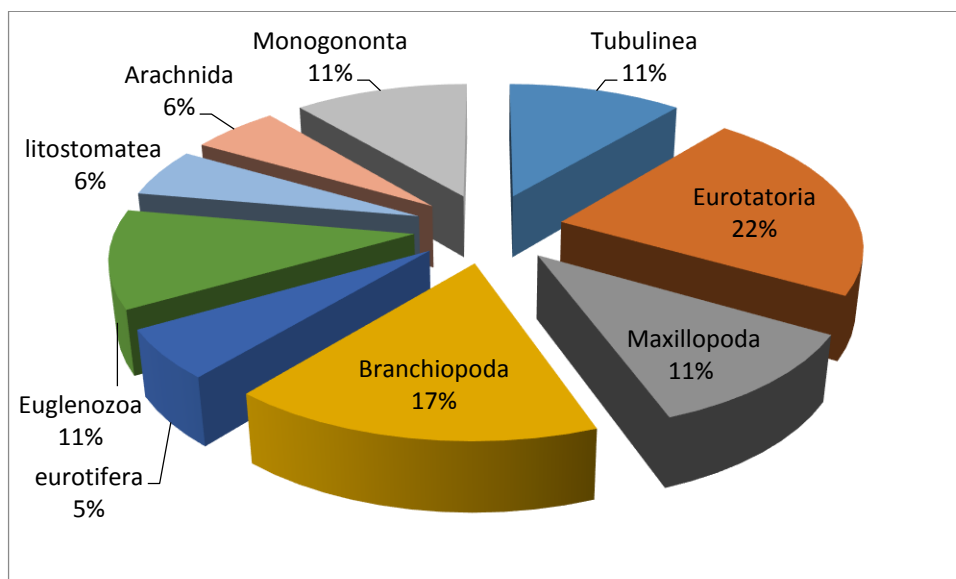
**Gráfica 1:** Porcentaje de las especies para cada clase de la comunidad de fitoplancton



**Fuente:** autores

La comunidad de fitoplancton se caracterizó por presentar una variedad de especies, representada por un total de 42 especies distribuidas en 10 clases como lo muestra la gráfica 1. La mayor cantidad de ellas clasificadas en la clase *Bacillariophyceae* con 14 especies encontradas durante el periodo de muestreo, seguido por la clase *Cyanophyceae* con 7 especies. Dichos organismos son los predominantes en el humedal meandro del Say.

**Gráfica 2:** Porcentaje de las especies para cada clase de la comunidad de zooplancton



Fuente: Autores

La comunidad de zooplancton se caracterizó por presentar una menor diversidad de especies que el fitoplancton, distribuidas en 9 clases con un total de 18 especies donde predominó la clase *Eurotatoria* con 4 especies encontradas, seguida por *Branchiopoda* con 3 especies.

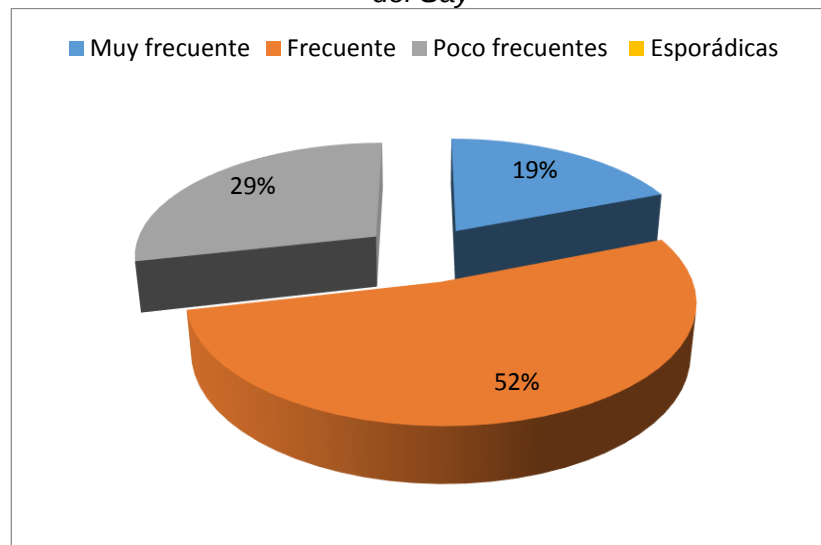
## 8.1 Frecuencia específica

### - Frecuencia específica fitoplancton

La frecuencia específica se halló teniendo como base la tabla de presencia ausencia, ya que en esta se muestra el número total de muestras analizadas y el número de muestras en que la especie está presente, pues estos son los datos principales de la fórmula de Lobo & Leighton [51], relacionada en la metodología. Dicha frecuencia se obtiene en porcentaje (%) (Anexo 2).

Obtenida la frecuencia específica de la comunidad Fitoplanctónica del humedal Meandro del Say se categoriza las especies en muy frecuentes, frecuentes, poco frecuentes y esporádicas, obteniendo como resultado la gráfica 3.

**Gráfica 3:** Frecuencia específica de la comunidad Fito planctónica Humedal Meandro del Say



**Fuente:** Autores

El 52% de los organismos se encuentran en la categoría de especies frecuentes. Aquí se localizan la mayor cantidad de especies (22) donde el *Closterium* sp2 presenta la mayor frecuencia específica con un valor del 66.6%; las especies restantes presentan una frecuencia específica del 50%.

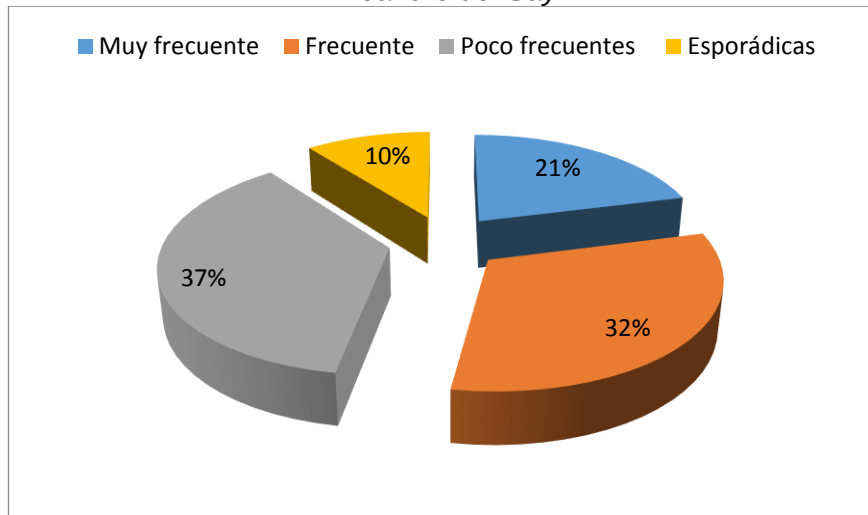
El 29% de los organismos que constituyen la comunidad Fitoplanctónica del humedal se encuentran en la categoría de los poco frecuentes, encontrándose 12 especies de las cuales la que tiene una menor frecuencia específica es la *Chlamydomonas* sp ya que solo se encuentra en el muestreo 1 en las estaciones 1 y 2. Las 11 especies restantes presentan una frecuencia específica del 25%. El 19% de la comunidad Fitoplanctónica encontrada en el humedal Meandro del Say esta categorizada como muy frecuente, este porcentaje representa 8 especies, que fueron las predominantes en el humedal para el periodo muestreado. Además, 5 especies a saber: *Fragilaria* sp, *Microcystis* sp, *Navicula* sp2, *Polycystis aeruginosa* sp y *Synedra* sp2 presentaron una frecuencia específica de 100% lo que indica que estuvieron presentes en todas las estaciones y periodos de muestreo.

Por último, es importante resaltar que no se encontraron especies de tipo esporádicas durante el periodo de tiempo analizado. La frecuencia específica ayuda a identificar las especies predominantes en cada estación de muestreo ya que son estas las que van a indicar la calidad de agua de cada espacio, razón por la cual se relaciona con la abundancia de las especies y con el estado del humedal.

#### - Frecuencia específica zooplancton

La frecuencia específica de la comunidad zooplanctónica en el humedal Meandro del Say mostró las cuatro categorías existentes como se muestra a continuación:

**Gráfica 4:** Frecuencia específica de la comunidad de zooplancton en el humedal Meandro del Say



**Fuente:** Autores

En la categoría de poco frecuentes representada por un 37% se encontraron 7 especies donde las de mayor frecuencia específica son: *Lophocharis* sp, *Copepoda* sp y *Pterodina patina*; todas con un 33.3% de frecuencia específica. La de menor frecuencia específica con un 16.6% fue la especie *Neumania vernalis*. Señalando que las aguas donde habitan son estancadas con una alta sedimentación

El 32% de la comunidad zooplanctónica está en la categoría frecuente donde se encontraron 6 especies, de las cuales las de mayor frecuencia específica son: la *Daphnia* sp con una frecuencia del 66,6%. Por otro lado, la especie *Asplanchnas* sp es la de menor presencia en la categoría con una frecuencia específica de 41,6%.

El 21 % de las especies encontradas en el humedal Meandro del Say se encuentran categorizadas como muy frecuentes, este porcentaje representa 4 especies, donde la *Arcella* sp1 y las *Trachelomonas* sp1 fueron las que más se presentaron con una frecuencia específica de 100%, lo que significa que estuvieron presentes en las tres estaciones y en los cuatro muestreos; seguidos por *Arcella* sp2 y las *Trachelomonas* sp2 con un 75% de frecuencia específica. Las especies nombradas anteriormente son las que determinan la calidad de agua del humedal, pues su presencia sirve de indicador.

En la categoría de esporádica figurada con un 10% solo se encontraron 2 especies con una frecuencia específica de 8.3%. Esto significa que dichas especies se presentan aisladamente ya que solo se encuentran 2 muestras.

Las especies tanto de fitoplancton como de zooplancton que se encuentran categorizadas como muy frecuentes, indican la calidad de agua en el humedal Meandro del Say.

## 8.2 Índices ecológicos

Considerando que los datos obtenidos durante toda la etapa de muestreo se caracterizan por ser cuantificables, comparables y representativos se les aplica los índices de diversidad propuestos, mediante el uso de la herramienta Paleontological statistics (Past) descrita anteriormente.

Para la determinación de la diversidad de cada una de las zonas muestreadas (E1, E2 y E3), se utilizó el índice de diversidad conocido como Simpson, este varía inversamente con la heterogeneidad (de tal forma que si los valores del índice decrecen, la diversidad crece y viceversa). Para mayor claridad es deseable que valores altos (o bajos) del índice de probabilidad correspondan con valores altos (o bajos) de diversidad. Para esto, se ha propuesto que al resultado obtenido de D se resta su valor máximo posible de 1 [55]. En este caso el valor máximo es cercano a 1 e indicaría comunidades con diversidad mayor.

E igualmente para tener un respaldo y realizar una comparación se aplicó el índice de Shannon que toma valores entre 1 y 4.5; donde valores por encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos", asociados a este índice suele calcularse la equidad o equitabilidad ( $J'$ ), que es una medida de la cercanía del valor de diversidad obtenido al valor máximo esperado que se podría obtener si las abundancias de todas las especies fueran iguales [53].

El índice de diversidad de Simpson (1-D), muestra que en promedio la mayor diversidad de fitoplancton se dio en el mes de Noviembre 2014 en la **estación 3** con un valor de 0.9191 e igualmente se encuentra respaldada por el índice de Shannon con un promedio 2.84.

La menor diversidad de fitoplancton se presentó en el mes de Septiembre 2014 en la **estación 1** con un valor de 0.8389 e igualmente se encuentra respaldada por el índice de Shannon con un promedio 2.23.

A considerar todas las estaciones o puntos de muestreo (E1, E2 Y E3), comparados con los rangos tanto para Simpson como para Shannon, los valores son considerables y hacen referencia a un índice de diversidad alto de fitoplancton, en toda la zona muestreada del humedal Meandro del Say.

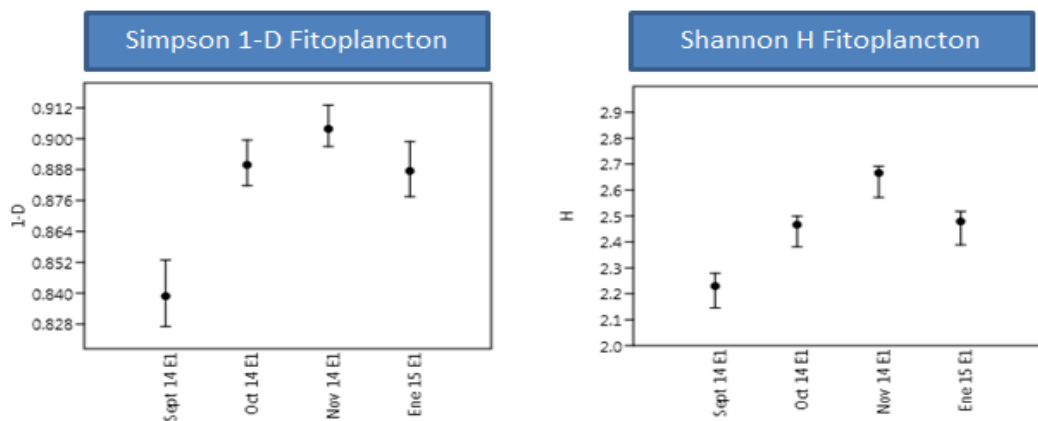
Se observa que la diversidad aumentó temporalmente desde el mes de septiembre hasta noviembre del 2014 y luego presentó una disminución en el mes de enero de 2015, probablemente por el tiempo de residencia del agua en las zonas de muestreo y la baja tasa de renovación, que permitió que las especies de fitoplancton presentaran variaciones en el tiempo.

En promedio la mayor diversidad de zooplancton, se dio en el mes de Enero 2015 en la **estación 2** con un valor de 0.8531 e igualmente se encuentra respaldada por el índice de Shannon con un promedio 2.11.

La menor diversidad de Zooplancton, se dio en el mes de octubre 2014 en la **estación 2** con un valor de 0.7739 e igualmente se encuentra respaldada por el índice de Shannon con un promedio 1.737.

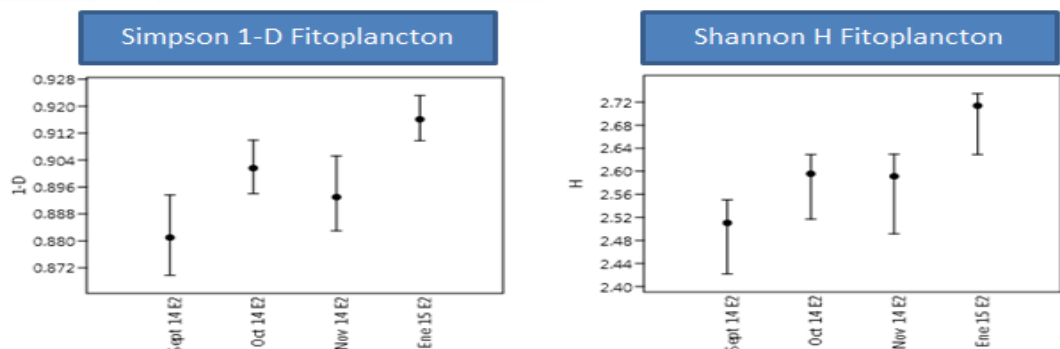
La diversidad de Zooplancton tuvo variaciones considerables en el tiempo, en las diferentes zonas de muestreo, quizás esto se deba a la residencia y disponibilidad del agua, contenida en las diferentes zonas de muestreo con respecto a las diferentes épocas muestreadas y presenta menor diversidad que los organismos de tipo fitoplancton.

**Gráfica 5:** Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para fitoplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E1.



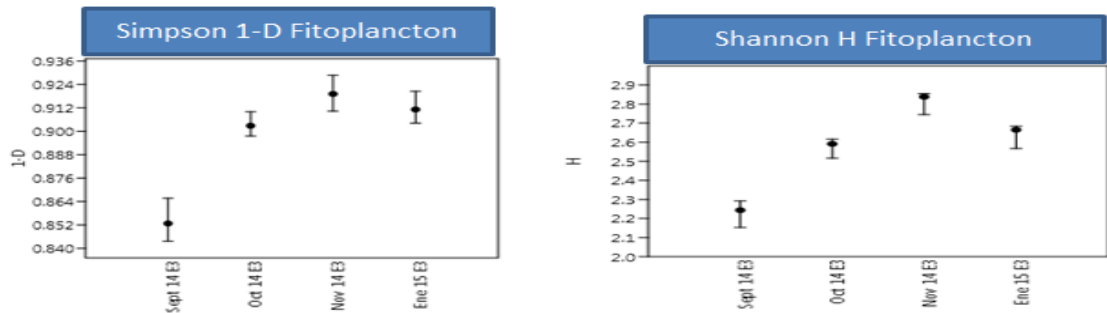
**Fuente:** Software Past

**Gráfica 6:** Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para fitoplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E2.



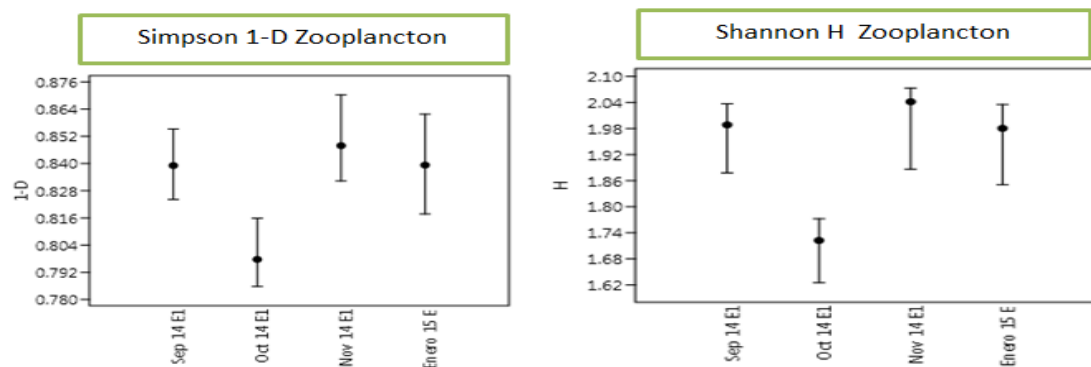
**Fuente:** Software Past

**Gráfica 7:** Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para fitoplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E3.



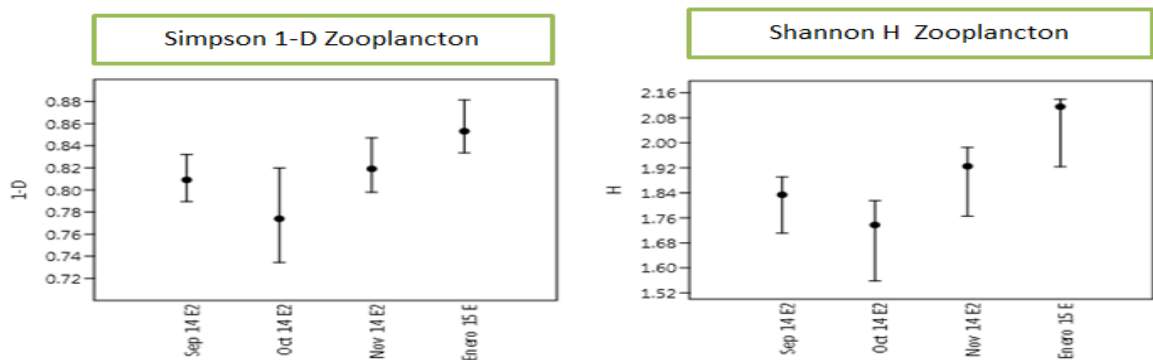
**Fuente:** Software Past

**Gráfica 8:** Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para Zooplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E1.



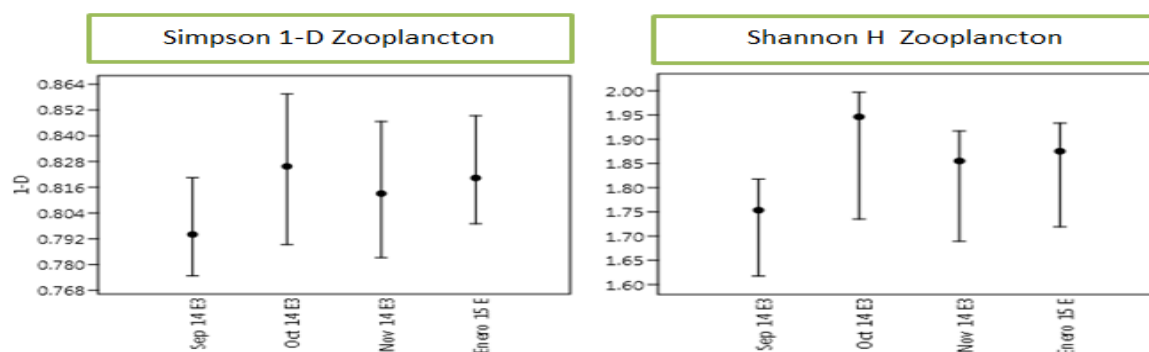
**Fuente:** Software Past

**Gráfica 9:** Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para Zooplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E2.



**Fuente:** Software Past

**Gráfica 10:** Que representa los valores de Diversidad de Simpson y Shannon para Zooplancton, durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre de 2014 y Enero de 2015 en la estación de muestreo E3.



**Fuente:** Software Past

### 8.3 Condiciones fisicoquímicas de calidad del agua Humedal Meandro del Say

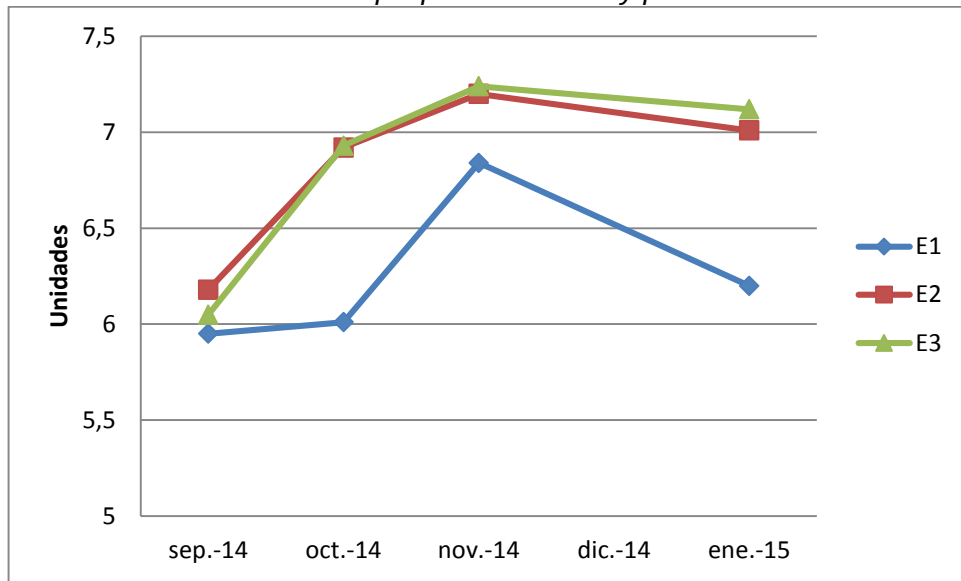
Teniendo como base la localización del Humedal Meandro del Say, y las intervenciones que ha presentado este cuerpo de agua a lo largo del tiempo, como lo es la influencia de aportes en su momento del Rio Bogotá, la expansión tanto industrial como residencial, se hace indispensable obtener y categorizar, la presencia de sustancias químicas en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico y definir su composición tanto física como química.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados en el humedal Meandro del Say.

- **pH**

Los procesos biológicos y ecológicos guardan claras relaciones con el pH, respecto a cuyas variaciones y valores extremos la biota tiene limitada capacidad de tolerancia, es por esto que para la caracterización físico-química se hace indispensable obtener las unidades de pH con el fin de estimar las condiciones reales en la que se encuentra el agua que contiene este humedal.

**Gráfica 11:** Dinámica del pH por estaciones y periodos de muestreo.



**Fuente:** Autores

El pH tomado en los tres puntos de muestreo presentó variaciones temporales importantes, que oscilaron entre 5.9 a 7.3 unidades; Por otro lado, la estación E1 es donde se evidencia una mayor variabilidad posiblemente por ser la zona clausurada de intercambio de agua del río Bogotá y el humedal Meandro del Say. Además los periodos de muestreo coincidieron con el dragado del río Bogotá, en donde posiblemente la escorrentía producida por dicha actividad pudo alcanzar la zona muestreada e incidir en variaciones de las unidades de pH.

La relación entre meses y estaciones de muestreo arrojó que:

La Estación E1, siempre presenta valores ácidos superiores a 5,9 e inferiores 6,9. Esto quizás se debe a que era la zona de entrada del Río Bogotá, que conocidos sus niveles de contaminación, pueden de alguna forma afectar las unidades de pH, además este lugar presenta un estancamiento, producto de la canalización en algunos sectores del meandro que impiden el abastecimiento y la dilución interna del agua, en esta y otras zonas del humedal.

La estación E2, presentó valores de pH con un aumento progresivo desde el primer mes de muestreo septiembre, hasta el mes de Noviembre, luego presento una baja en el mes de Enero, se presentaron valores ácidos superiores a 6,1 y alcalinos inferiores a 7,2.

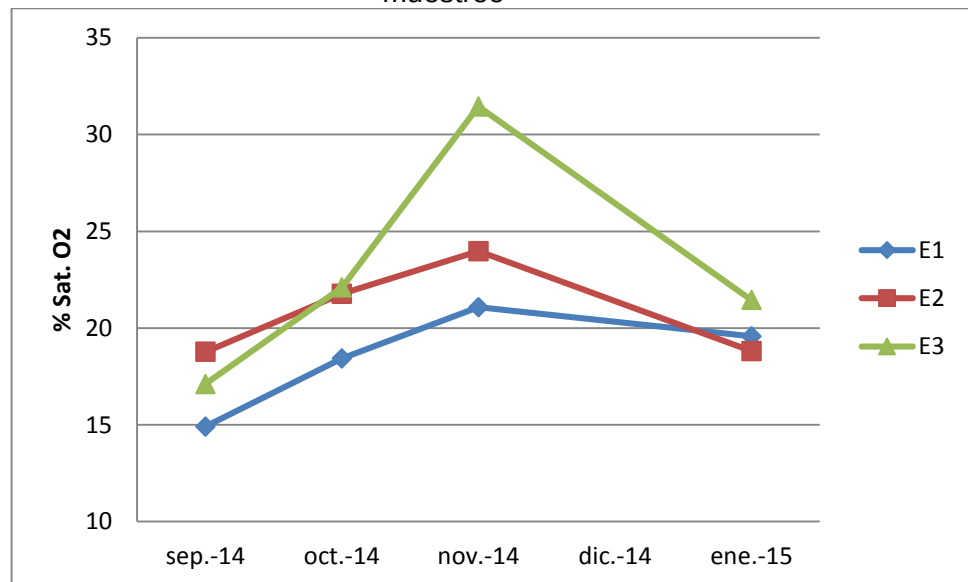
La estación E3, presenta un comportamiento similar al de la estación E2; probablemente, esta reducción en el mes de enero se deba a la pérdida de niveles de agua y al aumento de zonas secas o sedimentadas dentro del humedal, igualmente estas variaciones de pH pueden estar influenciadas por los siguientes factores: salinidad, fotosíntesis (favorece la alcalinidad), temperatura, concentración de dióxidos de carbono [56], que pueden influenciar de alguna forma la composición química del cuerpo de agua, presentando valores ácidos superiores a 6,0 y alcalinos inferiores a 7,3.

En general los datos que se obtuvieron en las zonas de muestreo en relación a las diferentes épocas muestreadas nos arrojaron valores de pH asimilables para hábitats acuáticos, pues su nivel de concentración no está categorizado en los intervalos que podrían ser perjudiciales, para el desarrollo de diferentes especies tanto endémicas como transitorias de estos cuerpos de agua.

- **Porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (% Sat. O<sub>2</sub>)**

El Oxígeno Disuelto es uno de los constituyentes químicos fundamentales en los cuerpos de agua y está estrechamente relacionado con la temperatura, puesto que influye en la capacidad del oxígeno para disolverse, ya que los gases, tienen diferentes solubilidades a distintas temperaturas [57]. Por ende para determinar la dinámica de este parámetro durante todas las épocas muestreadas en las diferentes estaciones, serán analizados en función del porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto.

**Gráfica 12:** Dinámica de saturación del oxígeno disuelto por estaciones y periodos de muestreo



Fuente: Autores

La Estación E1, presenta valores desde 14,91 hasta 21 % Sat. O<sub>2</sub>, cabe resaltar que esta estación con respecto a las demás presenta porcentajes menores, probablemente esto se deba a que es el punto de entrada clausurado del Río Bogotá en donde el flujo de agua es mínimo, y a su vez se evidencia eutrofización en la mayor parte de la zona muestreada, esta concentración es mínima y puede incurrir drásticamente en la preservación de flora y fauna, y se encuentra catalogado entre los rangos < 60 %, indicando un nivel pobre de oxígeno Disuelto [57].

La Estación E2, Presenta valores desde 18,77 hasta 23,97 % Sat. O<sub>2</sub>, esta zona presenta gran influencia tanto de la zona industrial como residencial, dentro de los tres puntos de muestreo, se considera la parte media de toda la zona

muestreada, e igualmente se destaca por presentar porcentajes mínimos de saturación de oxígeno disuelto.

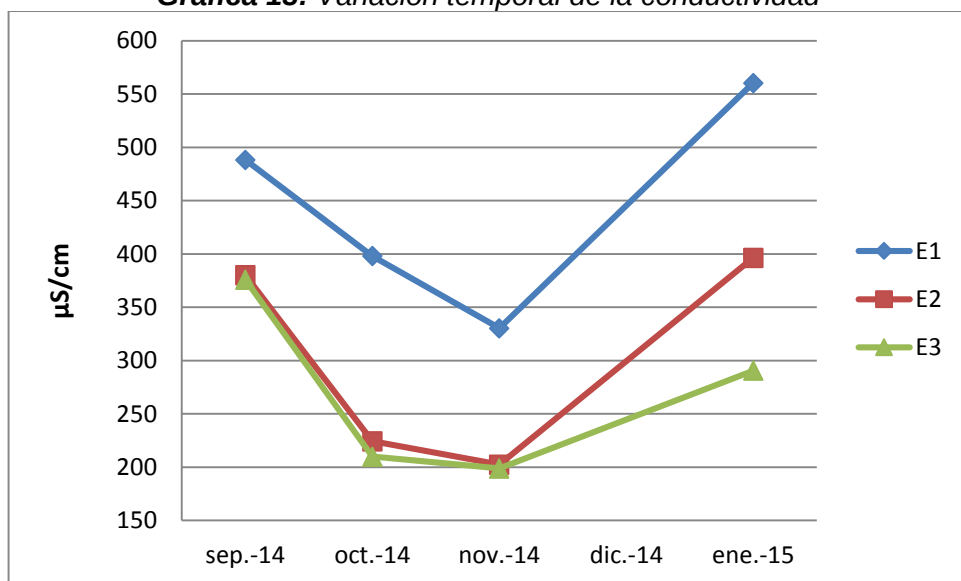
La Estación E3, presenta valores desde 17,11 hasta 31,45 % Sat. O<sub>2</sub>, esta zona presenta gran influencia tanto de flora como de fauna, se caracteriza por presentar mayor variación en el porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto con respecto a los demás puntos de muestreo.

Según los datos obtenidos en todas las estaciones o puntos de muestreo el % Sat. O<sub>2</sub>, oscila entre 14,91 y 31,45 estos valores en cuanto a calidad del agua están catalogadas como contaminadas, ya que su porcentaje de saturación es < 50 [58], lo cual trae consigo la desaparición de organismos y especies sensibles, igualmente dan un indicio del deterioro hídrico y elevada eutrofización del Humedal Meandro del Say.

- **Conductividad**

El parámetro Conductividad indica el contenido de iones en el agua lo que podría ser una medida relativa de su estado trófico y de su contenido de nutrientes y productividad.

**Gráfica 13:** Variación temporal de la conductividad



**Fuente:** Autores

Las muestras tomadas en los tres puntos estratégicos, presentan los siguientes valores categorizados así:

La Estación E1, presenta valores desde 330,4 µS/cm, hasta 560,41 µS/cm, cabe resaltar que esta estación con respecto a las demás presenta valores más representativos de concentración, quizás esto se debe a la presencia de metales en el agua que a su vez permiten circular libremente la corriente eléctrica.

La Estación E2, Presenta valores desde 202,45 µS/cm, hasta 396,36 µS/cm, esta zona presenta gran influencia tanto de la zona industrial como residencial, comparándolo con el punto E1 y E2 presenta un valor medio.

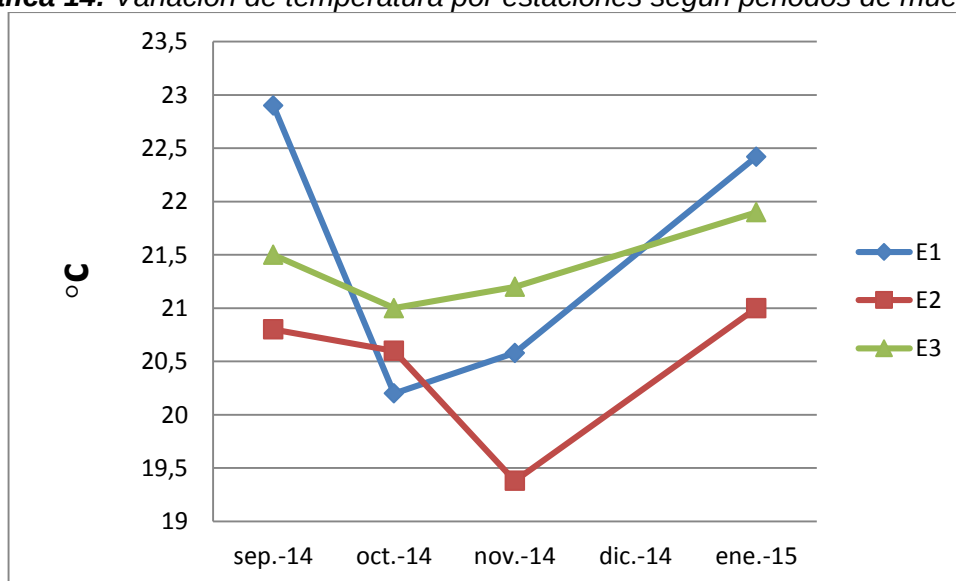
La Estación E3, presenta valores desde 198,83  $\mu\text{S/cm}$ , hasta 376,01  $\mu\text{S/cm}$ , esta zona presenta el valor más bajo con respecto a las demás estaciones, en todos los meses de muestreo (septiembre, octubre, noviembre y enero).

En los meses con presencia de lluvias este parámetro aumento significativamente, en cuanto a los meses de baja precipitación la conductividad bajó, las zonas catalogadas como E2 y E3 donde hay gran influencia tanto industrial como residencial, presentan valores considerables de esta concentración, lo que podría ser un indicio de que hubo descargas de vertimientos de tipo industrial que posiblemente aumentaron el contenido de sales en el cuerpo de agua [59], a su vez este parámetro es significativo en el punto catalogado como E1, que en su momento recibió aportes de agua por parte del Rio Bogotá.

- **Temperatura**

Es un parámetro físico importante en el agua, pues por lo general influye en la actividad biológica, y la absorción de oxígeno. En la gráfica 14 se muestra el comportamiento de la temperatura por cada estación de muestreo.

**Gráfica 14:** Variación de temperatura por estaciones según periodos de muestreo



**Fuente:** Autores

El parámetro físico Temperatura en el agua es de vital importancia para las comunidades acuáticas pues ejerce una gran influencia sobre su metabolismo, fisiología y comportamiento. En las muestras tomadas en los tres puntos estratégicos presenta los siguientes valores, categorizados así:

La Estación E1, presenta valores desde 20,58°C, hasta 22,9 °C cabe resaltar que esta estación con respecto a las demás presenta valores más altos de Temperatura en dos periodos de tiempo (septiembre 2014 y enero 2015), esto quizás se debe a que en la zona donde se realizaba la muestra, el agua siempre se encontraba represada y sin movimiento, igualmente estos meses se

caracterizan por la ausencia de lluvias, que pueden influenciar de alguna forma el aumento de la temperatura.

La Estación E2, Presenta valores desde 19,38 °C hasta 21 °C, esta estación presenta una temperatura media con respecto a las demás estaciones, esto se debe probablemente al recorrido del agua y al flujo dentro de las diferentes zonas del humedal.

La Estación E3, presenta valores desde 21 °C, hasta 21.9 °C, esta zona no presenta mayores variaciones o diferencias con respecto a los demás puntos de muestreo.

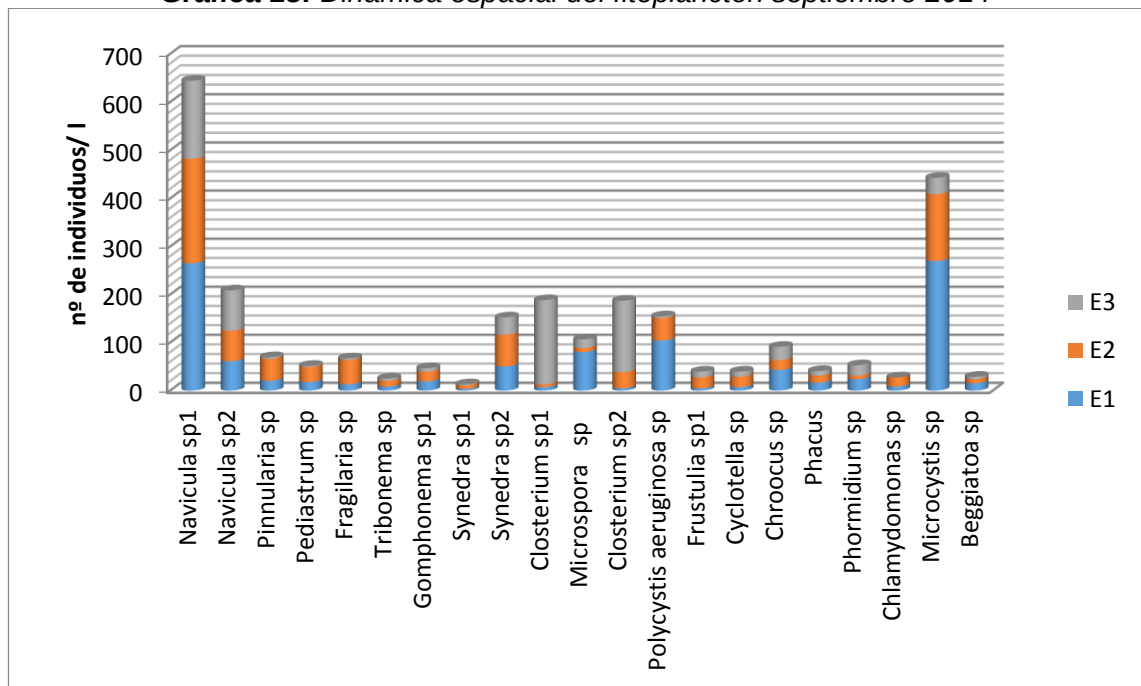
El parámetro de temperatura puede estar relacionado con la hora en que se toma la muestra, por lo que se asumió realizar un intervalo de muestreo comprendido entre las 9:00am de la mañana hasta las 3:00pm en todos los meses, con el fin de evitar sesgos de información.

## 8.4 Dinámica espacial y temporal

### 8.4.1 Dinámica espacial del Fitoplancton

Para definir la dinámica espacial, es decir el cambio de las especies en cada estación de muestreo, se tuvo en cuenta el análisis cuantitativo, de donde se obtuvo las especies más abundantes por litro de agua. La especie que reporta la mayor cantidad de células por litro de agua, es la que determina la calidad del agua para ese lugar o estación de muestreo en específico. A continuación se muestra la dinámica de las especies en cada estación para los cuatro periodos de muestreo.

**Gráfica 15:** Dinámica espacial del fitoplancton septiembre 2014



**Fuente:** Autores

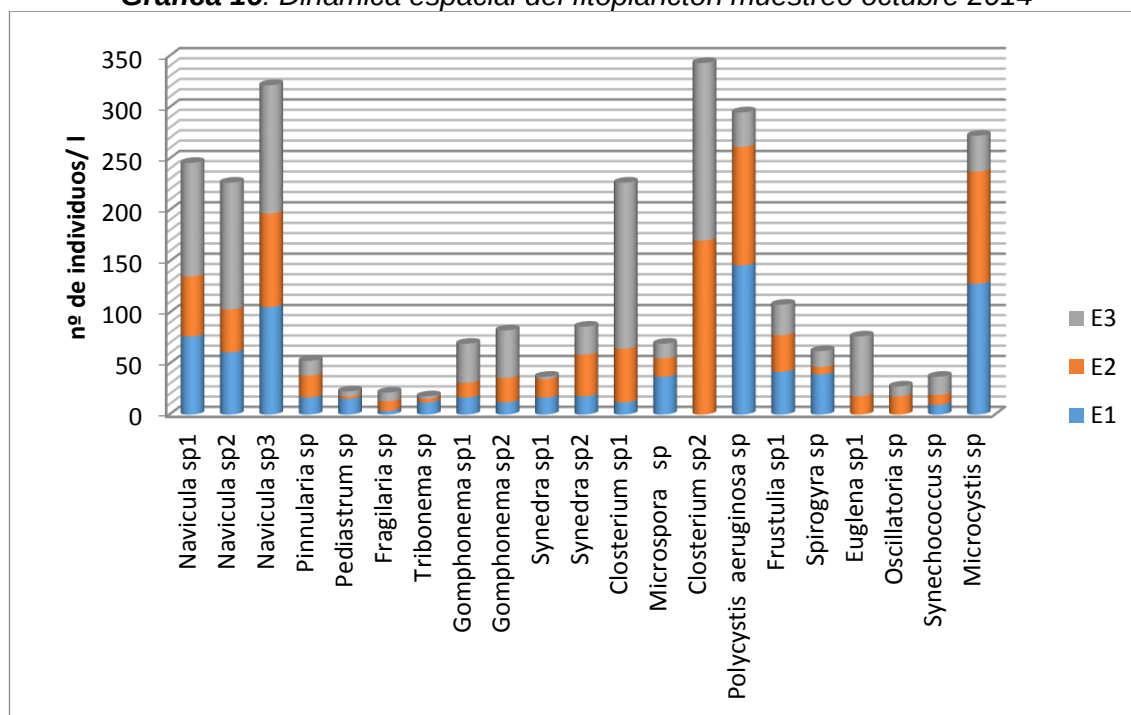
En el mes de septiembre, para la estación E1 la especie que presenta el mayor número de células es la *Microcystis sp* con 270cel/L, seguida por *Navicula sp1* con 265,2 cel/L. Estas especies se encuentran en cuerpos de agua, estancados y eutróficos con un alto contenido de materia orgánica, producen turbiedad y el oxígeno disuelto es disminuido, además, la *Microcystis sp* liberan sustancias tóxicas que disminuyen la calidad de agua.

En la estación E2 la especie dominante por presentar 217,2 cel/L de agua es la *Navicula sp1*, se localizan en aguas estancadas, frecuentemente en el barro del fondo, lo cual evidencia, eutrofización y sedimentación en aguas.

En la estación E3 el *Closterium sp1* es el más abundante, habita aguas eutróficas, es relativamente insensible a la contaminación orgánica.

En el muestreo de septiembre para las tres estaciones la *Navicula sp1* y *Microcystis sp* son las más representativas y predominantes. Según la abundancia de los organismos nombrados y las características de los lugares que estas especies habitan se concluye que el humedal es eutrófico, con altos contenidos de materia orgánica, y con cantidades mínimas de oxígeno disuelto.

**Gráfica 16:** Dinámica espacial del fitoplancton muestreo octubre 2014

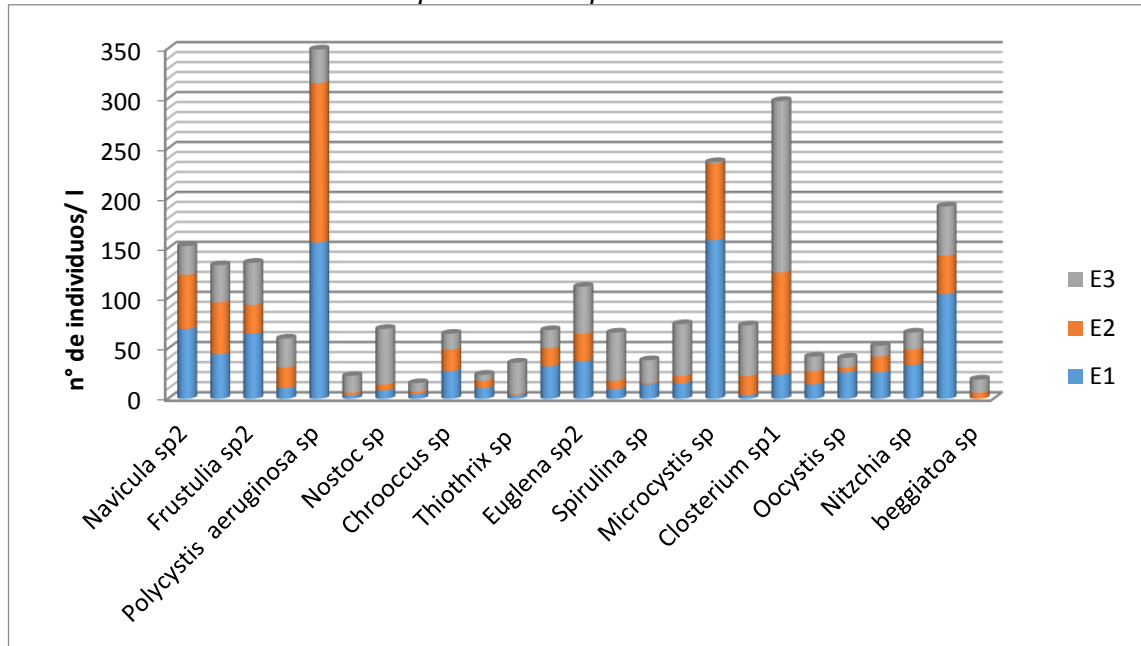


**Fuente:** Autores

En el muestreo de octubre, la estación E1 está dominada por la *Polycystis aeruginosa* ya que presenta 146.4 especies /L de agua, por lo cual es un indicador de agua contaminada en este punto, ya que pertenece a las cianobacterias las cuales liberan sustancias tóxicas e influyen en la eutrofización de las aguas donde se encuentran. Por otro lado, en las estaciones 2 y 3, el *closterium sp2* es el de mayor abundancia, este habita aguas eutróficas

estancadas. Lo cual ratifica el estado actual del humedal Meandro del Say y la contaminación evidente de sus aguas.

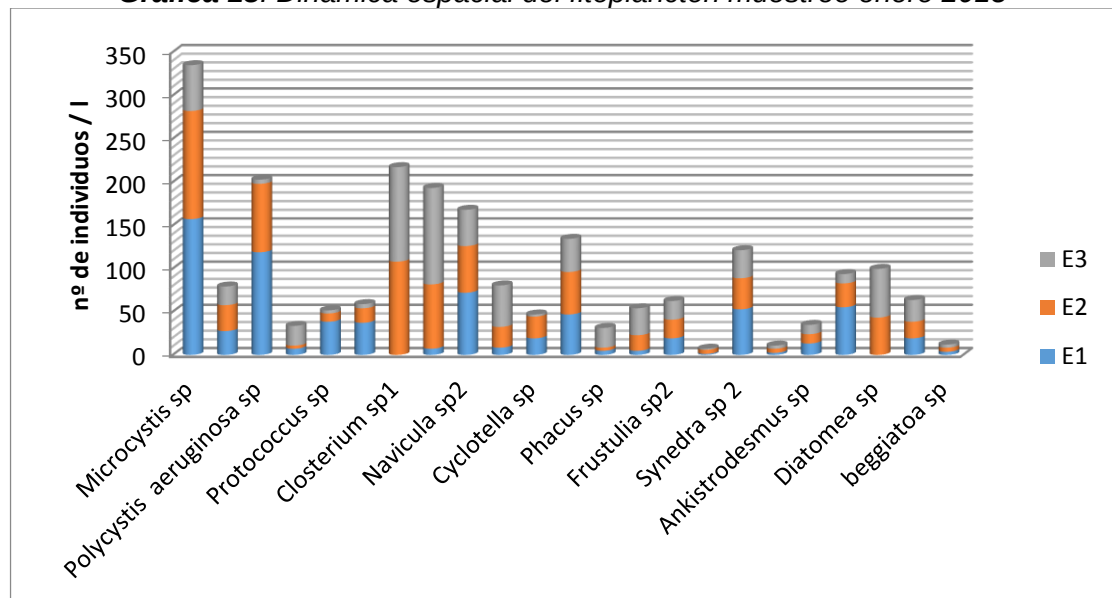
**Gráfica 17:** Dinámica espacial del fitoplancton muestreo noviembre 2014



**Fuente:** Autores

Los datos del muestreo de noviembre arrojan que nuevamente, la *Microcystis sp* y *Polycystis aeruginosa sp* son las dominantes en las estaciones 1 y 2, y el *Closterium sp1* nuevamente es la especie más abundante en la estación 3.

**Gráfica 18:** Dinámica espacial del fitoplancton muestreo enero 2015



**Fuente:** Autores

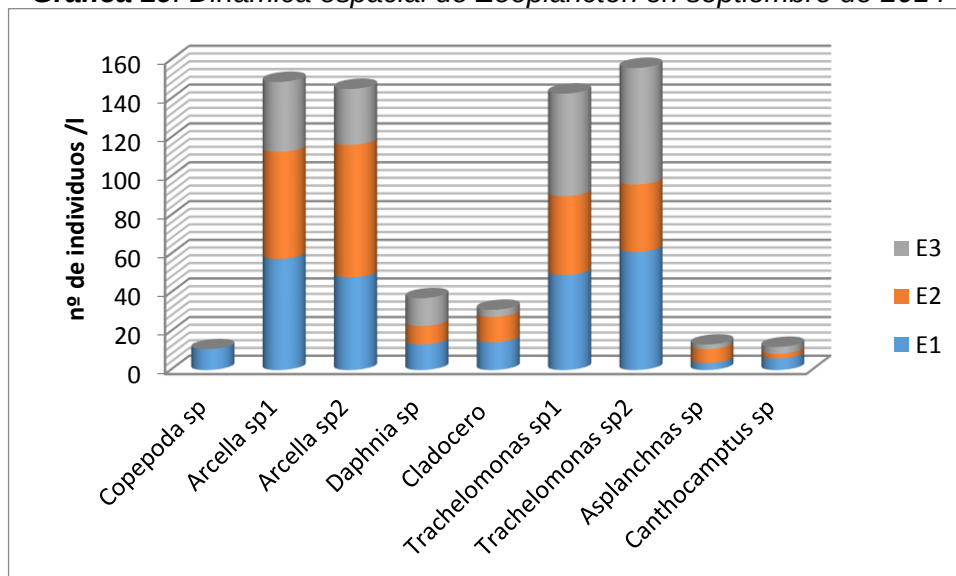
En las estaciones E1 y E2 son dominantes la *Microcystis sp* y *Polycystis aeruruginosa* y en la estación E3 sigue predominando el *Closterium sp1* al igual que en los muestreos anteriores.

En conclusión, la dinámica espacial, nos muestra que en las estaciones de muestreo las especies más abundantes difieren, sin embargo, están presentes en todos los puntos muestreados aunque en menores cantidades.

#### 8.4.2 Dinámica Espacial del Zooplancton

Para determinar la dinámica espacial de la comunidad zooplanctonica en el humedal Meandro del Say se tuvo en cuenta la diversidad y abundancia de especies. Las gráficas a continuación muestran las especies que definen la calidad de agua en cada estación de muestreo.

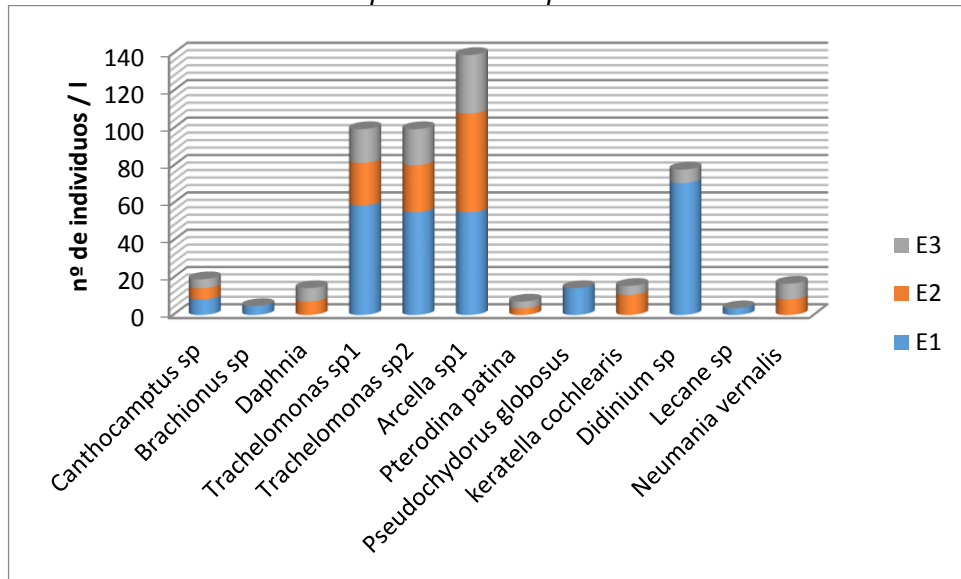
**Gráfica 19:** Dinámica espacial de Zooplancton en septiembre de 2014



**Fuente:** Autores

Las especies que presentan mayor número de células por litro de agua en el humedal en las tres estaciones muestreadas son la *Arcella sp1 sp2* y *Trachelomonas sp1 sp2*, las cuales indican que en el Meandro del Say se produce un proceso de nitrificación.

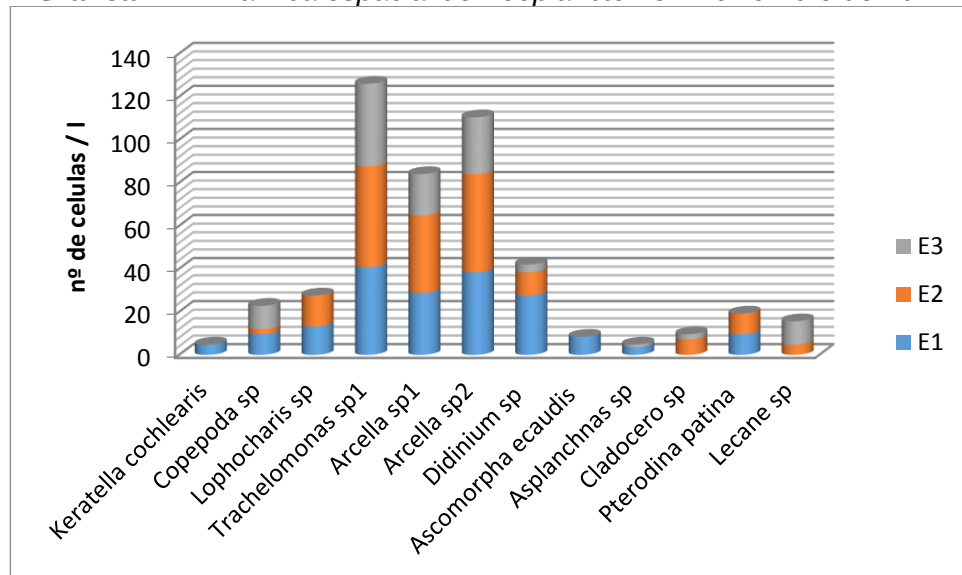
**Gráfica 20:** Dinámica espacial de Zooplancton en Octubre de 2014



**Fuente:** Autores

Para el muestreo de octubre, *El Didinium sp* es la especie más cuantiosa, caracterizada por habitar en aguas de poco volumen, desarrollándose masivamente en aguas ricas en sustancias nutritivas. Además es importante resaltar, que en esta estación se evidencia la mayor abundancia de toda la comunidad de zooplancton encontrada. En las estaciones 2 y 3 predomina la *arcella sp1*, ya que son zonas en proceso de eutrofización.

**Gráfica 21:** Dinámica espacial de Zooplancton en Noviembre de 2014

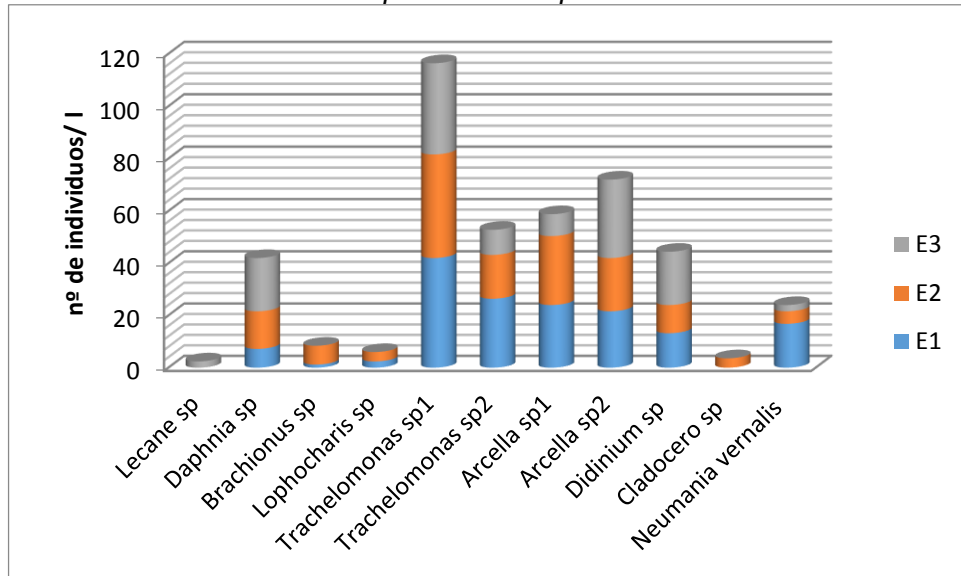


**Fuente:** Autores

Las 3 estaciones muestran un comportamiento similar, pues los picos máximos de células por litro de agua se encuentran para las especies *Trachelomonas* y

*arcelas sp1 y sp2*. En un segundo nivel de importancia se encuentra el *didinium sp*.

**Gráfica 22:** Dinámica espacial de Zooplancton en Enero de 2015



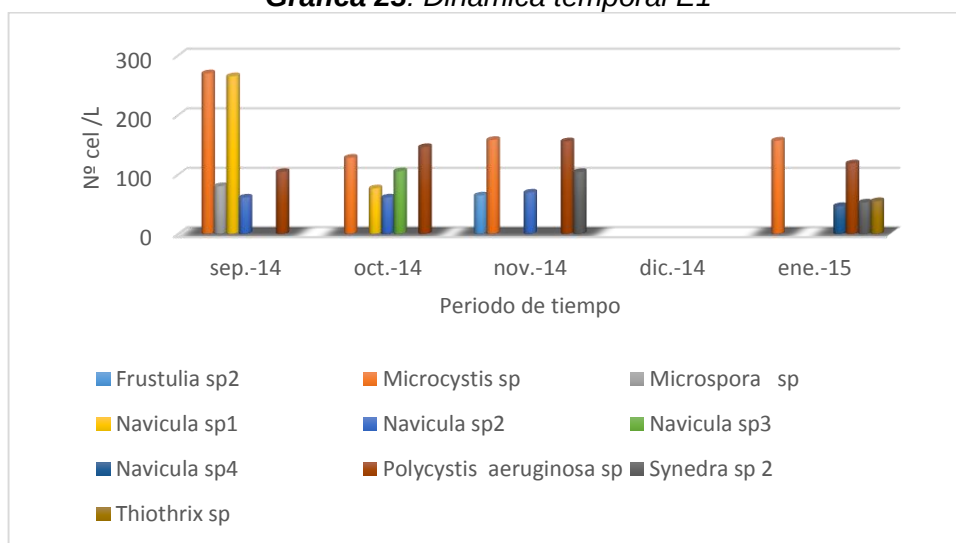
**Fuente:** Autores

En general las especies dominantes en las tres estaciones muestreadas fueron la *Arcella* y *Trachelomonas*, las cuales evidencian que las condiciones de eutrofización, y contaminación del agua a lo largo de los puntos muestreados es alta debido a las acciones antrópicas que intervienen en el humedal.

#### 8.4.3 Dinámica Temporal del Fitoplancton

La dinámica temporal define los cambios o variaciones en el tiempo de las características del humedal en cuanto a su composición, estructura y abundancia de las especies. La información recolectada de la evolución del Meandro del Say es la base para tomar decisiones en cuanto a su manejo y conservación ya que es una fuente hídrica importante en la conectividad ecosistémica de la ciudad con la sabana.

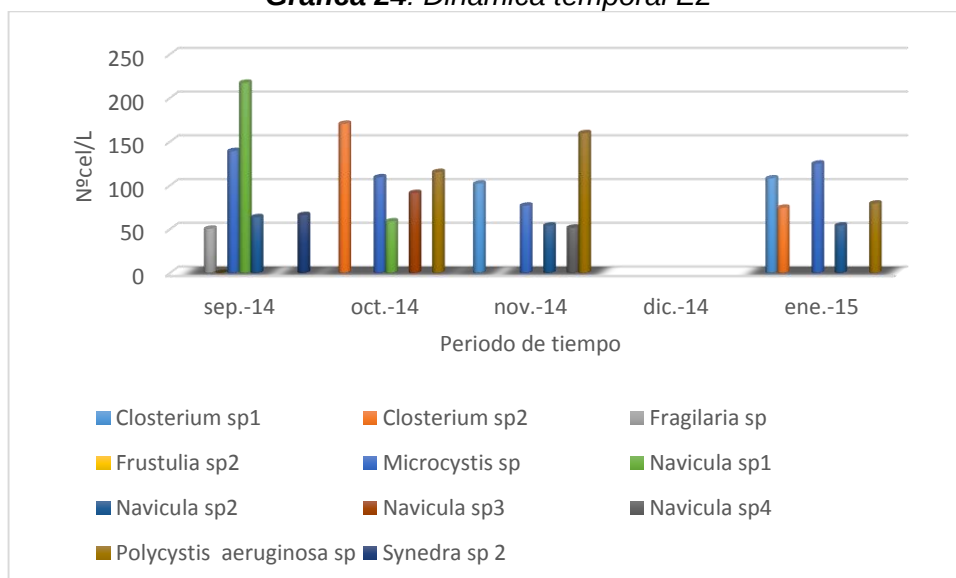
**Gráfica 23: Dinámica temporal E1**



**Fuente: Autores**

La estación está dominada por *Microcystis sp* en el mes de septiembre de 2014 pertenecientes a las cianobacterias, pues presenta la mayor cantidad de células por litro de agua. En la gráfica se evidencia una tendencia en el tiempo a disminuir la cantidad de células por litro de agua. No obstante, en los cuatro muestreos los picos más altos corresponden a *Microcystis sp* y *Polycystis aeruginosa* las cuales determinan la calidad de agua de la estación E1. Debido a lo anterior, se puede decir, que la E1 presenta una alta contaminación por sustancia tóxicas, lo cual se explica, ya que en este punto se producía el intercambio de agua entre el río Bogotá y el humedal Meandro del Say, además, la generación de lodos por el dragado del río hace que por escorrentía llegue agua contaminada al humedal

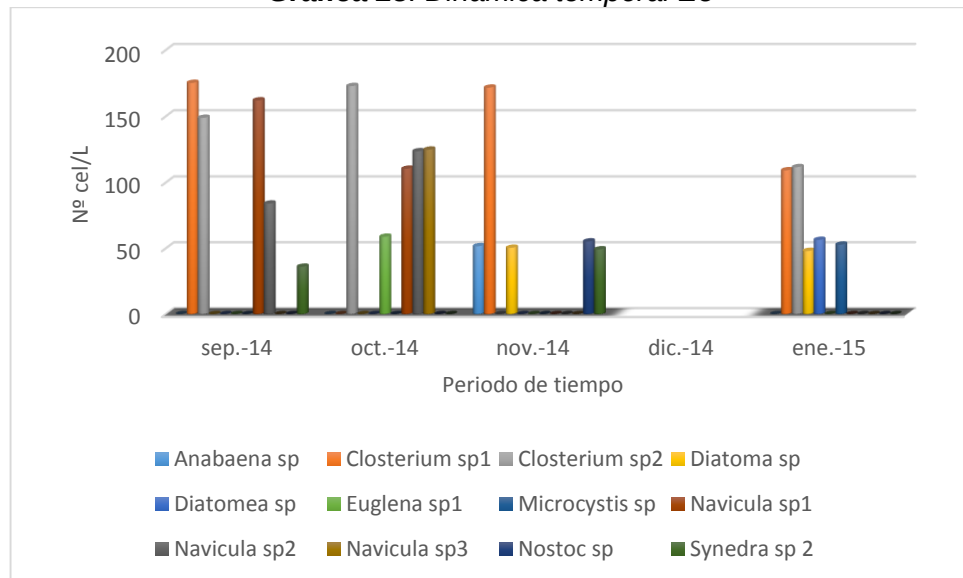
**Gráfica 24: Dinámica temporal E2**



**Fuente: Autores**

La gráfica muestra que los organismos en el tiempo tienden a disminuir, sin embargo, los picos más altos por cantidad de especies son por *Navicula sp1* y *sp2*, las cuales definen que en la E2 pertenece a aguas estancadas eutróficas, a raíz del bajo contenido de agua en esta zona, pues el humedal solo tiene aporte de aguas lluvias.

**Gráfica 25: Dinámica temporal E3**



**Fuente: Autores**

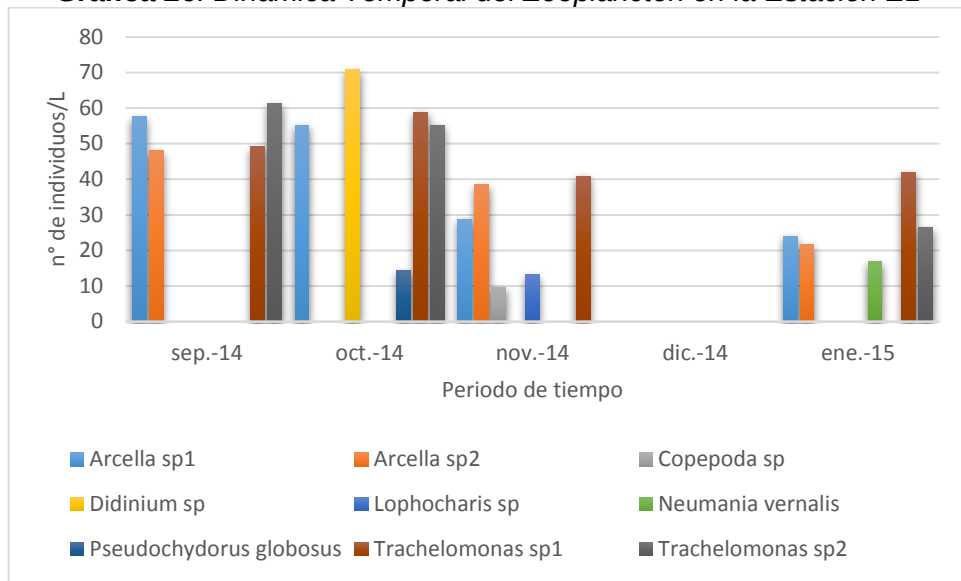
En la E3 domina el *Closterium sp1* y *sp2*, el cual indica que el lugar presenta condiciones eutrofia en aguas estancadas contaminadas por presencia de materia orgánica, explicada por las actividades de pastoreo de ganado, y el flujo nulo de agua. En esta estación el n° de células por litro de agua presenta un mínimo en el mes de enero de 2015, mientras que en los otros meses muestreados, las especies más abundantes se encuentran en un máximo que oscila entre 140 y 180 cel/L de agua

En cuanto a la dinámica en el tiempo del fitoplancton, es decir, Las variaciones en la abundancia de la comunidad Fito planctónica a lo largo de los muestreos, se evidencia una disminución en el número de especies por litro de agua, los organismos frecuentes sugieren un humedal eutrófico con una presencia alta de materia orgánica y por lo tanto una menor cantidad de oxígeno disuelto lo que inhibe la presencia de otros especies acuáticas.

#### 8.4.4 Dinámica temporal del zooplancton

Para definir la dinámica temporal del zooplancton se tuvo en cuenta las especies más abundantes en cada estación de muestreo. Las gráficas siguientes muestran la variación en el tiempo de las especies más densas por estación de muestreo.

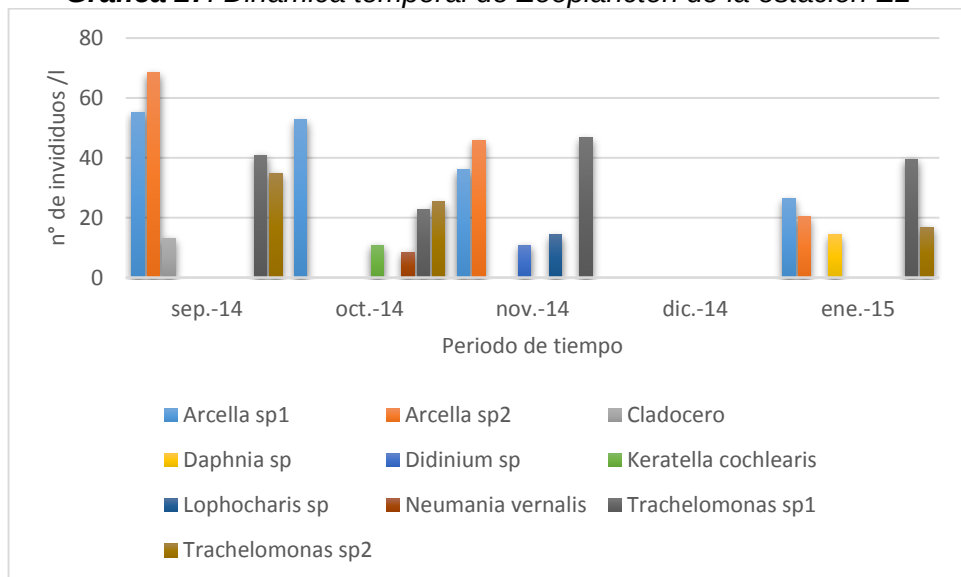
**Gráfica 26: Dinámica Temporal del Zooplancton en la Estación E1**



**Fuente: Autores**

La gráfica muestra que el número de especies por litro de agua de zooplancton disminuye en el tiempo, lo cual se atribuye al cambio del tiempo y la temporada seca sobretodo en el mes de enero, y que disminuye el espejo de agua del humedal.

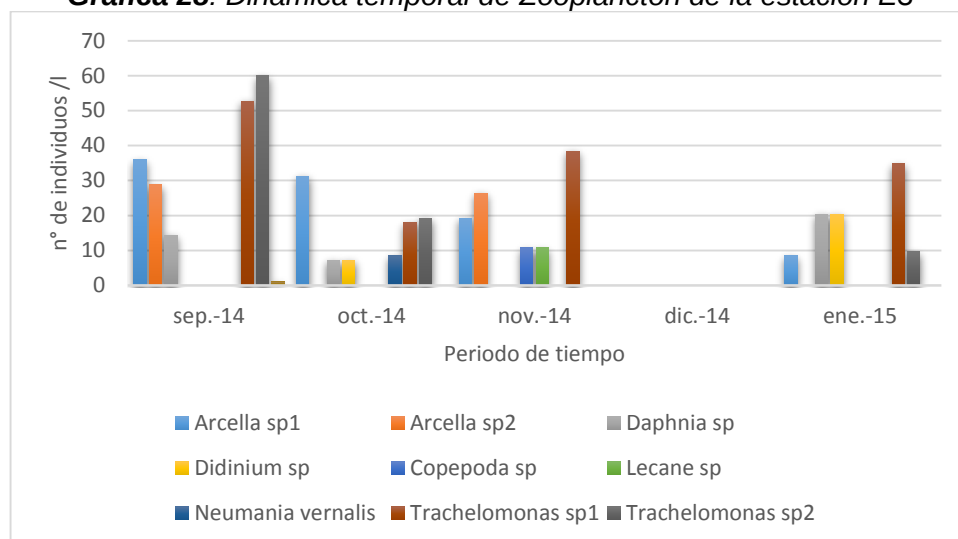
**Gráfica 27: Dinámica temporal de Zooplancton de la estación E2**



**Fuente: Autores**

La gráfica muestra que la comunidad zooplanctonica del humedal Meandro del Say en la E2 presenta cambios de densidad donde la *Arcella sp1* y *sp2* tienden a disminuir en el tiempo, mientras que la *Trachelomonas sp1* y *sp2* presenta su pico máximo en el mes de noviembre.

**Gráfica 28:** Dinámica temporal de Zooplancton de la estación E3



**Fuente:** Autores

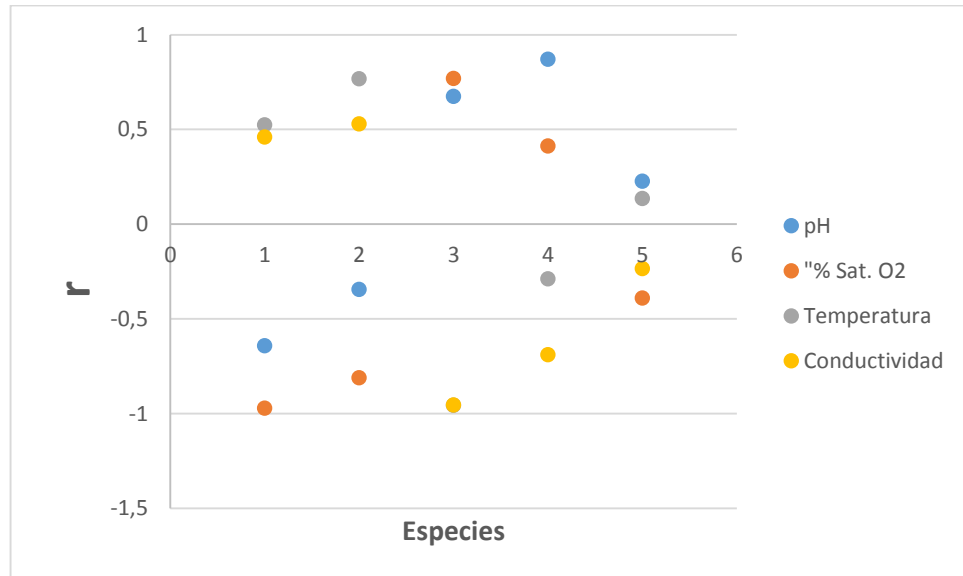
En la estación E3 existe una mayor variabilidad en cuanto a la abundancia de especies, las especies dominantes son las *Trachelomonas* indicando contaminación de agua.

### 8.5 Asociación entre las variables fisicoquímicas y la comunidad Planctónica

Para llevar a cabo esta asociación se aplicó la correlación de Pearson, en donde se tomaron las tres estaciones, en las diferentes épocas muestreadas, y las especies seleccionadas con mayor abundancia tanto fitoplancton como de zooplancton, con el fin de determinar la relación de la comunidad plantónica y las variables fisicoquímicas, y su influencia en la calidad del agua.

- La correlación de Pearson en cuanto a fitoplancton presente:

**Gráfica 29: Correlación de Pearson E1**

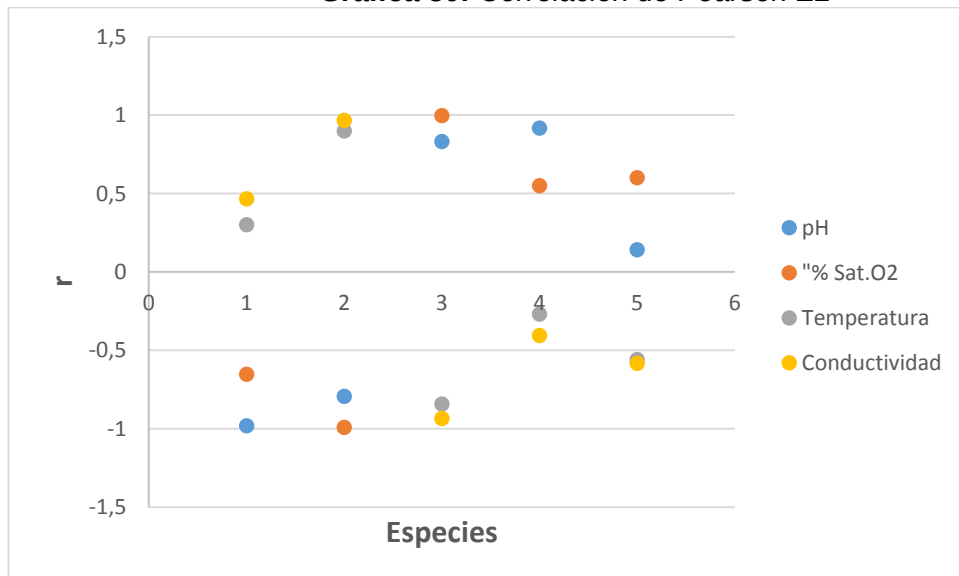


**Fuente:** Autores

**En la Estación E1** la especie *Closterium* Sp1 tiene una relación con respecto al pH de un valor de 0.87, lo que indica un grado de correlación positivo.

La especie *Navicula* Sp con respecto al % de saturación de oxígeno disuelto presenta un valor de -0.97; La especie *Polycystis Aeruginosa* Sp en relación a la Temperatura y la conductividad presenta un valor de -0.95 y -0.95 respectivamente; lo que indica un grado de correlación negativo.

**Gráfica 30: Correlación de Pearson E2**

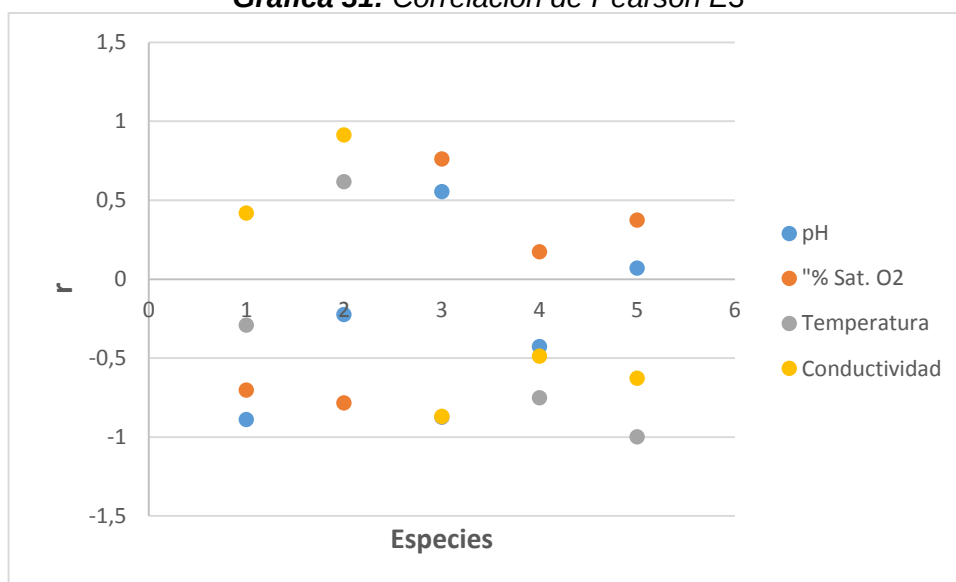


**Fuente:** Autores

**En la Estación E2** la especie *Polycystis Aeroginosa* Sp y *Closterium* Sp1 con respecto al pH presentaron un valor de 0.83 y 0.91 respectivamente; La especie *Polycystis Aeroginosa* Sp con respecto al % de saturación de oxígeno disuelto presento un valor de 0.99; La especie *Mycrocystis* Sp en relación a la temperatura y a la conductividad presento un valor de 0.89 y 0.96 respectivamente, todos estos indicando un grado de correlación positivo.

La especie *Navicula* Sp con respecto al pH presento un valor de -0.98; La especie *Mycrocystis* Sp en relación al pH y al % de saturación presento un valor de -0.79 y -0.99 respectivamente; La especie *Polycystis Aeroginisa* Sp en relación a la temperatura y la conductividad presento un valor de -0.84 y -0.93 respectivamente; lo que indica un grado de correlación negativo.

**Gráfica 31: Correlación de Pearson E3**



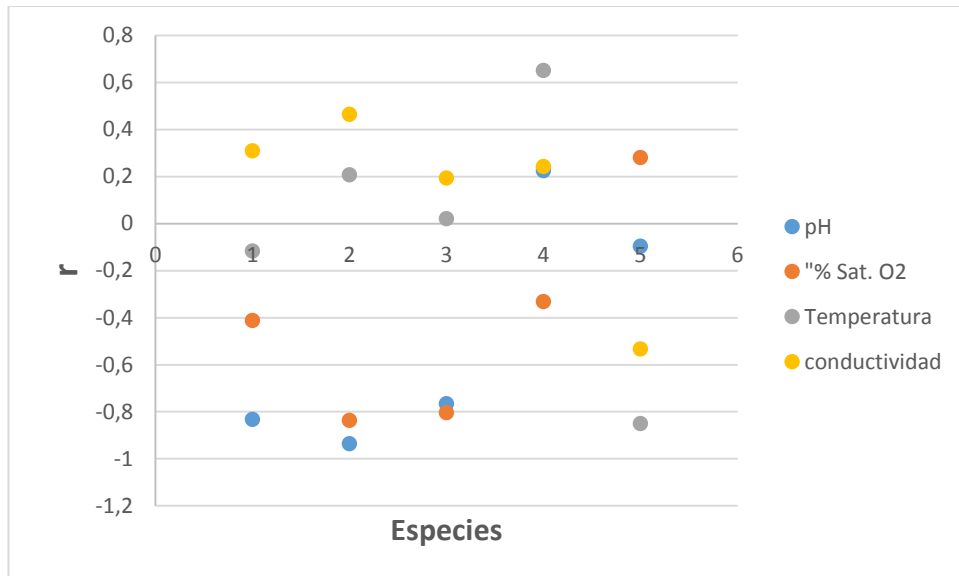
**Fuente:** Autores

**En la Estación E3** la especie *Mycrocystis* Sp con respecto a la conductividad presento un valor de 0.91, lo que indica un grado de correlación positivo.

La especie *Navicula* Sp tiene una relación con respecto al pH de un valor de -0.88; la especie *Mycrocystis* Sp tiene una relación con respecto al % de saturación de oxígeno disuelto con un valor de -0.78, la especie *Polycystis Aeroginosa* Sp en relación a la temperatura y la conductividad presento un valor de -0.87 y -0.86 respectivamente; la especie *Fragilaria* Sp tiene relación con respecto a la temperatura de un valor de -0.99; lo que indica un grado de correlación negativo.

La correlación de Pearson en cuanto a Zooplancton presento:

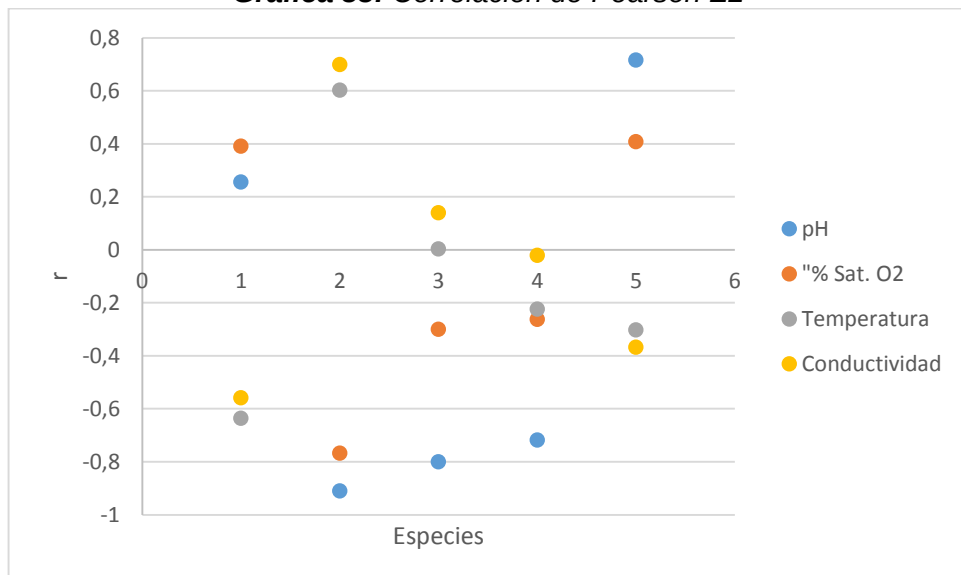
**Gráfica 32:** Correlación de Pearson E1



**Fuente:** Autores

En la Estación E1 la especie *Trachelomonas* Sp1 tiene una relación con respecto al pH de un valor de -0.83; la especie *Trachelomonas* Sp2 en relación al pH y al % de saturación de oxígeno disuelto presentaron un valor de -0.93 y -0.83 respectivamente; la especie *Arcella* Sp1 en relación al % de saturación presento un valor de -0.80; lo que indica un grado de correlación negativo.

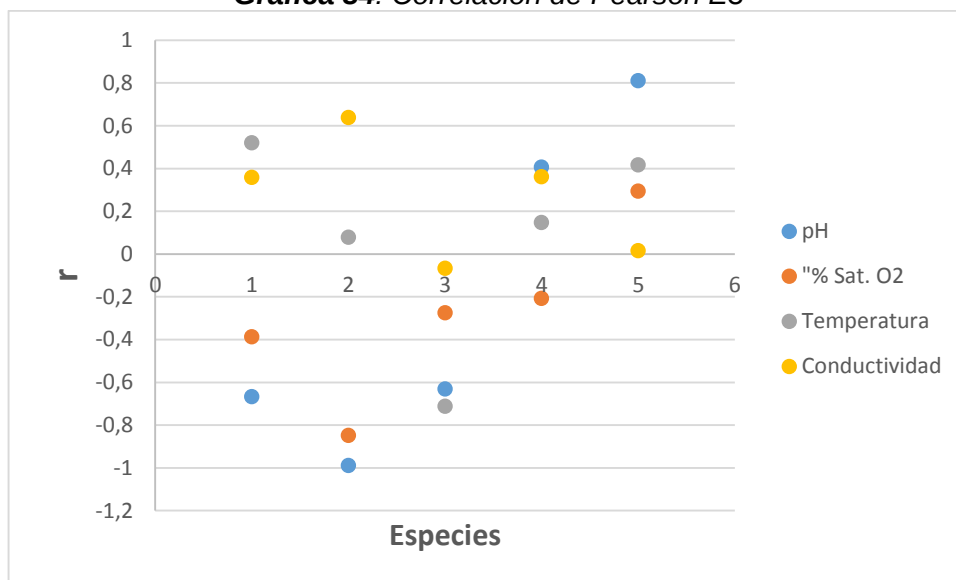
**Gráfica 33:** Correlación de Pearson E2



**Fuente:** Autores

**En la Estación E2** la especie *Trachelomonas* Sp2 y *Arcella* Sp1 en relación al pH presentaron un valor de -0.90 y -0.79 respectivamente, lo que indica un grado de correlación negativo.

**Gráfica 34: Correlación de Pearson E3**



**Fuente:** Autores

**En la Estación E3** la especie *Trachelomonas* Sp2 en relación al pH y al % de saturación de oxígeno disuelto presentaron un valor de -0.98 y -0.84 respectivamente, lo que indica un grado de correlación negativo.

Los valores obtenidos en las correlaciones tanto para las especies de fitoplancton como de zooplancton indican una gran asociación de las variables fisicoquímicas con las comunidades planctónicas anteriormente mencionadas, de esto se puede deducir que los parámetros como el pH, el % de saturación de Oxígeno Disuelto, la Temperatura y la conductividad guardan cierta relación en la supervivencia y desarrollo de algunas especies, considerando que valores mayores 0.7 sean negativos o positivos se consideran con una relación muy fuerte [60] y un grado de correlación casi perfecto.

Con esta correlación se evidencia que la mayor influencia sobre la comunidad planctónica está dada por los parámetros de pH y % de saturación de Oxígeno Disuelto, seguido de la temperatura y la conductividad.

## CONCLUSIONES

- En el estudio realizado en el humedal Meandro del Say se encontró una diversidad alta de especies de fitoplancton, durante todo el periodo de muestreo, dominada por: *Microcystis* sp; *Polycystis* y *Navicula* sp1 y sp2 mientras que el zooplancton presenta una mayor variabilidad en el tiempo
- Las especies encontradas tanto de fitoplancton como zooplancton indican condiciones de eutrofización y contaminación por materia orgánica, aportada por las actividades que se desarrollan en torno a este. Además, el estudio físico-químico, en cuanto al porcentaje de saturación de oxígeno disuelto presenta una muy baja concentración, lo que evidencia una condición de anoxia en las estaciones muestreadas del cuerpo de agua.
- La asociación entre la comunidad planctónica y los parámetros fisicoquímicos mediante la aplicación de la correlación de Pearson, arroja valores con un grado de correlación positivo y negativo casi perfecto, lo que indica la influencia del pH, el % de saturación de oxígeno disuelto, la temperatura y la conductividad sobre las especies tanto de fitoplancton como de zooplancton.
- Las aguas del humedal Meandro del Say son estancadas, es decir que no tienen movimiento, ya que solo tiene aporte de agua lluvia, lo que explica la presencia de especies planctónicas que habitan este tipo de aguas.
- Se determinó y confirmó el deterioro progresivo que ha venido presentando el Humedal Meandro del Say, a través del tiempo mediante las investigaciones previas y el posterior análisis realizado, con relación a la comunidad planctónica y las condiciones físico químicas, producto de las acciones directas e indirectas antrópicas y naturales sobre este cuerpo de agua.
- Se establecieron las condiciones físicas y químicas del agua del Humedal Meandro del Say, su concentración y su respectiva variación en el tiempo, logrando un diagnóstico e indicios sobre problemas de contaminación que afectan la calidad del agua.
- Por último, es importante decir, que en el Humedal Meandro del Say no se han realizado estudios como el presente, por lo cual podría servir como base para la toma de decisiones para el manejo y conservación de esta fuente hídrica. Por otro lado, en el marco del programa de descontaminación del río Bogotá se busca recuperar la conectividad ecológica, para lo cual se debe integrar los humedales ya que hacen parte de un mismo sistema, de ahí la importancia de hacer un seguimiento a las empresas para verificar que no hayan conexiones de aguas residuales al

humedal, establecer mecanismos ingenieriles que aporten agua a este humedal, para evitar su perdida, reestructurar la ronda hidráulica y usos del suelo.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Clasificación taxonómica de fitoplancton y zooplancton encontrado en el humedal Meandro del Say.

**Anexo 2:** Documento de Excel con estudio de presencia ausencia, y análisis de datos cuantitativos

## Bibliografía

- [1] humedalesbogota.com, «humedales Bogotá,» 02 abril 2012. [En línea]. Available: <http://humedalesbogota.com/2012/04/02/humedal-meandro-del-say/>. [Último acceso: 20 noviembre 2014].
- [2] P. A. Bejarano Mora y M. Argenis Bonilla, «Dinámica Espacio-Temporal del Humedal Juan Amarillo entre 1950-2005,» *Acta Biológica colombiana* , vol. 14, nº 1, pp. 87-105, 2009.
- [3] D. Bernal , «Humedales patrimonio ecológico de Bogotá,» [En línea]. Available: [http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/swf/revistas/revista\\_hum/HUMEDALE S.html](http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/swf/revistas/revista_hum/HUMEDALE S.html). [Último acceso: 24 noviembre 2014].
- [4] Red de Información Ambiental de Andalucía, «Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía,» Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía., Andalucía., s.f.
- [5] Ramsar, Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), sexta ed., Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza), 2013.
- [6] Ministerio del Medio Ambiente, Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia, Primera ed., Bogotá D.C: Panamericana Formas e Impresos, 2002.
- [7] A. M. d. Bogotá y D. Departamento Administrativo del Medio Ambiente, Política de Humedales del Distrito Capital, primera ed., Bogotá: Dama, Bogotá, D. C., Colombia, 2006.
- [8] C. A. Rivera Rondón , A. M. Zapata , D. Perez , Y. Morales , H. Ovalle y J. P. Alvarez, «<http://www.revistas.unal.edu.co>,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA , 10 Diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabio/article/view/9575/14645>. [Último acceso: 03 mayo 2014].
- [9] Secretaría Distrital de Ambiente, «Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibánica- Componente Ecológico Humedal Tibánica,» Publicaciones Secretaria Distrital de Ambiente, Bogotá D.C, 2005.
- [1] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR); Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), «Estudio de impacto ambiental, Plan de Manejo Ambiental MEANDRO DEL SAY-primera fase,» Publicaciones CAR, Bogotá D.C, 2004.

- [1 Encolombia.com, «Historia de los Humedales,» Encolombia.com, [En línea]. Available:  
1] <http://www.encolombia.com/medioambiente/hume-bogota-historia.htm>. [Último acceso: 03 mayo 2014].
- [1 D. Bernal, «Fundacion Humedales Bogotá,» 02 abril 2012. [En línea]. Available:  
2] <http://humedalesbogota.com/2012/04/02/humedal-meandro-del-say/>. [Último acceso: 05 Mayo 2015].
- [1 Fundación Ambiental Meandro del Say, «Gestiónycalidad.org,» 07 Marzo 2011. [En línea].  
3] Available: [http://www.gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia\\_og/20.pdf](http://www.gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia_og/20.pdf). [Último acceso: 05 Mayo 2015].
- [1 Ayumu Akamine, *Miradas desde la Comunicacion y el cambio social de los humedales*  
4] *Capellania y Meandro del SAY en la Localidad de Fontibón en Bogotá*, Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2010.
- [1 Secretaria de Planeación, *Diagnóstico de los Aspectos Físicos, demograficos y*  
5] *socioeconómicos*, Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2009.
- [1 O. Sánchez , M. Herzig y E. Peters, *Perspectivas sobre conservacion de ecosistemas*  
6] *acuaticos en Mexico*, Mexico: Instituto Nacional de Ecología, 2003, pp. 13-28.
- [1 M. J. Perez Porras, *Estructura de la Comunidad Zooplanctonica en un Humedal Urbano*  
7] *Andino Neotropical por un Periodo de Siete Mese*, Bogotá D.C: Facultad de Ciencias, Programa de Biología Aplicada Universidad Militar Nueva Granada, 2009, p. 14.
- [1 O. O. Parra, «La eutrofización de la laguna Grande de San Pedro, Concepción Chile: Un  
8] caso de estudio,» *Ambiente y Desarrollo*, vol. 1, pp. 117-136, 1989.
- [1 D. Fernández y G. Fernández, *Depuración de las Aguas Residuales en las Pequeñas*  
9] *Poblaciones*, Madrid: Garsi, 1990, pp. 147-151.
- [2 L. S. Rodriguez Garzón, *Determinacion del Estado Trófico de tres Ecosistemas lénticos de la*  
0] *sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrastantes*, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2012.
- [2 R. Escribano y L. Castro , «Planctón y Productividad,» de *Biología Marina y Oceanografía:*  
1] *Conceptos y Procesos*, Chile, Consejo Nacional del libro y la lectura, 2004, pp. 289-296.
- [2 F. Hoff y T. Snell, *Plankton Culture Manual*, sixth ed., Florida Aqua Farms, 2007, p. 186.  
2]
- [2 E. Bellinger y D. Sigee, *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators.*, First ed.,  
3] John Wiley & SONS, 2010, p. 244.

- [2 A. Ramirez y G. Viña, *Limnología Colombiana*, Bogotá: Panamericana, 1998, p. 293.  
4]
- [2 R. W. Pennak , *The dynamics of Fresh -water plankton populations*, vol. 16, Ecological  
5] Monographs, 1946.
- [2 M. Gonzáles y D. Garcia, *Desarrollo de un índice Biológico para estimar la calidad de aguas  
6] de la cuenca del rio Duero*, Limnética 1, 1984.
- [2 G. De la Lanza Espino, S. Hernandez Pulido y j. .. Carbajal Perez, «Organismos Indicadores  
7] de la Calidad del Agua y de la Contaminacion (BIOINDICADORES),» Plaza y Valdé S.A de  
C.V, Mexico, 2000.
- [2 R. . C. Herbas Antezana, F. Rivero Ostoic y A. Gonzales Ramos, «Indicadores Biológicos de  
8] calidad del agua,» Universidad Mayor de San Simón , Cochabamba, 2006.
- [2 E. Bellinger y D. Singee, *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*, first ed.,  
9] John Wiley & Sons, 2010, p. 244.
- [3 H. Rivas Hernández , J. P. Molina Aguilar y M. G. López Chávez, «Manual de prácticas,  
0] Ingeniería de Ríos,,» Laboratorio de Hidráulica “Ing. David Hernández Hueramo”, México,  
s.f.
- [3 A. Ramírez González y G. Viña Vizcaíno, *Limnología Colombiana: Aportes a su  
1] conocimiento y estadísticas de análisis*, primera ed., Bogotá: Fundación Universidad de  
Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1998.
- [3 G. A. Pinilla Agudelo , *Ecología del fitoplancton en un lago amazónico de aguas claras  
2] (Lago Boa, Caquetá medio República de Colombia*, Bogotá: fundacion Universidad Jorge  
Tadeo Lozano, facultad de Biología Marina , 2005.
- [3 G. Roldan Pérez y J. J. Ramírez Restrepo , *Fundamentos de limnología neotropical*,  
3] segunda ed., Medellin (Antioquia): Universidad de Antioquia, 2008.
- [3 C. A. Espinosa Rodríguez, *Interacciones y alimentación de zooplancton litoral  
4] epicontinental: Interacciones entre tres especies de microcrustáceos y un rotífero en  
relación a diferentes dietas*, EAE, 2012, pp. 3-80.
- [3 G. Marquez y G. Guillot , *Ecología y efecto ambiental de embalses. Aproximacion con  
5] casos colombianos.*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2001, p. 218.
- [3 C. Torres Molinares, *Guia de Laboratorio Procedimiento para la Medicion de Oxígeno  
6] Disuelto*, Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de investigaciones  
Hidráulicas e Hidrotécnicas. Laboratorio de Sistemas Ambientales, 2006, pp. 1-5.

- [3 «Medicion de Conductividad en Linea,» [En línea]. Available:  
7] [http://www.wtw.de/fileadmin/upload//Kataloge/Online/ES/Onl\\_028\\_033\\_Conductividad\\_275-KB\\_ES-pdf.pdf](http://www.wtw.de/fileadmin/upload//Kataloge/Online/ES/Onl_028_033_Conductividad_275-KB_ES-pdf.pdf). [Último acceso: 25 Marzo 2015].
- [3 Navarra.es, «El agua en Navarra,» [En línea]. Available:  
8] [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/Temperatura.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/Temperatura.htm). [Último acceso: 25 Marzo 2015].
- [3 O. Hammer, «Folk.uio.no,» 1999. [En línea]. Available:  
9] <http://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>. [Último acceso: 05 Mayo 2015].
- [4 A. E. Magurran, «Ecological diversity and its measurement.,» Princeton University Press,  
0] New Jersey, 1988.
- [4 R. Lande , «Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple  
1] communities,» oikos , New Jersey, 1996.
- [4 R. K. Peet, «The measurement of species diversity,» *Annual review of ecology and  
2] systematics*, vol. 5, pp. 285-307, 1974.
- [4 L. Erick, «El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas,» PUCP, Perú, 2003.  
3]
- [4 J. Schwoerbel, *Metodos de hidrobiología*, España: h.blume, 1975.  
4]
- [4 Confederación Hidrográfica del Ebro, *Metodología para el establecimiento el estado  
5] ecológico según la directiva marco del agua*, España: Ministerio del Medio Ambiente,  
2005.
- [4 L. Salazar Lopez, Interviewee, [Entrevista]. Septiembre 2014.  
6]
- [4 W. L A y S. G J, *A manual of fresh water algae*, Spark Press, 1969.  
7]
- [4 S. H y K. D, *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua*,  
8] Barcelona: Omega, 1987.
- [4 A. Jimenez, Valverde y J. Hortal , «Las curvas de acumulación de especies y la necesidad  
9] de evaluar la calidad de los inventarios biológicos,» *Revista Ibérica de Aracnología*, vol. 8,  
pp. 151-161, 2000.

- [5 A. K, F. M.E, O. E.C y s. E, Manual de métodos ficológicos, Concepción : Universidad de  
0] Concepción, 1995, pp. 169-185.
- [5 E. Lobo y G. Leighton, «Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los  
1] sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona Central de Chile,» *Biología Marina*, vol. 22, nº 1, pp. 1-29, 1986.
- [5 Ingeniería Civil y Medio Ambiente, «Miliarium.com,» Miliarium Aureun, 2004. [En línea].  
2] Available: <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>.  
[Último acceso: 05 Mayo 2015].
- [5 T. Valverde, Z. Cano Santana, J. Meave y J. Carabias , Ecología y Medio Ambiente, Mexico:  
3] Pearson Educación, 2005, p. 240.
- [5 L. F. Restrepo y J. Gonzalez , «De Pearson a Spearman,» *Facultad de Ciencias Agrarias*  
4] *Universidad de Antioquia*, vol. 20, nº 2, 2007.
- [5 E. C. Pielou , An Introduction to Mathematical Ecology, New York: John Wiley and Sons,  
5] 1969.
- [5 C. H. Hernández Villafuerte, *Calidad de agua de la Bahía de Santo Tomas de Castilla*,  
6] *Departamento de Izabal, Guatemala.*, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de estudios del Mar y Acuicultura, 2012.
- [5 Vernier, «Ciencias con lo mejor de Vernier,» 2009. [En línea]. Available:  
7] [http://www2.vernier.com/sample\\_labs/CMV-41-oxigeno\\_disuelto.pdf](http://www2.vernier.com/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf). [Último acceso: Mayo 04 2015].
- [5 J. M. Lynch y P. N. J, Microbial ecology: a conceptual approach, Blackwell Scientific  
8] Publications, 1979.
- [5 L. E. Peña Prieto, M. L. Muñoz Martínez y A. M. Espinosa Correa, «Tratamiento de aguas  
9] residuales y su Impacto Ambiental sobre un Ecosistema,» *Revista Científica Universidad Francisco José de Caldas*, nº 3, 2001.
- [6 D. Nettleton, Análisis de datos comerciales, Madrid: Díaz de Santos S.A, 2003.  
0]
- [6 B. Dussart , Studies on Freshwater Copepoda: a volume in honour of Bernard Dussart,  
1] USA: Brill, 1984.
- [6 P. d. B. Carvalho , L. M. Thomas , S. M. Oliveira, L. Colcalves de Robertson , B. Tavechio ,  
2] W. L. Gomes Darwish y J. Assad , «Comparative Limnology of south American Flood plains and lagoons,» *Acta scientiarum. biological sciences*, vol. 23, nº 2, pp. 265-273, 2001.

- [6 G. Pinilla , Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia,  
3] Bogotá D.C: U. Jorge Tadeo Lozano, 2000.
- [6 H. Christophe y C. Amoros , «Restoration ecology of riverine wetlands. III. vegetation  
4] suvery and monitoring optimization,» *ELSEVIER*, vol. 7, nº 1, pp. 35-58, 1998.
- [6 S. Francisco de Assis , Fundamentos de Limnología, Río De Janerio: Interciencia, 1998.  
5]
- [6 Colombia. convenio de Cooperacion Tecnológica Acueducto de Bogota- conservacion  
6] internacional, «Plan de manejo ambiental humedal Juan Amarillo,» Acueducto, Agua y  
Alcantarillado de Bogotá, Bogotá D,C, 2010.