

# VI CONGRESO SOBRE MANEJO DE ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

## Comité Organizador

### Presidente:

Dr. Armando Luis Payo Hill payo@ecologia.cu

### Secretaria Ejecutiva:

M Sc. Ana Martell García. ana.martell@ecologia.cu

### Secretario Científico:

M Sc. Hermen Ferrás Álvarez hermen@ecologia.cu

## Comité Científico

M.Sc. Dely Rodríguez Valdés  
M.Sc. Nayla Rodríguez García  
M.Sc. Ana América Socarrás Rivero  
M.Sc Isora Baró Oviedo  
Dr. René Pablo Capote López  
M.Sc Eduardo Furrázola Gómez

## Indicaciones generales

El VI Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad tiene como objetivo contribuir al conocimiento, manejo y conservación de la biodiversidad propiciando el intercambio de conocimientos y experiencias, la integración de grupos de trabajo y la creación de vínculos entre instituciones de investigación, académicas, gubernamentales y no gubernamentales, para promover soluciones, iniciativas y acciones sobre bases científicas que contribuyan a un desarrollo sostenible para beneficio con la participación de todos los habitantes de nuestro planeta.

El VI Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad iniciará sus actividades científicas a partir del martes 4 de julio en el horario de 10:00 a 17:00 horas.

Los trabajos se han enumerado consecutivamente en el programa, antecedido por la clave (EB) que identifica al Congreso. Esta misma codificación se utilizará en las memorias electrónicas para buscar las publicaciones.

Las sesiones de trabajo se organizarán en paneles y tendrán un Moderador. Las ponencias orales contarán con un tiempo de 10 minutos de exposición y al final de las presentaciones se realizará el debate del tema.

Para garantizar una eficaz organización se recomienda a los ponentes estar al inicio de la sesión de la mañana o la tarde en que les corresponde presentar su trabajo lo cual facilitará al Moderador la verificación de los trabajos que por diversas causas no estuvieran presentes.

También deberán entregar con anterioridad a su exposición, la presentación en la sala de diapositivas del Palacio de Convenciones para que sean colocadas en las salas de exposición del Congreso.

Se ha previsto para el jueves 6 en la sesión de la mañana, la exposición de los trabajos en "carteles" en los espacios habilitados para ello en el **Área expositiva de carteles** (Pasillo al lado de sala 8). Entre las 11:30 y 13:00 todos los autores de carteles estarán en el lugar establecido con el objetivo de discutir y responder a las preguntas de los interesados.

## ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN EL HUMEDAL “EL RESBALÓN”

Leidy Xiomara Bonilla Alvarez<sup>1</sup>, Juan Pablo Gallo Orozco<sup>2</sup>, Liliana Salazar Lopez<sup>3</sup>, Ángela María Jaramillo Londoño<sup>4</sup>, Ronal Sierra Parada<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Estudiante de ingeniería ambiental de la Universidad Santo Tomás, Colombia.  
leidybonillaa@usantotomas.edu.co

<sup>2</sup> Estudiante de ingeniería ambiental de la Universidad Santo Tomás, Colombia.  
juan.gallo@usantotomas.edu.co

<sup>3</sup> Profesora de Ecología de la Universidad Santo Tomás, Colombia.  
lilianasalazar@usantotomas.edu.co

<sup>4</sup> Profesora de modelamiento y simulación ambiental de la Universidad Santo Tomás, Colombia. angelajaramillo@usantotomas.edu.co

<sup>5</sup> Profesor de Sistemas de información geográfica de la Universidad Santo Tomás, Colombia. ronalsierra@usantotomas.edu.co

Se ha evidenciado una reducción significativa en el tamaño de los humedales, generando un impacto en la biodiversidad de estos importantes ecosistemas, dichos impactos han sido producto de los factores antropogénicos que afectan directamente su ecología, donde el humedal el Resbalón ubicado en el departamento de Cundinamarca – Colombia, en el año 2012 contaba con 16 Ha de zona inundable, en la actualidad este posee menos de 7 Ha y ha sido continuamente afectado por tensores ambientales. Por estas razones, se determinó como área de estudio.

Se analizó la estructura y dinámica de las comunidades de fitoplancton, la cual se constituyó por un total de 101 morfotipos, pertenecientes a los phylums de Chlorophyta, Cyanobacteria, Bacillariophyta, Euglenophyta, Ochrophyta, Charophyta y Rhodophyta, donde los más representativos por su aporte en la caracterización del ecosistema por los índices de diversidad, su frecuencia y abundancia, fueron los morfotipos de *Polycystis Sp1*, *Microcystis Sp1*, *Lyngbya Sp1*, *Navicula sp2*, *Nitzschia Sp2*, y *Ulothrix Sp1*, los cuales evidenciaron relaciones significativas con las variables fisicoquímicas como la Demanda Bioquímica de Oxígeno, el Oxígeno Disuelto y nutrientes como el Ortofosfato, Nitritos, Nitratos, entre otras variables, los cuales permitieron dar una bioindicación del estado del humedal, el cual es característico de aguas mesotróficas a eutróficas.

Palabras clave: Humedales, fitoplancton, bioindicadores, ecología, fisicoquímicos.

# **ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN EL HUMEDAL “EL RESBALÓN”**

Leidy Xiomara Bonilla Alvarez, Juan Pablo Gallo Orozco, Liliana Salazar Lopez, Ángela María Jaramillo Londoño, Ronal Sierra Parada.

## **Introducción**

En el transcurso del tiempo se ha adquirido más interés por la parte ambiental de los ecosistemas, evidenciando que estos son de vital importancia para el desarrollo y para el sostenimiento del planeta, destacando la importancia de los humedales, constituidos principalmente por el recurso hídrico, indispensable para el desarrollo y sustento de todos los seres vivos, definidos como extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas 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 6 metros (Ramsar, 2013) y considerados como los ecosistemas mas amenazados en el mundo, cerca del 50% de ellos ha desaparecido y existen regiones en las que se ha perdido el 99% de estos, debido a que se creen de baja importancia para la comunidad (Heynes Silerio, González Elizondo, Ruacho González, González Elizondo, & López Enríquez, 2017), por lo que están propensos a recibir aguas contaminadas con o sin tratamiento previo provocando el deterioro en la calidad del agua, la perdida de diversidad biótica y cambios en la estructura de las comunidades (Luna Pabello & Castañeda, 2014).

Actualmente, se utilizan organismos como bioindicadores que pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos del agua (G. Vásquez, Castro, González, Pérez, & Castro, 2006) como lo son los organismos que hacen parte de la comunidad de fitoplancton, la cual permite la estimación del riesgo ecológico, pues los cambios de producción de dichos microorganismos y su composición taxonómica pueden afectar las interacciones en la red alimentaria y dinámica del ecosistema (Cerón Hernández, 2011).

El fitoplancton es conocido como microorganismos que realizan procesos de fotosíntesis desprendiendo oxígeno y realizando la captura carbono, constituyendo el componente principal en la productividad primaria y pueden ser unicelulares o pluricelulares, filamentosos o formadores de colonias (Marín Galvín, 2003). En los ecosistemas lénticos, las cianobacterias y las algas constituyen los organismos dominantes del fitoplancton en los ecosistemas acuáticos, su metabolismo controla enormemente el flujo de energía y el ciclo de nutrientes en los ecosistemas, por sus niveles poblacionales y la variedad de tipos metabólicos. Una de las características más importantes del fitoplancton es la capacidad de mantenerse en suspensión con el fin de permanecer dentro de la zona fótica; para esto, los organismos desarrollan adaptaciones indispensables dado que la mayoría de ellos tienen una densidad de 1.01 a 1.03 veces superior a la del agua, diferencia pequeña, pero que determina su hundimiento (Cortolima, 2007).

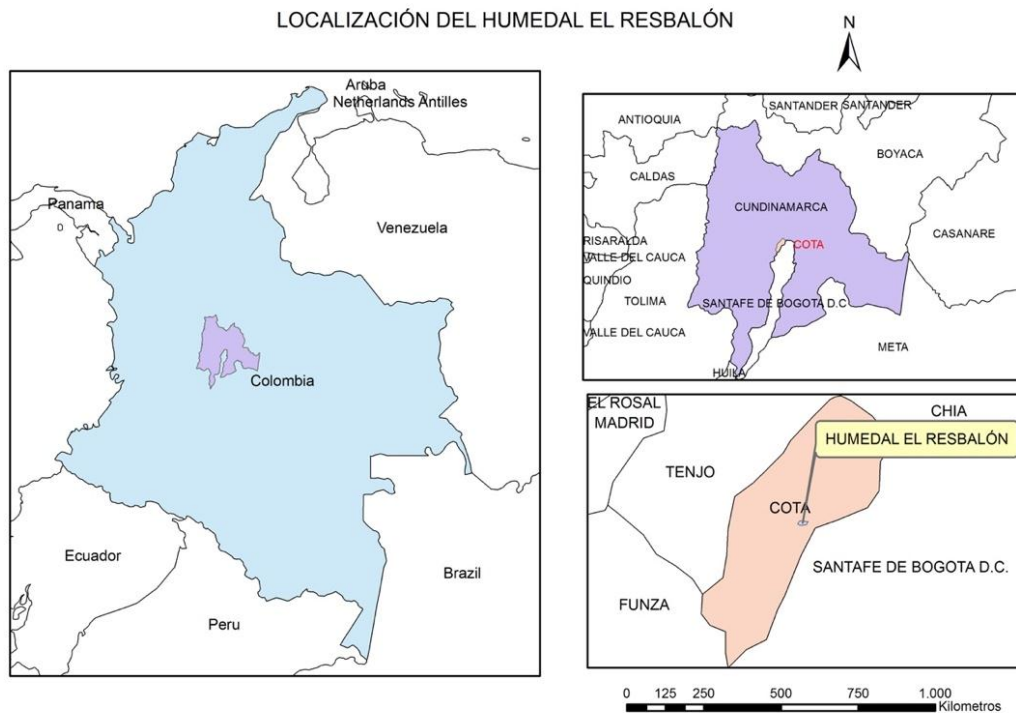
Se hace necesario el monitoreo de la calidad de agua del humedal El Resbalón, al no contar con un estudio ecológico previo, teniendo por tanto el objetivo de determinar la composición, abundancia y variabilidad estacional de las comunidades de fitoplancton, así como la asociación de los componentes fisicoquímicos a la

presencia o ausencia de estos microorganismos, para dar una aproximación al estado ecológico del humedal. Los resultados serán la base de futuras investigaciones para la articulación de este ecosistema en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio y para la toma de decisiones en cuanto a la adecuada gestión de los humedales de la región.

## Metodología

### Área de estudio

Imagen 1: Localización del humedal El Resbalón



F

Fuente: Autores

El humedal el Resbalón hace parte del Complejo de humedales del río Chicú, de la jurisdicción del municipio de Cota en el departamento Cundinamarca - Colombia, situado sobre el altiplano Cundiboyacense a una altitud de 2.566 msnm aproximadamente, mas exactamente en la vereda Parcelas. Hace cuatro años el cuerpo de agua del humedal cubría 16 ha. Actualmente, su zona inundable ocupa menos de 7 ha, esta reducción del área inundable es producto de la presión ejercida por diferentes patrones antropogénicos (Cañón Amaya, Martínez, Luque, & Ariza Rincón, 2010)(Secretaría de planeación del Municipio de Cota, 2012)(Imagen 1).

### Toma de muestras

Teniendo en cuenta la climatología del municipio, que corresponde a la sabana fría, presenta una temperatura entre los 10°C y los 14°C, con un promedio de 13,5°C, influenciada por las variaciones de la altura del lugar y un comportamiento bimodal con dos periodos lluviosos en la última semana de marzo a la primera semana de mayo y durante los meses de octubre hasta la primera semana de diciembre, el

resto de meses corresponden a la temporada con tendencia seca (Universidad Distrital, 2009).

Siguiendo la dinámica pluvial se realizaron tres muestreos en el año 2016 correspondientes a los meses de julio, característico de la temporada de estiaje, el mes de septiembre, siendo un mes equivalente a la época de transición y el mes de octubre en donde se presenta aumento del caudal.

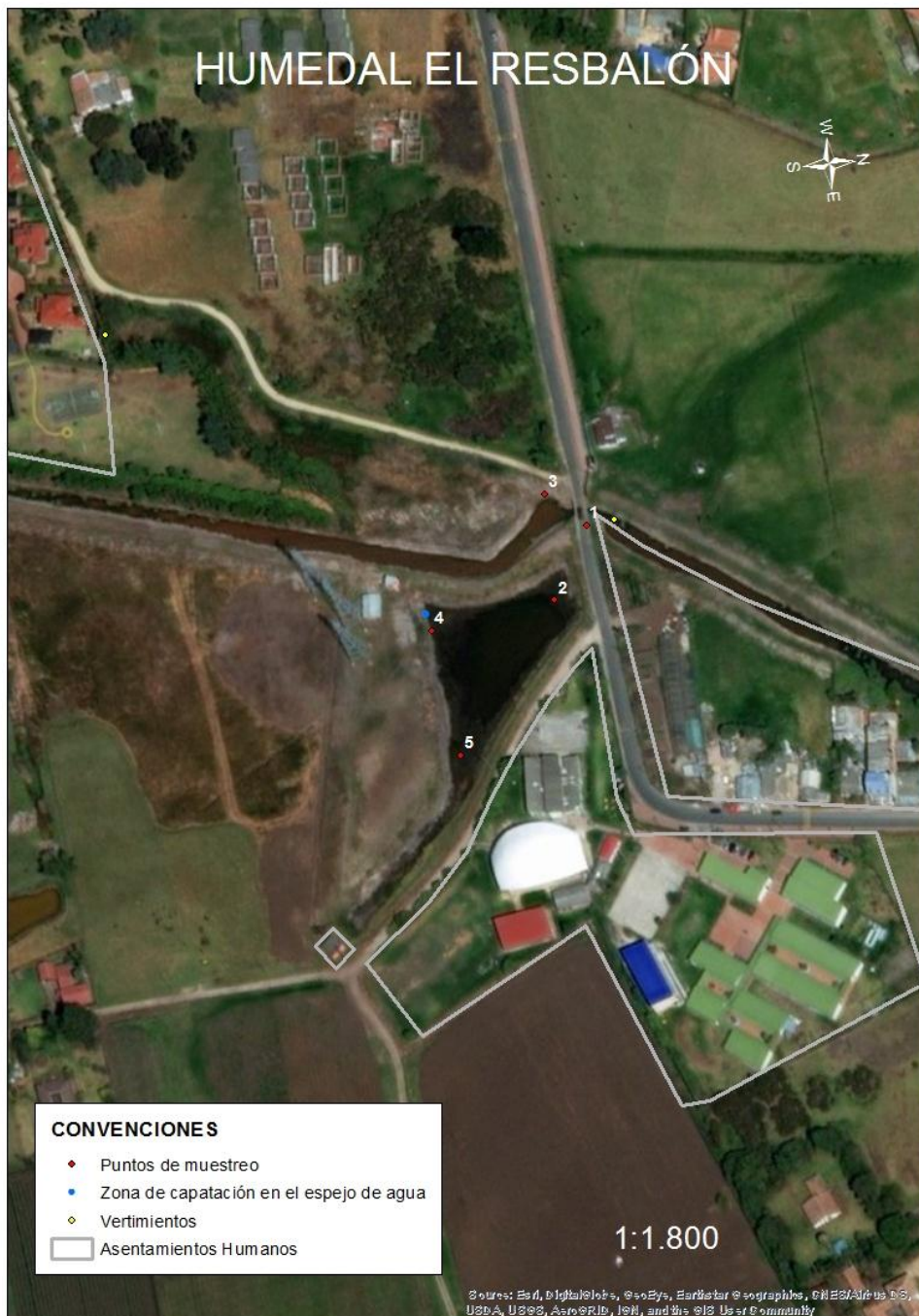
Los puntos de muestreo (Imagen 2) se determinaron a partir de un reconocimiento preliminar del área de estudio y por medio de mapas, identificando las condiciones ambientales mas relevantes del humedal, teniendo en cuenta factores como la descarga de efluentes, las áreas mas vulnerables, presencia de tensores, facilidad de acceso, una distancia equitativa entre estas y la cobertura del área del humedal (Ramírez Gonzáles, 2006)

*Tabla 1: Descripción de estaciones de muestreo.*

<b>Estación</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estación 1</b>	4°46'27.47"N; 74°8'10.34"W	Se encuentra en cercanías a una vivienda en el cual se toma este punto debido a la presencia de un tensor ambiental como lo son las descargas de efluentes
<b>Estación 2</b>	4°46'26.50"N; 74°8'10.75"W	Ubicado en cercanías una vía, por donde transitan vehículos y maquinaria pesada, además, se observa el fraccionamiento del humedal, disminuyendo la calidad y el hábitat de la fauna del humedal.
<b>Estación 3</b>	4°46'27.87"N; 74°8'10.88"W	Ubicado en la entrada del efluente del cuerpo hídrico.
<b>Estación 4</b>	4°46'26.10"N; 74°8'12.34"W	Ubicado cerca de las torres de electricidad y cerca al cultivo de hortalizas, ubicado dentro del área del humedal.
<b>Estación 5</b>	4°46'24.49"N; 74°8'11.96"W	Cerca al Colegio Parcelas y a una vivienda, los cuales son fuentes de vertimientos al humedal.

*Fuente: Autores*

*Imagen 2: Ubicación de puntos de muestreo en el humedal El Resbalón*



*Fuente: Autores*

### *Comunidad Fitoplanctónica*

La recolección de los microorganismos se realizó en 3 muestreos con 4 replicas cada uno en 5 diferentes puntos (Imagen 2), obteniendo un total de 60 muestras a partir del uso de una red cónica simple con tamaño de poro de 23  $\mu\text{m}$ , filtrando un volumen de 50 L por muestra, las cuales se envasaron en frascos plásticos de 15 mL previamente rotulados y son fijadas con solución Transeau (agua destilada, alcohol 70% y formol al 10% en proporción 6:3:1) (Arcos Pulido & Gómez Prieto, 2006); para luego, ser transportadas a las instalaciones del laboratorio de la Universidad Santo Tomás en neveras de icopor. En el laboratorio fueron

homogeneizadas manualmente por agitación, seguido de esto, por cada muestra se extrajeron 7 alícuotas de 1mL usando una micropipeta (Gómez, Donato, Guasch, Mateo, & Sabater, 2009), dichas alícuotas basadas en la curva de acumulación de especies, luego por goteo se realiza la observación e identificación a partir de dos barridos de toda el área de la laminilla de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha y viceversa, contando la presencia de los individuos por cada taxón a nivel de morfotipo, con un cambio de aumento en el microscopio de 10X hasta de 40X, donde las identificaciones están basadas en claves de fitoplancton tales como (Streble & Krauter, 1987), (Whitford. & Schumacher., 1969), (Guiry & Guiry, 2017), (Suthers & Rissik, 2009), (Pereira, Reyes, & Kramm, 2000) y (González de Infante, 1988).

### *Variables fisicoquímicas*

Se determinaron variables fisicoquímicas en cada uno de los puntos, entre los cuales se obtuvieron el oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), el nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>), el Nitrógeno total (NT), nitritos (NO<sub>2</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>), ortofosfatos (PO<sub>4</sub>) y el fósforo total (FT), estos datos se obtuvieron mediante un laboratorio registrado en la cámara de comercio de Bogotá llamado CYANAM S.A.S, encargado de consultoría y análisis ambiental. También, se recopilaron los datos de pH y de temperatura mediante una sonda multiparamétrica de campo.

### **Análisis de datos**

Se realizó una curva de acumulación a partir de las morfoespecies obtenidas en los diferentes muestreos, puntos de muestreo y alícuotas analizadas, esto con el fin de soportar que se obtuvo una cantidad representativa de morfoespecies de la comunidad fitoplanctónica del humedal, dejando en evidencia el esfuerzo del muestreo realizado, mediante el uso del software estimateS 9.1.0. (Jiménez Valverde & Hortal, 2003).

Seguido de esto se determinan las morfoespecies dominantes, ocasionales, constantes y raras, a partir de la frecuencia y abundancia relativa en porcentaje de cada una, contando para este análisis, el total de los morfotipos identificados, lo cual permite evidenciar la composición y la estructura de la comunidad (González Acosta, 1998).

*Tabla 2: Descripción de tipos de morfoespecies a nivel de estructura de la comunidad.*

<b>Morfoespecies Dominantes</b>	Aquellas cuyos valores de abundancia y frecuencia relativa rebasan la media aritmética en ambos estimadores.	(González Acosta, 1998), (Cortés Pineda, 2010)
<b>Morfoespecies Constantes</b>	Cuya abundancia relativa no sobrepasa el valor promedio pero si, en relación a la frecuencia relativa de aparición.	

<b>Morfoespecies Ocasionales</b>	Abundancia relativa mayor al valor promedio de esta variable, pero con valores de aparición inferiores al promedio de la frecuencia relativa.	
<b>Morfoespecies Raras</b>	Baja abundancia y frecuencia relativa de aparición, ambos valores por debajo de la media aritmética.	

*Fuente: Autores*

Adicionalmente se determinan los índices de diversidad, para caracterizar la estructura de la comunidad (Cortés Pineda, 2010), calculados mediante el software PAST 3.0 con intervalos de confianza del 95%, determinando el índice de riqueza de Margalef, el cual relaciona el número de morfotipos de acuerdo con el total de individuos (Moreno, 2001); el índice de equidad de Shannon, el cual está basado en determinar el número de individuos de una morfoespecie específica con relación a todos los individuos colectados; el índice de dominancia de Simpson, la cual se basa en la equidad relacionada con la máxima diversidad esperada (Harmer, 2012) y el índice de Chao1, que permite determinar la estructura de la comunidad a partir del número total de especies incluyendo las morfoespecies raras (Espinosa Escalante, 2003).

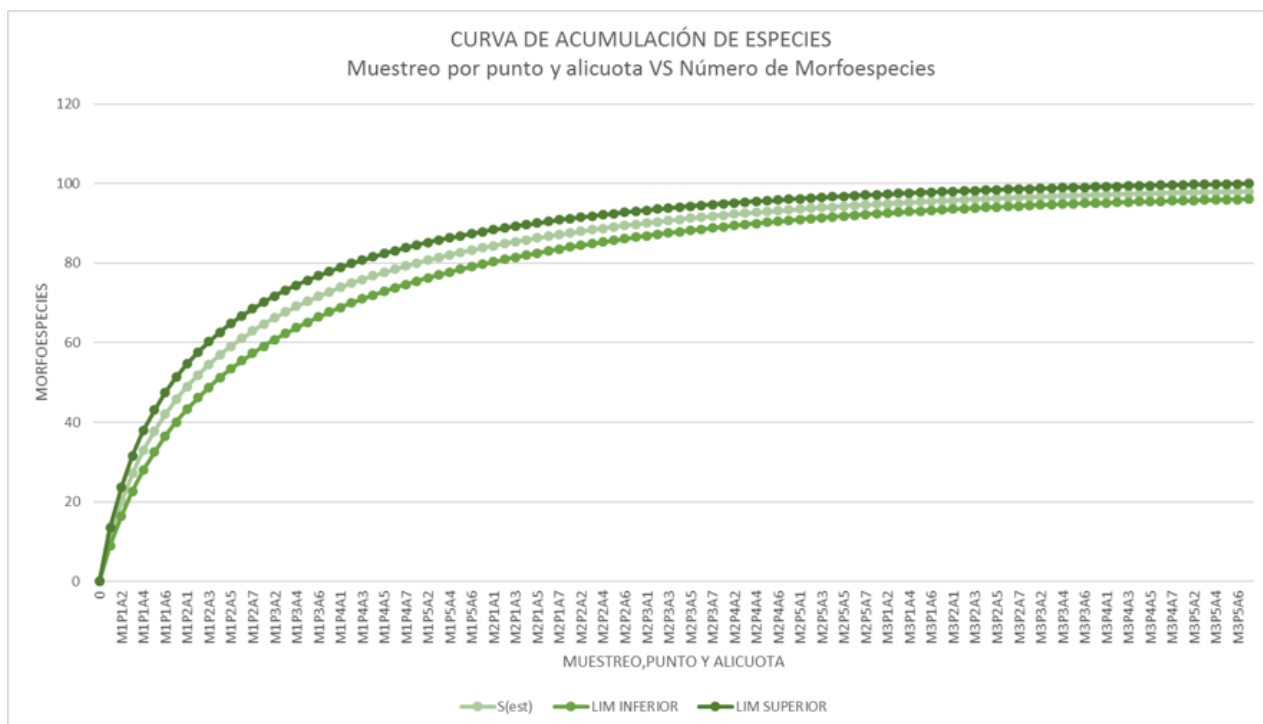
Para determinar los posibles patrones de organización se realizó un análisis de clasificación cuantitativo mediante el índice de similitud de Bray-Curtis, usando como técnica de agrupamiento el ligamento promedio no ponderado (UPGMA), los análisis se efectuaron a partir de la matriz de abundancia por muestreos y puntos de muestreo, calculados con software PAST 3.0. (Castro Roa, 2009)

También se aplicaron análisis estadísticos univariados utilizando IBM SPSS Statistics 2.4, donde los datos fueron probados para determinar si presentaban una distribución normal a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, como los datos no siguieron dicha distribución, se utilizaron análisis no paramétricos. Para comprobar las correlaciones se utilizó el coeficiente de correlación  $\rho$  de Spearman. (Hemraj, Hossain, Ye, Qin, & Leterme, 2017).

## **Resultados**

*Gráfico1: Curva de acumulación de especies*





Fuente: Autores

Mediante el gráfico 1, se evidencian los diferentes muestreos, puntos de muestreo y alícuotas, evidenciando el aumento de la cantidad de microorganismos a medida que se determinaban las morfoespecies raras, observando un comportamiento exponencial inicial de la grafica hasta llegar al comportamiento asintótico, con un total de 101 morfoespecies colectadas, indicando que el esfuerzo muestral realizado, es suficiente al igual la cantidad de morfoespecies obtenidas para conocer la estructura de la comunidad de fitoplancton del humedal El Resbalón.

Tabla 3: Morfoespecies Ocasionales

Phylum	Morfoespecies Ocasionales	Abundancia Relativa %	Frecuencia Relativa %
Chlorophyta	<i>Gloeocystis</i> sp2	1,191	0,896
	<i>Stigeoclonium</i> sp1	1,040	0,597
Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> sp3	1,032	0,896
	<i>Stauroneis</i> sp1	1,267	0,896
Cyanobacteria	<i>Stigonema</i> sp1	1,938	0,597

Fuente: Autores

Tabla 4: Morfoespecies Dominantes

Phylum	Morfoespecies Dominantes	Abundancia Relativa %	Frecuencia Relativa %
Chlorophyta	<i>Characium</i> sp3	1,166	1,194
	<i>Chlorhomidium</i> sp1	2,583	2,388
	<i>Rhizoclonium</i> sp3	2,416	1,194
	<i>Ulothrix</i> sp1	1,711	1,493
Bacillariophyta	<i>Actinella</i> sp1	2,206	1,493
	<i>Fragilaria</i> sp1	3,053	2,090
	<i>Navicula</i> sp2	4,160	3,881
	<i>Neidium</i> sp1	1,350	2,388
	<i>Nitzschia</i> sp1	1,048	1,194
	<i>Nitzschia</i> sp2	4,378	2,388
Euglenophyta	<i>Phacus</i> sp1	1,191	2,090
	<i>Trachelomonas</i> sp2	2,399	2,985
Cyanobacteria	<i>Lyngbya</i> sp1	5,310	2,388
	<i>Microcystis</i> sp1	7,146	1,194
	<i>Oscillatoria</i> sp4	3,204	2,687
	<i>Polycistis</i> sp1	29,039	2,687
	<i>Phormidium</i> sp1	3,540	1,493
Ochrophyta	<i>Closterium</i> sp4	1,124	2,090

Fuente: Autores

Tabla 5: Morfoespecies Constantes

Phylum	Morfoespecies Constantes	Abundancia Relativa %	Frecuencia Relativa %
Chlorophyta	<i>Characium</i> sp1	0,4613	1,1940
	<i>Scenedesmus</i> sp2	0,0923	1,1940
Rhodophyta	<i>Sheatia</i> sp1	0,1007	1,1940
Bacillariophyta	<i>Navicula</i> sp1	0,4110	1,1940
	<i>Nitzschia</i> sp4	0,4194	1,4925
	<i>Tabellaria</i> sp1	0,8220	1,1940
Euglenophyta	<i>Euglena</i> sp1	0,1845	1,1940
	<i>Lepocinclis</i> sp1	0,6626	1,4925
	<i>Lepocinclis</i> sp2	0,4613	1,4925
	<i>Phacus</i> sp3	0,6543	1,4925
	<i>Trachelomonas</i> sp3	0,1678	0,8955
Charophyta	<i>Closterium</i> sp1	0,7130	2,3881
	<i>Closterium</i> sp2	0,3355	1,1940
	<i>Closterium</i> sp3	0,9814	2,3881
	<i>Closterium</i> sp5	0,5452	1,1940
	<i>Spirogyra</i> sp7	0,4110	1,4925
Ochrophyta	<i>Tribonema</i> sp4	0,4697	1,4925

Fuente: Autores

Tabla 6: Morfoespecies Raras

Phylum	Morfoespecies Raras	Abundancia Relativa %	Frecuencia Relativa %
Chlorophyta	<i>Asterococcus</i> sp1	0,025	0,597
	<i>Asterococcus</i> sp2	0,008	0,299
	<i>Binuclearia</i> sp1	0,210	0,597
	<i>Botrycoccus</i> sp1	0,067	0,299
	<i>Bulbochaete</i> sp1	0,042	0,896
	<i>Characium</i> sp2	0,268	0,896
	<i>Characium</i> sp4	0,025	0,299
	<i>Characium</i> sp5	0,294	0,597
	<i>Chlamydomonas</i> sp1	0,084	0,597
	<i>Chlorhormidium</i> sp2	0,168	0,896
	<i>Chlorhormidium</i> sp3	0,143	0,597
	<i>Coelastrum</i> sp1	0,084	0,597
	<i>Coenocystis</i> sp1	0,067	0,299
	<i>Draparnaldia</i> sp1	0,050	0,299
	<i>Gloeocystis</i> sp1	0,075	0,597
	<i>Microspora</i> sp1	0,092	0,299
	<i>Microspora</i> sp2	0,067	0,896
	<i>Microspora</i> sp3	0,470	0,896
	<i>Oedogonium</i> sp1	0,059	0,597
	<i>Oedogonium</i> sp2	0,025	0,299
	<i>Oedogonium</i> sp3	0,034	0,299
	<i>Oocystis</i> sp1	0,034	0,597
	<i>Radiofilum</i> sp1	0,017	0,299
	<i>Rhizoclonium</i> sp1	0,126	0,597
	<i>Rhizoclonium</i> sp2	0,034	0,299
	<i>Scenedesmus</i> sp1	0,101	0,597
<i>Trentepohlia</i> sp1	0,059	0,896	
<i>Trentepohlia</i> sp2	0,042	0,597	
<i>Volvox</i> sp1	0,101	0,299	
<i>Volvox</i> sp2	0,025	0,299	
Ochrophyta	<i>Dinobryon</i> sp1	0,294	0,896
	<i>Ophiocytium</i> sp1	0,059	0,597
	<i>Ophiocytium</i> sp2	0,017	0,299
	<i>Tribonema</i> sp1	0,034	0,299
	<i>Tribonema</i> sp2	0,075	0,597
<i>Tribonema</i> sp3	0,176	0,299	
Bacillariophyta	<i>Diatoma</i> sp1	0,159	0,597
	<i>Frustulia</i> sp1	0,067	0,597
	<i>Frustulia</i> sp2	0,377	0,299
	<i>Navicula</i> sp3	0,377	0,896
	<i>Neidium</i> sp2	0,512	0,896
	<i>Nitzschia</i> sp5	0,663	0,299
	<i>Nitzschia</i> sp6	0,352	0,896
<i>Pinnularia</i> sp1	0,596	0,896	
Cyanobacteria	<i>Chroococcus</i> sp1	0,310	0,597
	<i>Oscillatoria</i> sp1	0,050	0,299
	<i>Oscillatoria</i> sp2	0,512	0,299
	<i>Oscillatoria</i> sp3	0,008	0,299
	<i>Schizothrix</i> sp1	0,361	0,896
<i>synechococcus</i> sp1	0,017	0,299	
Euglenophyta	<i>Astasia</i> sp1	0,067	0,597
	<i>Euglena</i> sp2	0,059	0,896
	<i>Phacus</i> sp2	0,075	0,896
	<i>Sphaerocystis</i> sp1	0,050	0,597
	<i>Trachelomonas</i> sp1	0,017	0,597
Charophyta	<i>Arthrodesmus</i> sp1	0,025	0,597
	<i>Desmidium</i> sp1	0,243	0,896
	<i>Spirogyra</i> sp2	0,075	0,896
	<i>Spirogyra</i> sp3	0,059	0,299
	<i>Spirogyra</i> sp4	0,017	0,299
<i>Spirogyra</i> sp5	0,017	0,299	

Fuente: Autores

Se logro determinar en la tabla 4, cinco phylums que contienen a 18 morfoespecies las cuales son consideradas dominantes en la comunidad, donde las mas representativas son la *Navicula sp2*, *Lyngbya Sp1*, *Polycistis Sp1*, adicionalmente se observa que la mayor cantidad de morfoespecies dominantes son pertenecientes de los phylums Bacillariophyta y Cyanobacteria, a pesar de que la mayor diversidad de morfotipos, se presentó en relación a las Chlorophytas con 38 morfotipos identificados, en cambio, solo se determinaron 19 morfotipos de las Bacillariophytas y

12 pertenecientes a las Cyanobacterias, otros phylums como Euglenophyta, Ochrophyta, Charophyta y Rhodophyta se obtuvieron 12, 7, 12 y 1 morfotipos respectivamente.

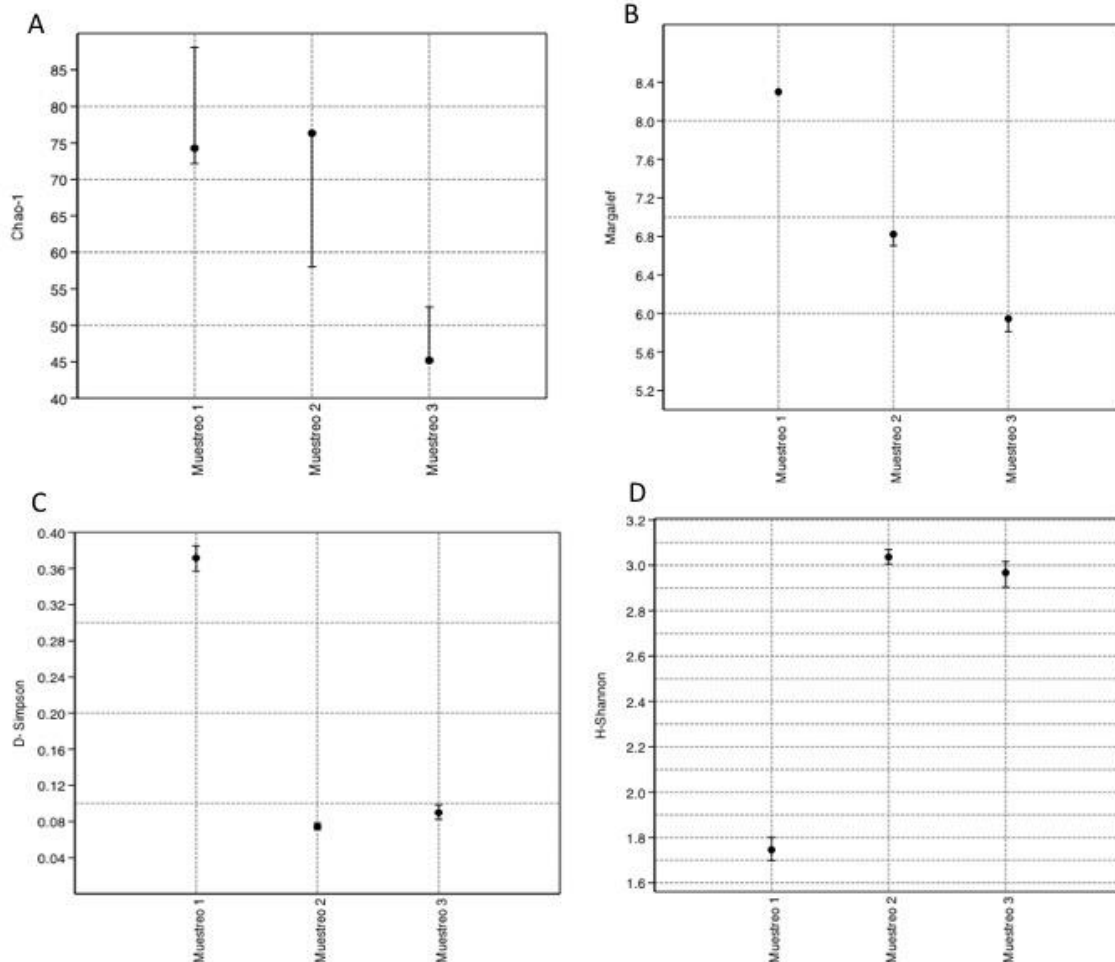
En cuanto a los demás grupos (Tabla 2), se presentan la aparición de 2 phylums y 61 morfotipos donde los morfotipos mas representativos fueron *Asterococcus sp2*, *Oscillatoria sp3* y *Radiofilum sp1*, los cuales pertenecen al grupo de las morfoespecies raras (Tabla 6). Con base a la densidad observada se determino que para las morfoespecies ocasionales (Tabla 3), se observaron 3 phylums y 5 morfotips y en las morfoespecies constantes (Tabla 5) se observo que esta poseía 7 phylums y un total de 17 morfoespecies.

Adicionalmente, por medio del estadístico de Correlación de Spearman se determinó que las morfoespecies contenidas en los grupos dominantes y raras (Tablas 4 y 6) cuentan con variables fisicoquímicas que poseen un alto índice de asociación.

Entre las morfoespecies dominantes se logró evidenciar que el *Polycistis Sp1* tenía un índice de asociación de Spearman de  $\rho = 0,647$  ( $p < 0,01$ ) con relación a los nitratos es decir, que esta especie es altamente resistente a la presencia de nitratos. Por otro lado, la morfoespecie *Lyngbya Sp1* tiene una asociación negativa con el Oxígeno Disuelto teniendo esta un valor de Spearman  $\rho = -0,549$  ( $p < 0,05$ ) y también con los nitritos con un valor de Spearman  $\rho = -0,584$  ( $p < 0,05$ ) dejando en evidencia, que esta morfoespecie puede estar presente en bajos niveles de oxígeno disuelto, pero no en concentraciones altas de nitritos; En el análisis de la morfoespecie *Navicula Sp2* se observó, que no poseía una asociación directa con ningún parámetro fisicoquímico pero si tenía altas asociaciones con morfoespecies como lo fueron *Phormidium Sp1*, *Neidium Sp2*, *Nitzschia Sp3*, *Nitzschia Sp6* y *Stauroneis Sp1*, donde se logra deducir que estos morfotipos tienen muchas similitud en cuanto a valores de correlación y por tanto se puede decir que estos morfotipos crecen de maneras similares y en ambientes que crece la *Navicula Sp2* también es probable encontrar el resto de especies.

En cuanto al grupo de especies llamado Morfoespecies Raras (Tabla 6) se logró determinar, que poseían una alta asociación con muchas morfoespecies donde posiblemente si estas aumentaban también lo hacían las demás o que cuando se evidenciaba la presencia de una morfoespecies rara otra también aparecía, como es el caso de *Asterococcus Sp2* con un alto nivel de asociación con respecto a morfoespecies como *Oscillatoria Sp1*, Spearman  $\rho = 1,00$  ( $p < 0,01$ ), *Oscillatoria Sp2* Spearman  $\rho = 1,00$  ( $p < 0,01$ ), *Oscillatoria Sp3* Spearman  $\rho = 1,00$  ( $p < 0,01$ ), *Oedogonium Sp3*, Spearman  $\rho = 1,00$  ( $p < 0,01$ ), *Characium sp4* Spearman  $\rho = 1,00$  ( $p < 0,01$ ); también para la *Oscillatoria sp3* se evidenciaron los siguientes morfotipos como los que más poseen una asociación con *Oedogonium Sp3*, *Oscillatoria Sp1*, *Characium Sp4* con Spearman  $\rho = 1,00$  ( $p < 0,01$ ).

*Grafico 2: Índices de Diversidad*

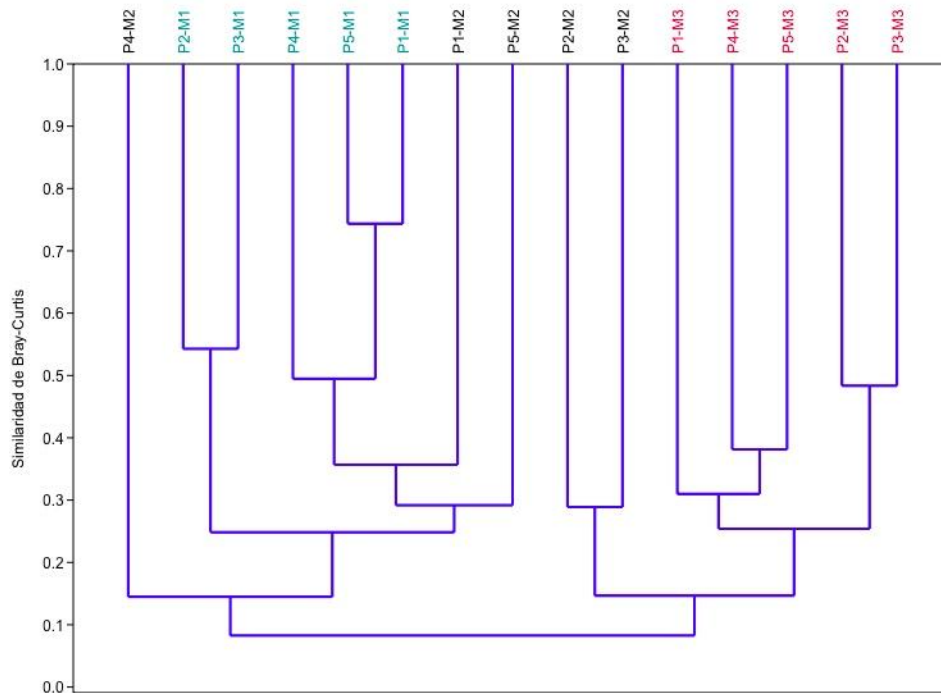


Fuente: Autores

Mediante el gráfico 2A que corresponde al índice de Chao1, permite dar a conocer la estructura de la comunidad de fitoplancton a partir de la cantidad de morfoespecies raras y comunes, observando que la mayor diversidad se presentó en el primer muestreo con un valor promedio de 74 y un valor máximo de 88, el cual estuvo representado por la abundancia de morfotipos de *Polycystis Sp1* (52%), *Microcystis Sp1* (16%), *Lyngbya Sp1* (3,6%), *Navicula Sp2* (2,81%), evidenciando además, que para este muestreo los phylum de estos morfotipos relevantes fueron únicamente de *Cyanobacteria* y *Bacillariophyta*, este comportamiento se ve reflejado en los gráficos 2B y 2C, mostrando los valores de mayor riqueza y mayor dominancia con valores de 4 y 8,3 respectivamente; por otro lado, el segundo muestreo se determinó un valor promedio y máximo de 76 morfotipos (gráfico 2A) que estuvo caracterizado por los morfotipos de *Polycystis Sp1* (16,15%), *Microcystis Sp1* (7,7%), *Rhizoclonium Sp3* (5,8%), *Navicula Sp2* (5,75%) y *Chlorhormidium Sp1* (5,61%), pertenecientes a los phylums de *Chlorophyta*, *Cyanobacteria* y *Bacillariophyta*, en donde la riqueza de dichos morfotipos disminuye (gráfico 2B), este comportamiento fue debido a que este muestreo tuvo la mayor equidad identificada a partir del índice Shannon con un valor de 3,0, o la menor dominancia observada en el índice de Simpson con un valor promedio de 0,07; finalmente el tercer muestreo presentó los menores valores en cuanto a la cantidad de morfotipos (gráfico 2A) con un valor promedio de 45 y máximo de 52, un valor de 5,9 de riqueza (gráfico 2B) y estuvo representado por los morfotipos de *Nitzschia Sp2* (23,6%), *Trachelomonas Sp2* (9,9%), *Ulothrix Sp1*

(7,4%), *Gloeocystis Sp2* (6,46%), *Characium Sp3* (6,1%) que hacen parte de los phylums de *Bacillariophyta*, *Euglenophyta* y *Chlorophyta*.

**Grafico 3: Dendograma de similitud de la composición y abundancia del fitoplancton en los diferentes puntos y muestreos**

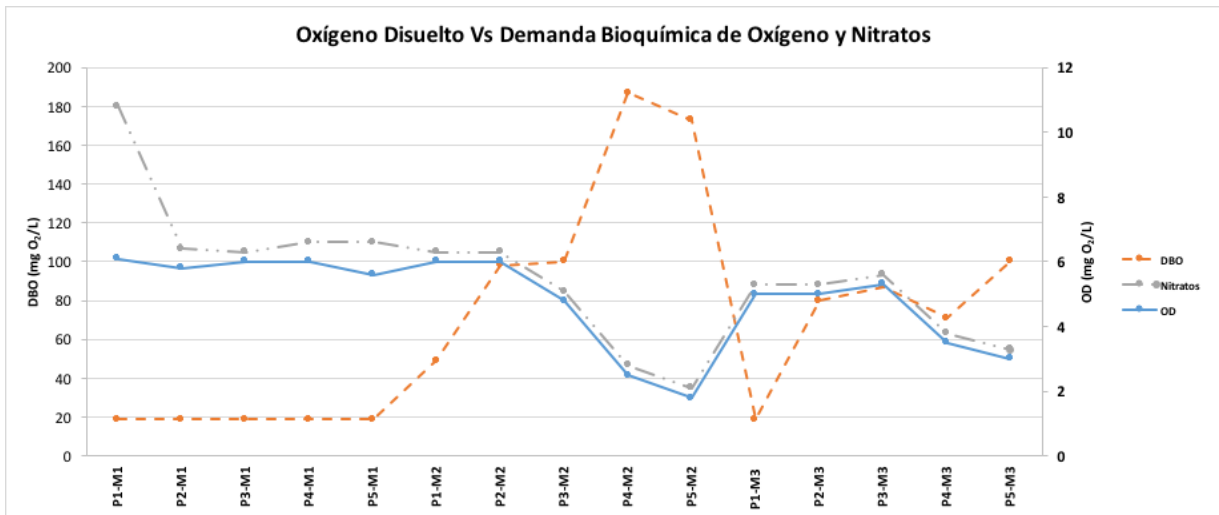


*Fuente: Autores*

Mediante el Grafico 3 es posible evidenciar las agrupaciones que se generan por la composición y la abundancia de los morfotipos algales en los diferentes puntos y muestreos, observando que tanto el primer muestreo como el tercer muestreo presentaron similitudes entre sus puntos, donde por el contrario el segundo muestreo tuvo diferencias ya que los punto 4, 5 y 1 generaron mayor similitud con los puntos del primer muestreo y los puntos 2 y 3 con respecto al tercer muestreo. Por otro lado, los puntos 5 y 1 del primer muestreo fueron aquellos que tuvieron mayor similitud con un valor de 0,77, seguido por los puntos 2 y 3 del primer muestreo con un valor de 0,5.

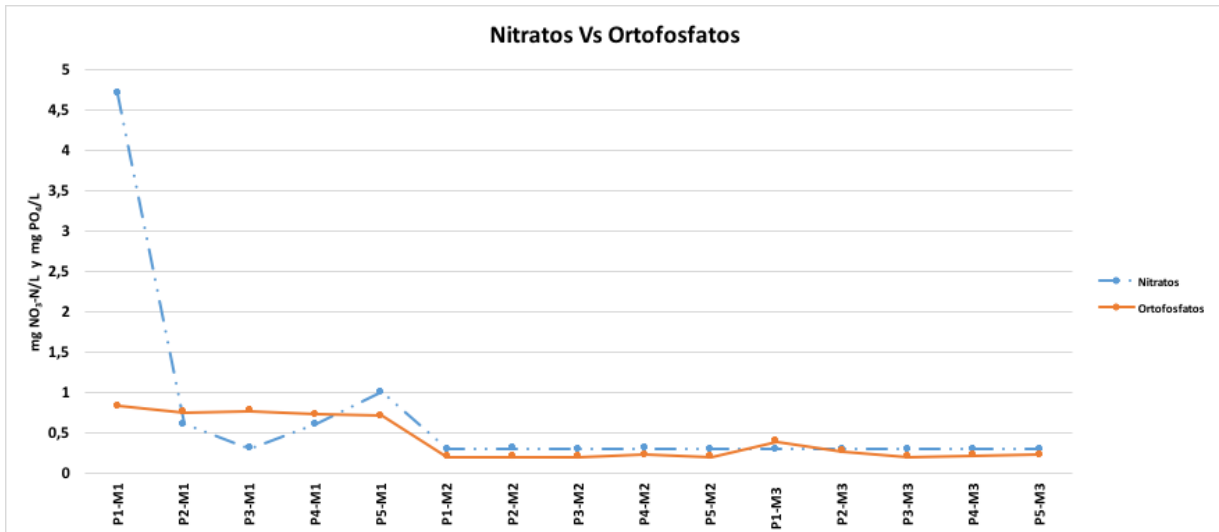
### **Variables Fisicoquímicas**

**Grafico 4: El Oxígeno Disuelto respecto a la Demanda bioquímica de oxígeno y los Nitratos.**



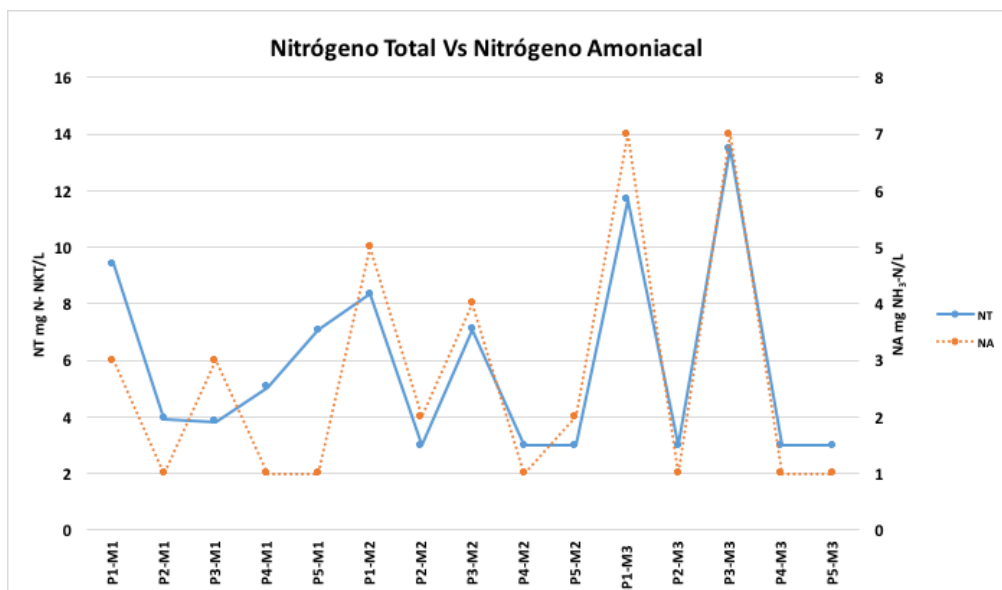
Fuente: Autores

Gráfico 5: Concentraciones de Nitratos y Ortofosfatos en los diferentes puntos y muestreos.



Fuente: Autores

Gráfico 6: Concentraciones de Nitrógeno Total y Nitrógeno Amoniacal en los diferentes puntos y muestreos.



Fuente: Autores

Se evidenció que el Oxígeno Disuelto se correlacionó negativamente con la Demanda Bioquímica de Oxígeno con Spearman  $\rho = -0,713$  ( $p < 0,01$ ) y de forma positiva con los Nitratos Spearman  $\rho = 0,596$  ( $p < 0,05$ ); donde en los puntos 4 y 5 del segundo muestreo los valores de Oxígeno Disuelto estuvieron por debajo del valor referente al criterio de calidad para la preservación de flora y fauna estipulado en el Decreto 1076 del 2015, teniendo como mínimo un valor de 5 mg O<sub>2</sub>/L, donde en estos puntos se obtuvieron valores de 2,5 y 1,8 mg O<sub>2</sub>/L en el segundo muestreo 3,5 y 3 mg O<sub>2</sub>/L en el tercer muestreo en los puntos ya mencionados, en relación a las concentraciones de DBO fueron altas con un promedio de 70,6 mg O<sub>2</sub>/L, los valores más elevados se presentaron en los puntos donde el oxígeno disuelto fue más bajo con valores de hasta 187 mg O<sub>2</sub>/L (Grafico 4).

Los Nitratos y los Ortofosfatos se correlacionaron negativamente con la DBO con Spearman  $\rho = -0,530$  ( $p < 0,05$ ) y  $\rho = -0,748$  ( $p < 0,01$ ), pero estos dos parámetros presentaron una correlación muy significativa con Spearman  $\rho = 0,702$  ( $p < 0,01$ ) (Grafico 5); evidenciado que los Nitratos y los Ortofosfatos en los diferentes puntos del primer muestreo, presentaron los valores más altos sobre todo en el primer punto con un valor de 4,7 mg NO<sub>3</sub>-N/L y 0,82 mg PO<sub>4</sub>/L, pero en general los nitratos poseen niveles adecuados para la conservación de la fauna y flora (Digesa, 2008) con valores que oscilaron entre 0,29 a 4,7 NO<sub>3</sub>-N/L con un promedio de 0,67 mg NO<sub>3</sub>-N/L; por otra parte los Ortofosfatos tuvieron concentraciones que oscilaron de 0,19 a 0,82 mg PO<sub>4</sub>/L con un promedio de 0,4 mg PO<sub>4</sub>/L, teniendo concentraciones elevadas (Chapman, 1996).

Por último el Nitrógeno Amoniacal se correlaciono positivamente con el Nitrógeno Total con un valor de  $\rho = 0,710$  ( $p < 0,01$ ), donde el nitrógeno total se evidenciaron altas concentraciones con valores de 3 a 13,5 mg N- NKT/L, evidenciando altas concentraciones de nitrógeno sobre todo en los puntos 1 en todos los muestreos y el punto 3 en los dos últimos muestreos, en relación al nitrógeno amoniacal también se evidenciaron altas concentraciones con valores de 1 a 7 mg NH<sub>3</sub>-N/L (Grafico 6) (Facultad de ciencias exactas y naturales, 2005) (Digesa, 2008).



Las demás variables no presentaron correlaciones pero tuvieron altas concentraciones, como el Fosforo Total que varían de 0,19 a 0,58 mg P/L presentando los mayores valores en el punto 1 de los dos últimos muestreos, al igual que la Demanda química de Oxígeno con valores de 19 a 83 mg O<sub>2</sub>/L se tuvieron en el primer y segundo muestreo, evidenciando que las variaciones más grandes se presentaron en el punto 1 de tercer muestreo y en el punto 4 del primer muestreo y los nitritos presentaron altas concentraciones en los puntos 1 y 2 del segundo muestreo con valores de 0,1 y 0,24 mg NO<sub>2</sub>-N/L y en el punto 5 del primer muestreo con una concentración de 0,15 mg NO<sub>2</sub>-N/L pero en general los niveles de nitritos en el humedal fueron adecuadas para la conservación de la vida acuática y el ecosistema, como también lo fueron los valores de temperatura y pH, la temperatura oscilo de 16,6 a 21,5°C y el pH tuvo valores de 6 a 8 (Sierra Ramírez, 2011).

## Discusión

Se ha evidenciado que en este tipo de cuerpos hídricos, que cuando se tiene una tendencia hacia la eutrofia, el crecimiento microalgal se manifiesta con un reemplazo de las especies de Chlorophytas por Cyanobacterias (Quiroz Catelán, Zúñiga, Molina Astudillo, & García Rodríguez, 2009), este comportamiento se presenta en este humedal, ya que a pesar de que se obtuvo mayor diversidad de morfoespecies de Chlorophytas con 38 morfotipos, estos presentaron baja abundancia del 14% y las Cyanobacterias presentaron 12 morfoespecies y la mayor abundancia de hasta el 51% del total de los individuos identificados, siendo estos las divisiones o phylums más representativas junto con Bacillariophytas con un 23% y Euglenophytas con un 6%. Donde la primera es indicadora de un estado mesotrófico, las cianobacterias comunes en cuerpos hídricos mesotróficos y eutróficos, las Bacillariophytas considerado un phylum con especies cosmopolitas, por lo que es posible encontrarlas en variedad de condiciones ambientales y la última se encuentra usualmente en cuerpos ricos en materia orgánica en descomposición (C. Vásquez, Ariza, & Pinilla, 2006)(Castro Roa, 2009)(Ardalan, 2012).

Adicionalmente, se evidenciaron las morfoespecies representativas tanto por su abundancia, frecuencia y su aporte en la caracterización del ecosistema mediante los índices de diversidad, como lo es el *Polycystis Sp1* y el *Microcystis Sp1* las cuales, hacen parte de la división de Cyanobacterias, siendo de gran relevancia en el estudio al ser unas de las morfoespecies muy dominantes (Tabla 4), indicadora de procesos de eutrofia (Quiroz Catelán et al., 2009), con tolerancia a las elevadas concentraciones de nitrógeno como se evidenció anteriormente en la correlación significativa con los Nitratos, y potencialmente toxicas debido a que genera cianotoxinas al medio, causando la muerte de peces y ende desequilibrios ecosistémicos (UNESCO, 2009)(Li, Xie, Zhang, Tao, & Deng, 2017).

Otras morfoespecies fueron la *Lyngbya Sp1*, que como las anteriores también hace parte del phylum Cyanobacteria, donde a partir de las correlaciones se afirma que puede soportar bajos niveles de oxígeno y está presente en bajas concentraciones de Nitritos, disminuyendo su abundancia en sitios en donde la concentración de nitrógeno incrementó, el cual es un bioindicador de mesotrofia (García, Vicente, & Miracle, 1984)(Ardalan, 2012).

La *Navicula sp2*, morfoespecie de la división de las Bacillariophytas y considerada como dominante en el estudio, la cual, a pesar de no haber generado asociaciones significativas con las variables fisicoquímicas, este género es considerado como indicador de aguas altamente contaminadas, estando presente en aguas residuales, por lo que su tolerancia a los contaminantes es elevada (Hernández Pérez & Labbé, 2014); donde la *Nitzschia Sp2*, morfoespecie del mismo phylum y representativa en el humedal, según literatura y soportado en este estudio, estos géneros son encontrados usualmente en las mismas características ambientales, evidenciando su relación a partir de las mencionadas correlaciones significativas con morfoespecies de este género, donde de igual forma, son consideradas como bioindicadoras de aguas altamente polutas, por su capacidad de soportar altos contenidos materia orgánica en descomposición (Castro Roa, 2009).

Por otra parte, morfoespecies del phylum Chlorophytas se destacaron el *Asterococcus sp2* al ser una especie rara, la cual tuvo una gran asociación con el género *Oscillatoria*, la cual es un género indicador de mesotrofia (C. Vásquez et al., 2006), otras morfoespecies como *Rhizoclonium Sp3* y *Ulothrix Sp1* se dan en la presencia de aguas con elevadas concentraciones de nutrientes cerca de explotaciones ganaderas y agrícolas (González Moreno & Giménez Giménez, 2014) evidenciando que aguas arriba de la entrada del efluente del río Chicú hay presencia de explotación ganadera y en el área del humedal hay presencia de cultivos de hortalizas (Tabla 1) pero esta última en condiciones de menor Demanda Bioquímica de oxígeno (Spearman  $\rho = -0,634$  ( $p < 0,05$ )) ya que es característica de lagos con concentraciones de Oxígeno Disuelto altas (Streble & Krauter, 1987).

En relación a las variables fisicoquímicas se evidenciaron altas concentraciones en la Demanda Bioquímica de Oxígeno, por la cual estuvo limitada la productividad del fitoplancton, al generar bajas concentraciones de Oxígeno Disuelto, estas disminuciones son debido a que para la descomposición y estabilización de dicha materia orgánica es consumido este gas, produciendo una desoxigenación en el agua (C. Vásquez et al., 2006), presentándose sobre todo en los puntos 4 y 5 del segundo muestreo dichos puntos son lo que presentan una mayor influencia en el humedal al estar en cercanía al Colegio Parcelas, además, se tuvo una alta tendencia en las concentraciones de nutrientes de ortofosfatos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total y fosforo total.

Dichos cambios generados en los parámetros fisicoquímicos han generado procesos que van de mesotrofia a eutrofia en el ecosistema, los cuales son producto de la gran actividad antropogénica que se encuentra influenciado el humedal, evidenciando agricultura y por ende uso de fertilizantes, aumentando la carga de nutrientes. Adicionalmente, El Resbalón es alimentado por el Río Chicú, el cual recibe altas cargas de contaminación por las zona industrial de este municipio además de cargas orgánicas generadas por el urbanismo, donde dicho proceso es acelerado debido a la baja cobertura de las plantas de tratamiento del municipio.

## Conclusiones

- A partir de la determinación de los bioindicadores de las morfoespecies más representativas, se puede afirmar que el estudio logro demostrar el estado ecológico del humedal el cual presenta procesos de mesotrofia a eutrofia,

adicionalmente mediante el análisis fisicoquímico, se evidenciaron altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica en descomposición producto de la fuerte presión antropogénica que presenta el humedal.

- Se logró determinar que la presencia de fitoplancton en el humedal se ve afectado por las temporadas climáticas, donde la temporada de estiaje presentó la mayor riqueza de estos microorganismos, debido a que es la temporada donde su productividad incrementa a partir de los procesos biológicos y fotosintéticos, como también la influencia de variables fisicoquímicas evidenciando adaptabilidad a las condiciones ambientales que presenta el humedal.
- A partir del análisis de los muestreos mediante los índices de diversidad, se obtuvieron altos valores en cuanto a la riqueza de morfespecies en el primer muestreo pero también alta dominancia, el segundo muestreo evidenció riqueza media en comparación con el anterior y la mayor equidad, por último el tercer muestreo presentó baja dominancia pero también baja riqueza; afirmando que el humedal presenta una diversidad media.
- Por medio de la curva de acumulación de especies se pudo concluir que se identificaron la cantidad suficiente de morfotipos, afirmando que el estudio tiene validez y permite conocer la estructura del humedal, como también puede ser comparado con otros estudios ecológicos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Santo Tomás y a los profesores que contribuyeron con su apoyo para esta investigación.

## Bibliografía

- Arcos Pulido, M. del P., & Gómez Prieto, A. C. (2006). Microalgas perifíticas como indicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *Universidad Del Colegio Mayor de Cundinamarca*, 4(6), 60–79.
- Ardalan, A. A. (2012). Cyanobacterial community patterns as water quality Bioindicators. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(4), 876–891.
- Cañón Amaya, A. María., Martínez, D. A., Luque, G. M., & Ariza Rincón, L. A. (2010). *Informe de visita de campo N°022*. Bogotá.
- Castro Roa, D. (2009). *Desarrollo De Un Índice De Diatomeas Perifíticas Para Evaluar El Estado De Los Humedales De Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cerón Hernández, V. A. (2011). Estructura y dinámica de comunidades microalgales asociadas a lagunas facultativas secundarias en la estación de investigación y transferencia de tecnología en aguas residuales y reuso, municipio de ginebra, valle del cauca. *Universidad Del Valle*, 4–32.
- Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments - A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. *University Press, Cambridge*, 2(1), 80–130.
- Cortés Pineda, F. A. (2010). *Estratificación vertical y distribución horizontal de la*

- comunidad macronfaunal sublitoral en los sedimentos marinos. Universidad Nacional de Colombia.
- Cortolima, C. (2007). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del río Totare* (Vol. 2).
- Digesa. (2008). *Estándares de calidad ambiental de agua - Conservación del ambiente*.
- Espinosa Escalante, T. (2003). *¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao*. Facultad de ciencias, UNAM.
- Facultad de ciencias exactas y naturales. (2005). *Limnología: Guía de trabajos prácticos*. Buenos Aires.
- García, M. P., Vicente, E., & Miracle, M. R. (1984). Sucesión estacional del Fitoplancton de la Albufera de Valencia. *Universidad de Murcia*, 2, 91–100.
- Gómez, N., Donato, J. C., Guasch, H., Mateo, P., & Sabater, S. (2009). La biota de los ríos: Los microorganismos autótrofos. In *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* (pp. 219–240). Fundación BBVA.
- González Acosta, A. F. (1998). *Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar de estero El Conchalito, Ensenada de la paz, Baja California Sur, México*. Instituto Politécnico Nacional.
- González de Infante, A. (1988). *El Plancton de las aguas continentales*. Washington, DC.: Secretaría general de la organización los Estados Americanos.
- González Moreno, P. A., & Giménez Giménez, A. (2014). *Planta demostración de depuración de aguas residuales con microalgas*. Universidad de Almería.
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2017). AlgaeBase. World-wide electronic publication. Retrieved February 8, 2017, from <http://www.algaebase.org>
- Harmer, O. (2012). Manual de Referencia de PAST. *University of Oslo*, 117–129.
- Hemraj, D. A., Hossain, M. A., Ye, Q., Qin, J. G., & Leterme, S. C. (2017). Plankton bioindicators of environmental conditions in coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 184, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.10.045>
- Hernández Pérez, A., & Labbé, J. I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 49(2), 157–173.
- Heynes Silerio, S. A., González Elizondo, M. del S., Ruacho González, L., González Elizondo, M., & López Enríquez, I. L. (2017). Vegetación de humedales del municipio de Durango, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 1–20.
- Jiménez Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151–161.
- Li, Y., Xie, P., Zhang, J., Tao, M., & Deng, X. (2017). Effects of filter-feeding planktivorous fish and cyanobacteria on structuring the zooplankton community in the eastern plain lakes of China. *Ecological Engineering*, 99, 238–245.
- Luna Pabello, V. M., & Castañeda, S. A. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *TIP: Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1), 32–55.
- Marín Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad de aguas*. (J. De Catilla, Ed.) (22nd ed.). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales Y Tesis SEA*, 1, 24–50.
- Pereira, I., Reyes, G., & Kramm, V. (2000). Cyanophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae Y Charophyceae En Arrozales De Chile.

- Gayana. Botánica*, 57(1), 1–24.
- Quiroz Catelán, H., Zúñiga, L. M., Molina Astudillo, I., & García Rodríguez, J. (2009). Variación de los Organismos Fitoplanctónicos y la Calidad del Agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México. *Universidad de Guanajuato*, 14, 1–13.
- Ramírez Gonzáles, A. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. (Pontificia Universidad Javeriana, Ed.) (20th ed.). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramsar, S. de la C. de R. (2013). Manual de la Convención de Ramsar , 6ª edición. *Ramsar*, 6, 118.
- Secretaría de planeación del Municipio de Cota. (2012). *Humedal El Resbalón*. Bogotá.
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. (L. D. Lopez Escobar, Ed.) (1a edición). Medellín: Universidad de Medellín.
- Streble, H., & Krauter, D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce "la vida en una gota de agua."* (M. R. Sant, Ed.) (Omega, S.A). Barcelona.
- Suthers, I. M., & Rissik, D. (2009). *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO.
- UNESCO. (2009). *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay*. (S. Bonilla, Ed.). Retrieved from <http://limno.fcien.edu.uy/divulgacion/manual.de.cianobacterias.pdf>
- Universidad Distrital, F. J. de C. (2009). *Plan basico de ordenamiento territorial de Cota. Alcalida de cota*.
- Vásquez, C., Ariza, a., & Pinilla, G. (2006). Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano Cundiboyacense. *Universitas Scientiarum*, 11(2), 61–75.
- Vásquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., & Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, (60), 41–48.
- Whitford., L. A., & Schumacher., G. J. (1969). *Manual of the fresh - water algae in North Carolina*. California: North Carolina agricultural experiment station.