

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 1

Neiva, 15 de noviembre de 2017

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El suscrito:

Eduardo Pastrana Granados, con C.C. No. 7719513 de Neiva, autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Determinación de los Grupos Morfo-Funcionales Fitoplanctónicos Presentes en el Embalse de Betania, Yaguará – Huila, presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Eduardo Pastrana Granados

Firma:



Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Determinación de los Grupos Morfo-Funcionales Fitoplanctónicos Presentes en el Embalse de Betania, Yaguará – Huila.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pastrana Granados	Eduardo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Gualtero Leal	Diana Maria

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos.

FACULTAD: Ingeniería.

PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos.

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2017 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 119

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos Ilustraciones en general X Grabados
 Láminas Litografías Mapas X Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones
 Tablas o Cuadros X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: N.A

MATERIAL ANEXO: N.A

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): N.A

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 3

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Betania	Betania	6. _____	_____
2. Embalse	Reservoir	7. _____	_____
3. Morfología	Morphological	8. _____	_____
4. Fitoplancton	Phytoplankton	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El estudio se realizó en dos periodos de muestreo comprendidos entre el 24/03/2013 hasta el 31/03/2013 y el segundo periodo entre el 15/06/2013 hasta el 22/06/2013, al igual que dos métodos de colecta, en siete de los sitios de muestreo y dos subembalses de muestreo. Cada una de las muestras fue fijada con Lugol y Transeau. Los resultados presentan un total de 28 especies clasificadas en 10 clases taxonómicas, siendo la Chlorophyceae la más representativa de las clases; en la mayoría de los casos la abundancia obtenida por ambos métodos fue similar. Sin embargo, existen géneros para los cuales la abundancia fue diferente en función del método de muestreo: el género *Ceratium* se observó en mayor abundancia por medio del método Botella Van Dorn. De acuerdo a la abundancia total se estableció la clasificación morfo-funcional durante los dos periodos de muestreo, en donde los Grupos V y VI fueron los más representativos. Se concluye que no existe diferencia significativa en la presencia de los grupos morfo-funcionales según el método, el sitio y periodo de muestreo, pero en este último se realizó una división entre periodos, donde se observa que en el primer periodo predomina el grupo VI y en el segundo periodo los grupos IV y V. En cambio, se presenta diferencia significativa en la presencia de los grupos morfo-funcionales entre subembalses, en donde el subembalse de Yaguará se caracteriza por tener una mayor abundancia del grupo V y el subembalse de Magdalena de los grupos IV y VI.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The study was performed in two sample periods, the first one from 03/24/2013 to 03/31/2013 and the second period from 06/15/2013 to 06/22/2013, as well as two collection methods, in seven of the sampling sites and two sampling sub-reservoirs. Each of the samples was fixed with Lugol and Transeau. The results show a total of 28 species classified into 10 taxonomic classes, being Chlorophyceae the most representative; in most cases the abundance obtained by both methods was similar. However, there are genera for which abundance was different depending on the sampling method: genus *Ceratium* was



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

observed in greater abundance by means of the Van Dorn method. Based on the total abundance, the morpho-functional classification was established during both sampling periods, where Groups V and VI were the most representative. It is concluded that there is no significant difference in the presence of morpho-functional groups according to the method, location and sampling period, but in the latter a division was made between periods, where it is observed that in the first period the group VI is predominant while groups IV and V are predominant in the second period. On the other hand, there is a significant difference in the presence of morpho-functional groups between sub-reservoirs, in which Yaguará sub-reservoir is characterized by having greater abundance of the group V and Magdalena sub-reservoir by groups IV and VI.

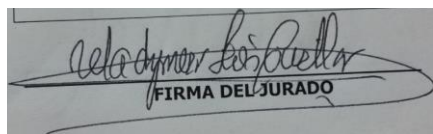
APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Jurado

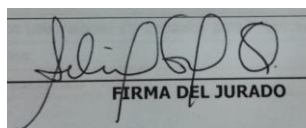
Vladymeer León Cuellar



FIRMA DEL JURADO

Jurado:

Silvia Cristina Carrera



FIRMA DEL JURADO

DETERMINACIÓN DE LOS GRUPOS MORFO-FUNCIONALES
FITOPLANCTÓNICOS PRESENTES EN EL EMBALSE DE BETANIA, YAGUARÁ –
HUILA

EDUARDO PASTRANA GRANADOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIA
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
NEIVA
2017

DETERMINACIÓN DE LOS GRUPOS MORFO-FUNCIONALES
FITOPLANCTÓNICOS PRESENTES EN EL EMBALSE DE BETANIA, YAGUARÁ –
HUILA

EDUARDO PASTRANA GRANADOS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en
Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

DIRECTORA:

DIANA MARIA GUALTERO LEAL

Bióloga

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIA

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

NEIVA

2017

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Dedicatoria

A mi luz de vida, al comienzo de este proyecto no estabas presente para motivarme e impulsarme al desarrollo de este logro, pero ahora que lo culmino eres el único y principal motivo por el cual lo finalizo. Siempre serás ese pensamiento que me dará la fortaleza para continuar y seguir adelante en alcanzar nuevos y grandes metas, gracias hija mía, para ti con todo mi amor, Ana Lucia PastrANA.

Agradecimientos

A la Universidad Surcolombiana, en especial a los Biólogos Claudia Milena Rodríguez, Juan Carlos Alonso Gonzales e Ingeniero Alfredo Olaya Amaya, por su constante e incondicional colaboración, sobre todo en el prestamos de equipos y laboratorios.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Leticia, por su colaboración en el uso de los equipos de laboratorio, en especial al aporte y conocimiento del docente Biólogo Santiago Duque.

A la Fundación Humedales, por el apoyo técnico y financiero en el desarrollo de las tareas de campo.

A la directora Bióloga Diana María Gualtero Leal, por sus aportes, paciencia y conocimientos en el cumplimiento de este Proyecto.

A mis compañeros de estudio y amigos, por sus valiosos aportes, ánimos y motivación.

A mi familia por el apoyo incondicional durante este proyecto.

Resumen

Este estudio se llevó a cabo en el embalse de Betania debido a que es uno de los ecosistemas artificiales más importantes del departamento del Huila, siendo de vital interés no solo para la generación de energía sino también para la producción piscícola, turismo, pesca artesanal, etc. La determinación de los grupos morfo-funcionales fitoplanctónicos presentes se realizó a través de la clasificación propuesta por Kruk (2010), la cual establece siete (7) grupos funcionales basados en su morfología, el estudio se realizó en dos periodos de muestreo comprendidos entre el 24/03/2013 hasta el 31/03/2013 y el segundo periodo entre el 15/06/2013 hasta el 22/06/2013, representando a su vez dos momentos hidrológicos (aguas bajas y aguas altas del embalse, respectivamente), al igual que dos métodos de colecta (Botella Van Dorn – Superficial Directa), en siete de los sitios de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas) y dos subembalses de muestreo (Yaguará, Magdalena). Cada una de las muestras fue fijada con lugol adicionando 1 ml por cada 100 ml de muestra (Cuantitativo) y con Transeau (6 de agua; 3 de alcohol al 90% y 1 de formol al 38%) adicionando 100 ml por cada 100 ml de muestra (Cualitativo). Para el análisis cuantitativo se empleó un microscopio invertido en donde se observó la muestra y se realizó el conteo de los individuos en la cámara Utermöhl, con una capacidad de 10 ml para sedimentación de la muestra, 10 ml por 10 horas (1 ml de muestra por 1 hora de sedimentación). Se hizo el conteo de hasta 100 individuos de las morfoespecies más abundantes con un porcentaje de error del 20%. Para la interpretación y análisis de los datos se manejó el programa RWizard utilizando paquetes de R. Los resultados presentan un total de 28 especies clasificadas en 10 clases taxonómicas, siendo la Chlorophyceae la más representativa de las clases; en la

mayoría de los casos la abundancia obtenida por ambos métodos fue similar. Sin embargo, existen géneros para los cuales la abundancia fue diferente en función del método de muestreo: el género *Ceratium* se observó en mayor abundancia por medio del método Botella Van Dorn. De acuerdo a la abundancia total se estableció la clasificación morfo-funcional durante los dos periodos de muestreo, en donde los Grupos V y VI fueron los más representativos aportando el 49,05 % y el 45,87 %, siendo los géneros *Ceratium* y *Melosira* los más importantes respectivamente. Se concluye que no existe diferencia significativa en la presencia de los grupos morfo-funcionales según el método, el sitio y periodo de muestreo, pero en este último se realizó una división entre periodos, donde se observa que en el primer periodo predomina el grupo VI y en el segundo periodo los grupos IV y V. En cambio, sí se presenta diferencia significativa en la presencia de los grupos morfo-funcionales entre subembalses, en donde el subembalse de Yaguará se caracteriza por tener una mayor abundancia del grupo V y el subembalse de Magdalena de los grupos IV y VI.

Abstract

This study was conducted in the Betania reservoir as it is one of the most important artificial ecosystems in the department of Huila, being of vital interest not only for electricity generation but also for fishing production, tourism, small-scale fishing, among others. The determination of present phytoplankton morpho-functional groups was carried out through the classification proposed by Kruk (2010), which establishes seven functional groups based on their morphological traits. The study was performed in two sample periods, the first one from 03/24/2013 to 03/31/2013 and the second period from 06/15/2013 to 06/22/2013, representing, in turn, two hydrological moments (low and high waters of the reservoir, respectively), as well as two collection methods (Van Dorn Bottles – Direct Method), in seven of the sampling sites (M1: New York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Turtles, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas) and two sampling sub-reservoirs (Yaguará, Magdalena). Each of the samples was fixed with lugol by adding 1 ml per 100 ml of sample (quantitative) and with Transeau (6 of water, 3 of alcohol at 90% and 1 of formalin at 38%) by adding 100 ml per 100 ml of sample (qualitative). An inverted microscope was used for the quantitative analysis, where the sample was observed and the counting of the individuals was carried out in the Utermöhl chamber with a capacity of 10 ml to sediment the sample, 10 ml per 10 hours (1 ml of sample per 1 hour of sedimentation). Up to 100 individuals of the most abundant morphospecies were counted with an error rate of 20%. Interpretation and analysis of the data were performed with RWizard software using R packages. The results show a total of 28 species classified into 10 taxonomic classes, being Chlorophyceae the most representative; in most cases the abundance obtained by both methods was similar. However, there are genera for which abundance was different depending on the sampling method: genus *Ceratium* was observed in greater abundance by means of the Van Dorn method. Based on the total abundance, the

morpho-functional classification was established during both sampling periods, where Groups V and VI were the most representative, providing 49.05% and 45.87%, being the genera *Ceratium* and *Melosira* the most important respectively. It is concluded that there is no significant difference in the presence of morpho-functional groups according to the method, location and sampling period, but in the latter a division was made between periods, where it is observed that in the first period the group VI is predominant while groups IV and V are predominant in the second period. On the other hand, there is a significant difference in the presence of morpho-functional groups between sub-reservoirs, in which Yaguará sub-reservoir is characterized by having greater abundance of the group V and Magdalena sub-reservoir by groups IV and VI.

Tabla De Contenido

Introducción	17
Marco Conceptual	22
Importancia del Estudio del Fitoplancton	22
Clasificación de los Organismos Fitoplanctónicos	23
Grupos Funcionales Fitoplanctónicos Basados en Morfología (GFBM).....	27
Generalidades de los Embalses	28
Embalses en Colombia.....	30
Embalse de Betania	31
Fitoplancton en Embalses.....	33
Fitoplancton en Embalses Colombianos	34
Fitoplancton en el Embalse de Betania	35
Objetivos	36
General	36
Específicos	36
Materiales Y Métodos.....	37
Metodología en Campo	37
Localización de puntos y periodo de muestreo.	37
Determinación de condiciones meteorológicas.	40
Toma de parámetros físicos y químicos del agua.....	41

Colección de muestra de fitoplancton.	41
Metodología en Laboratorio.....	42
Acondicionamiento de las muestras colectadas de fitoplancton.	42
Análisis de las muestras colectadas (Cualitativo).....	42
Interpretación de muestras colectadas (Cuantitativo).....	43
Análisis de información de las muestras colectadas.....	43
Análisis estadísticos de la información analizada.	45
Resultados	48
Calidad Del Agua In Situ (Físico y Química).	48
Transparencia del agua muestreada (Disco Secchi).	48
Temperatura superficial del agua.	49
pH.	50
Gas Carbónico.	51
Dureza.....	51
Alcalinidad.	52
Relación de los parámetros fisicoquímicos del agua según el periodo y sitios de muestreo.	54
Composición de la Comunidad Fitoplanctónica	56
Riqueza.	56
Abundancia.....	58
Diversidad.....	62

Determinación de los Grupos Morfo - Funcionales Fitoplanctonicos	63
Identificación de los grupos funcionales de las especies basados en su morfología (GFBM) durante los periodos de muestreo.	63
Descripción de los grupos funcionales basados en la morfología (GFBM).	64
Densidad de los grupos funcionales de acuerdo al método de captura.	65
Densidad de los grupos funcionales de acuerdo a los subembalses.	66
Densidad de los grupos funcionales de acuerdo los sitios de muestreo.	68
Densidad de los grupos funcionales de acuerdo al periodo de muestreo.	70
Abundancia de cada género para cada grupo morfo-funcional.	72
Variación Espacio Temporal de los Grupos Morfo-Funcionales Fitoplanctónicos	73
Relación entre la abundancia de géneros y el método de captura	73
Diferencia de los grupos morfo-funcionales en función del método de muestreo	75
Diferencias en la presencia de grupos morfo-funcionales entre subembalses de muestreo. .	76
Diferencias en la presencia de grupos morfo-funcionales entre sitios de muestreo.	77
Diferencias en la presencia de grupos morfo-funcionales entre periodos de muestreo.	79
Discusiones	83
Conclusiones	87
Recomendaciones	90
Anexos	101

Lista De Tablas

Tabla 1. Embalses artificiales más grandes de Colombia.....	30
Tabla 2. Geoposicionamiento de los puntos de muestreo.....	37
Tabla 3. Descripción de los puntos de muestreo.....	38
Tabla 4. Periodo y fecha de muestreo	39
Tabla 5. Condiciones ambientales de los puntos de muestreo.....	40
Tabla 6. Grupos funcionales basados en morfología (GFBM).....	44
Tabla 7. Valores profundidad Disco Secchi	48
Tabla 8. Descripción de los siete grupos funcionales basados en la morfología del fitoplancton para el Embalse Betania durante los dos periodos hídricos.....	64

Lista De Figuras

Figura 1. Estrategias de vida del fitoplancton modificado de Reynolds (2006)	25
Figura 2. Esquema de grupos funcionales basados en morfología.	28
Figura 3. Embalse de Betania. Yaguará, Huila	32
Figura 4. Localización de los puntos de muestreo	38
Figura 5. Valores del Comportamiento de la Temperatura (°C) registrada en los periodos y puntos de muestreo	49
Figura 6. Valores del Comportamiento de la pH registrada en los periodos y puntos de muestreo	50
Figura 7. Valores del Comportamiento de la Dióxido de Carbono (mg/L CO ₂) registrada en los periodos y puntos de muestreo	51
Figura 8. Valores del Comportamiento de la Dureza (mg/L CaCO ₃) registrada en los periodos y puntos de muestreo	52
Figura 9. Valores del Comportamiento de la Alcalinidad (mg/L CaCO ₃) registrada en los periodos y puntos de muestreo	53
Figura 10. Valores del Comportamiento de la Nitritos (mg/L NO ₂) registrada en los periodos y puntos de muestreo	54
Figura 11. Componentes principales a los parámetros físicos químicos del agua según el periodo y sitio de muestreo.	55
Figura 12. Proporciones de las Clases Taxonómicas Total	56
Figura 13. Proporciones de las Clases Taxonómicas Relativa según el periodo y el método de captura.....	57
Figura 14. Abundancia Total de las Especies Recolectadas Durante los Periodos de Muestreo .	58

Figura 15. Abundancia relativa para los puntos sobre el brazo del Rio Magdalena.....	60
Figura 16. Abundancia relativa para los puntos sobre el brazo del Rio Yaguará	61
Figura 17. Diversidad de Shannon para las estaciones muestreadas en las dos periodos Yaguar	62
Figura 18. Número de especies identificadas en cada uno de los Grupos Funcionales durante el Periodo 1 (P1) y periodo 2 (P2)	63
Figura 19. Densidad de los Grupos Funcionales según el método de captura Botella Van Dorn (BT) durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.....	65
Figura 20. Densidad de los Grupos Funcionales según el método de directa (BD) durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.....	66
Figura 21. Densidad de los Grupos Funcionales en el subembalse Magdalena durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.....	67
Figura 22. Densidad de los Grupos Funcionales en el subembalse Yaguará durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.....	68
Figura 23. Densidad de los Grupos Funcionales en los sitios de muestreo durante el Periodo 1 .	69
Figura 24. Densidad de los Grupos Funcionales en los sitios de muestreo durante el Periodo 2 .	70
Figura 25. Densidad de los Grupos Funcionales durante el periodo 1 (P1) según el método de captura Botella Van Dorn (BT) y Directa (BD).....	71
Figura 26. Densidad de los Grupos Funcionales durante el periodo 2 (P2) según el método de captura Botella Van Dorn (BT) y Directa (BD).....	72
Figura 27. Abundancia de Genero por Grupo Morfo-Funcional. (P1: Periodo 1, P2: Periodo 2)	73
Figura 28. Relación entre la abundancia (células ml ⁻¹) de géneros obtenida con el método de botella (BT) y con el de balde (BD).....	74

Figura 29. Frecuencias observadas de los grupos funcionales entre métodos de muestreo (BD: Balde y BT: Botella).	75
Figura 30. Frecuencias observadas de los grupos funcionales entre embalses.....	76
Figura 31. Análisis Discriminante de la abundancia de los grupos morfo-funcionales diferenciando por embalses.....	77
Figura 32. Frecuencias observadas de los grupos funcionales en los sitios de muestreo en el subembalse Magdalena.	78
Figura 33. Frecuencias observadas de los grupos funcionales en los sitios de muestreo en el subembalse Yaguará.	78
Figura 34. Frecuencias observadas de los grupos funcionales para los dos periodos en el subembalse Magdalena.	79
Figura 35. Frecuencias observadas de los grupos funcionales para los dos periodos en el subembalse Yaguará.	80
Figura 36. Análisis Discriminante de la abundancia de los grupos morfo-funcionales diferenciando por periodos de muestreo.	81
Figura 37. Escalamiento Multidimensional de la abundancia de los grupos morfo-funcionales diferenciando por periodos de muestreo.	82

Introducción

El agua está ligada a la vida y al desarrollo del ser humano, es por tanto un recurso multifuncional y valioso con demanda creciente y que en algunos casos puede ser objeto de conflictos entre sus usuarios; es por ello, que el mantener y preservar las fuentes de agua es de suma importancia. Para conseguir esta meta es necesario estudiar el comportamiento físicoquímico y las comunidades hidrobiológicas de los mismos.

Los embalses son cuerpos de aguas lénticos, que se constituyen en ecosistemas únicos por sus características de formación, puesto que en la mayoría de los casos son creados por el hombre para satisfacer las diferentes necesidades humanas como son riego, generación eléctrica, pesca, acuicultura, etc., y por ello poseen características muy particulares lo que hace que el estudio de los mismos sea muy complejo y necesario para mantener su utilidad en el tiempo. Además, los embalses no son sistemas ecológicos aislados, sino que están sujetos a la tensión que se ejerce sobre ellos, la cuenca de drenaje y a su vez estos afectan la calidad del agua abajo de su ubicación; por esto es necesario comprender los procesos de su entorno para establecer su manejo adecuado.

Uno de los problemas que causa el deterioro de los embalses, es la eutrofización que produce modificaciones progresivas en los ecosistemas acuáticos, tales como un aumento paulatino de la producción primaria y una simplificación de la estructura de las comunidades biológicas, condiciones que a largo plazo afectan negativamente la calidad del agua, dificultando o limitando sus usos potenciales, además de la biodiversidad existente.

El primer eslabón en la cadena trófica de las aguas continentales se encuentran los organismos fitoplanctónicos y son un indicador de su nivel productivo. La comunidad fitoplanctónica se establece por lo tanto, como una herramienta importante para mostrar y medir los efectos de los cambios que se producen en este sistema; la determinación de esta comunidad dentro de este estudio es de gran importancia para comprender las condiciones tróficas del embalse. Así mismo, la valorización de los parámetros fisicoquímicos es fundamental para conocer los factores que posiblemente inciden en la actividad piscícola y a su vez causan variaciones en la comunidad fitoplanctónica (Betancourt, 2010).

La determinación de la estructura de la comunidad fitoplanctónica presente en el embalse de Betania contribuye con la identificación del estado de su calidad de agua y su respectiva relación con el proceso productivo piscícola frente a la dinámica hidrológica y climática.

El comportamiento de los embalses en Colombia aún es poco conocido y las fuentes de eutrofización tales como vegetación inundada, aguas negras e industriales, arrastre de sedimentos de zonas agrícolas aledañas, causan a menudo problemas de desoxigenación que repercuten en graves daños a nivel de casa de máquinas y túneles de conducción (Bernier, 1981; Gaviria y Rodríguez, 1983; Medina, 1983; ISA, 1985; Roldán, 1992 Roldán & Ramírez, 2008). Los problemas de eutrofización causan a menudo proliferación de algas y plantas acuáticas, inhabilitando el embalse para la recreación y la pesca (Roldán, 1982). Finalmente, un embalse eutrofizado, al desoxigenarse produce aguas saturadas de ácido sulfhídrico, metano y hierro solubles las cuales se vuelven tóxicas a la comunidad presente de peces y algas y al ser vertidas

aguas abajo alteran todo tipo de vida en los cauces de ríos y quebradas receptoras (Roldán, 1982).

Es importante resaltar los estudios realizados por diferentes autores, en donde coinciden en afirmar acerca del peligro de eutrofización temprana de embalses con relación a la vegetación que no ha sido removida, aún se siguen realizando prácticas agrícolas en su área de influencia inmediata y si se siguen vertiendo en ellos aguas de descarga industrial y doméstica (Uribe y Roldán, 1975; Sánchez, 1976; Gaviria y Rodríguez, 1983; Márquez, 1984).

El fitoplancton es un conjunto de organismos (microalgas y cianobacterias) que viven suspendidos en la columna de agua (Reynolds, 1984). Está compuesto por organismos autótrofos que ocupan un amplio rango de tamaños y formas (Finkel *et al.*, 2009). Además son responsables de aproximadamente la mitad de la producción primaria global (Arrigo, 2005), siendo fundamental para el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos globales (Litchman & Klausmeier, 2008).

Aun conociendo los factores condicionantes, sus efectos sinérgicos, así como aspectos poblacionales y comunitarios, no es posible predecir a nivel de especies el desarrollo de una comunidad de fitoplancton en un ambiente determinado (Beninca *et al.*, 2008). Sin embargo, la predicción a nivel de grupos de especies es más factible (Kruk *et al.*, 2002; Kruk *et al.*, 2010; Kruk *et al.*, 2011). Para esto se puede emplear, por ejemplo, el sistema de clasificación taxonómica (Watson *et al.*, 1997), pero este ha demostrado ser poco efectivo (Kruk *et al.*, 2011). El fitoplancton también puede ser agrupado según su función ecológica o en base a rasgos

funcionales (Reynolds *et al.*, 2002; Violle *et al.*, 2007; Lichman & Klausmeier, 2008. Kruk *et al.* 2010) han propuesto la clasificación del fitoplancton en base a Grupos funcionales Basados en Morfologías (GFBM), los cuales reflejan la fisiología y la adecuación de los organismos al ambiente, como una aproximación para la agrupación de los organismos de acuerdo a sus rasgos morfológicos individuales, tales como la dimensión máxima lineal (MLD), la relación superficie-volumen (S/V), presencia de aerotopos, entre otros. Dichos rasgos pueden ser medidos empleando métodos más sencillos que aquellos necesarios en otras clasificaciones. En el marco de los GFBM, no es necesario conocer exactamente la afiliación taxonómica de los mismos (Kruk *et al.*, 2010). Esto es una gran ventaja para el reconocimiento de grupos fitoplanctónicos por parte de técnicos no expertos en taxonomía, como pueden ser los encargados del monitoreo de los cuerpos acuáticos.

En base al modelo de los GFBM, el fitoplancton es clasificado en siete grupos. Los GFBM I y II se caracterizan por el pequeño tamaño y la alta relación superficie-volumen de los organismos que lo componen, siendo la presencia de estructuras silíceas y flagelos rasgos característicos de este último. Los GFBM IV y V están conformados por organismos de tamaño intermedio a grande, sin presencia de rasgos particulares en el primero mientras que el último agrupa a organismos flagelados unicelulares. El GFBM VI incluye organismos que se caracterizan por la presencia de estructuras silíceas y la ausencia de flagelos (Diatomeas), este último abarca un amplio rango de tamaños y estrategias de vida. Por último, los GFBM III y VII están compuestos por organismos de mayor tamaño, el primero corresponde a grandes filamentos de alta relación superficie volumen, y el segundo está compuesto por grandes colonias de baja relación superficie-volumen, rodeadas de mucílago (Kruk *et al.*, 2010). Si bien todos los GFBM

son relevantes para evaluar las variaciones comunitarios y sus funciones asociadas, algunos son relativamente más trascendentes ya que incluyen especies potencialmente nocivas (en agua dulce GFBM III y VII, Kruk *et al.*, 2010).

El embalse de Betania es uno de los ecosistemas artificiales más importantes del departamento del Huila, siendo de vital interés no solo para la generación de energía sino también para la producción piscícola, turismo, pesca artesanal, etc. Sin embargo, actividades como la piscicultura, el vertimiento de aguas servidas y la carga orgánica generada por las actividades agrícolas que se llevan a cabo en las zonas aledañas al embalse, han generado un deterioro en la calidad del agua y una aceleración en el proceso de eutrofización, contribuyendo a la diversidad fitoplanctónica.

El presente estudio tiene como finalidad determinar los grupos funcionales fitoplanctónicos presentes en el embalse de Betania a partir de sus rasgos morfológicos durante dos periodos hídricos correspondientes a los meses de Marzo y Junio del 2013, atribuibles a condiciones del embalse de aguas altas y aguas bajas respectivamente, en siete puntos de muestreo, mediante dos métodos de captura (Botella Van Dorn y Muestra Superficial).

Marco Conceptual

En términos muy amplios, la limnología es el estudio de las relaciones funcionales y de productividad de las comunidades de agua dulce y la manera como éstas son afectadas por el ambiente físico, químico y biológico (Wetzel, 1983). También la limnología se describe como Hidrobiología o biología acuática; ambas palabras se refieren al agua, sin hacer distinciones entre dulce o salada, por lo que serían términos demasiados amplios.

Importancia del Estudio del Fitoplancton

El fitoplancton es la comunidad de microorganismos fotosintéticos adaptados a vivir en suspensión en la columna de agua (Reynolds, 2006). Es el principal productor primario en los sistemas marinos y continentales, y es responsable de casi la mitad de la producción primaria neta global (Field *et al.*, 1998, Falkowski *et al.*, 2004). Interviene en los procesos biogeoquímicos oceánicos, regulando y modificando las diferentes formas de los compuestos químicos disponibles en el océano (Iglesias-Rodríguez *et al.*, 2002, Le Quéré *et al.*, 2005). Son, junto con las bacterias, los responsables de la captación y transferencia de energía y materia a niveles tróficos superiores, los cuales tienen como predadores tope a peces de importancia económica (Rhyther 1969, Sherr & Sherr 1991). Cumplen un papel fundamental en el ciclo global del carbono, capturando CO₂ atmosférico, el principal gas invernadero, e incorporándolo en su biomasa (Falkowski, 2001). Gran parte de ese carbono orgánico se descompone y pasa a constituir parte del carbono inorgánico en la columna de agua y en las profundidades del océano

(Bowler *et al.*, 2009). Algunas especies causan floraciones potencialmente tóxicas que son perjudiciales para la salud humana y ecosistémica. Estas floraciones son muy frecuentes en los cuerpos de agua que han sido perturbados por la acción humana, como los estuarios, ya que las actividades antrópicas alteran las condiciones fisicoquímicas causando un cambio en la composición y abundancia de las especies que integran la comunidad fitoplanctónica (Anderson, 2002).

Clasificación de los Organismos Fitoplanctónicos

Tradicionalmente se ha utilizado la agrupación de las especies en grupos taxonómicos fitoplanctónicos para describir la estructura y la dinámica ecológica de esta comunidad. Es decir, se han utilizado las relaciones de parentesco para agrupar a los organismos que la componen, principalmente a nivel de clases u órdenes. Sin embargo, si consideramos que los organismos que co-ocurren en la comunidad fitoplanctónica tienen requerimientos ambientales similares (Web *et al.*, 2002), como la adquisición de luz y nutrientes, un enfoque taxonómico basado en las relaciones de parentesco, no sería el más adecuado para reflejar el desempeño ecológico de los organismos en el ambiente (Kruk *et al.*, 2010). Esto es debido a que un mismo grupo taxonómico puede estar comprendido por organismos con tolerancias y requerimientos ambientales muy diversos, por ejemplo en niveles taxonómicos elevados (ej. clase) en donde encontramos organismos con estructuras y formas de vida muy distintas (Reynolds 1997; Salmaso & Padisák 2007; Kruk *et al.*, 2011). A la inversa, organismos que respondan de forma similar al ambiente pueden estar muy alejados filogenéticamente y sin embargo co-ocurrir (Costa *et al.*, 2009). Es

por esta razón que se han desarrollado clasificaciones alternativas en las cuales el criterio de agrupamiento de los organismos no es la filiación filogenética.

Una de estas aproximaciones es el “Mandala” de Margalef (1978) desarrollado principalmente para organismos marinos. Margalef representó el cambio estacional de la comunidad fitoplanctónica como función directa de los nutrientes y de la turbulencia. Según este modelo, estos factores actúan como la principal fuerza que selecciona a los organismos según sus estrategias de vida. A partir de esto identificó dos formas o estrategias de vida; r y K en referencia a las estrategias de vida de MacArthur & Wilson (1967). La estrategia de vida r la tendrían organismos de pequeño tamaño, con alta tasa de crecimiento y adaptados a condiciones de alta turbulencia y altos nutrientes. La estrategia de vida K la tendrían organismos de gran tamaño y tasa de crecimiento baja, quedando seleccionados en sistemas con baja turbulencia y pocos nutrientes.

Por otro lado Reynolds (1988) adaptó las tres estrategias de historia de vida creadas por Grime (1977) para las plantas a organismos fitoplanctónicos en su mayoría dulce acuícolas. Al igual que Margalef (1978) consideró a los nutrientes (fuente de estrés) y a la permanencia en la zona eufótica (ausencia de disturbio), como los dos factores principales que seleccionan a los organismos que componen el fitoplancton. Identificó tres estrategias de vida primarias que pueden ser ubicadas en un diagrama bidimensional que incluyen a los nutrientes y al tiempo de permanencia en la zona eufótica como ejes (Ver Figura 1). En un ambiente con alta

concentración de nutrientes y alta permanencia en la zona eufótica dominan los organismos con estrategia de vida C (colonizadores). Estos son organismos mayoritariamente unicelulares, con una tasa de crecimiento poblacional alta. Por otro lado, los S-estrategias (estrés tolerantes) dominan en ambientes con alto estrés (baja concentración de nutrientes). Ellos pueden adquirir y almacenar los nutrientes aún en muy bajas concentraciones, siendo esto su principal ventaja. Por último, los estrategias R (ruderales) se desarrollan en condiciones de alta concentración de nutrientes y baja permanencia en la zona eufótica dado que resisten estar por un tiempo prolongado fuera de la zona eufótica sin que esto implique grandes pérdidas de biomasa. Son organismos que crecen a bajos umbrales de luz y por lo general tienen una relación superficie/volumen (S/V) alta que favorece la captación de luz.

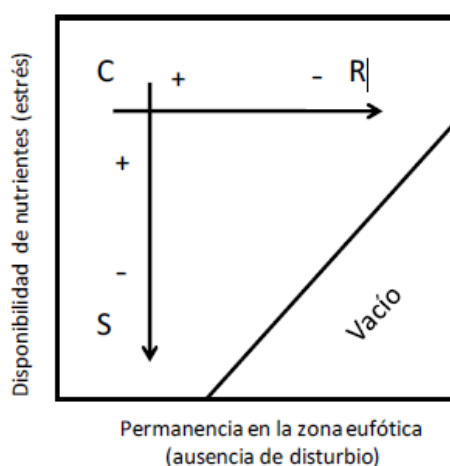


Figura 1. Estrategias de vida del fitoplancton modificado de Reynolds (2006) representando ambientes habitables y no habitables por los organismos fitoplanctónicos según la disponibilidad de nutrientes (estrés) y la permanencia en la zona eufótica (ausencia de disturbio). Se incluye la ubicación de las estrategias: C (colonizadoras), R (ruderales) y S (estrés tolerante).

Fuente: Reynolds (2006)

Reynolds desarrolló una clasificación funcional de las especies fitoplanctónicas denominadas asociaciones funcionales (Reynolds 1980, Reynolds *et al.* 2002, Reynolds 2006). Estas son grupos de especies que responden de manera similar, aumentando o disminuyendo su biomasa, frente a similares cambios en el ambiente. Esta clasificación ha sido ampliamente utilizada en sistemas tan diversos como lagos alpinos hasta estuarios tropicales (Dokulil & Teubner 2003, Costa *et al.*, 2009). También se han creado clasificaciones alternativas para organismos fitoplanctónicos marinos como las de Le Quéré *et al.* (2005) en donde se clasifica al plancton marino en tipos funcionales según la función biogeoquímica que cumplen en el océano, o las de Smayda & Reynolds (2001) para dinoflagelados marinos generadores de floraciones donde distinguen nueve tipos de formas de vida en base a un gradiente de nutrientes y mezcla.

Todas estas clasificaciones antes mencionadas constituyen grandes avances en la forma de clasificar a los organismos. Sin embargo, presentan algunos problemas. Por ejemplo la clasificación de nuevas especies puede ser difícil ya que usan rasgos de difícil obtención a nivel individual (ej. fisiológicos) o necesitan de información ambiental (clasificación *r* y *K* de Margalef). Otro problema es que son poco prácticas de aplicar, como las asociaciones funcionales de Reynolds que en la actualidad cuenta con 40 asociaciones (Padisák *et al.* 2009), además de que es necesario el conocimiento de un experto para saber a qué asociación pertenece cada especie ya que los criterios *a priori* son poco claros (Kruk *et al.*, 2010, Kruk *et al.*, 2011). Otro de los problemas es que no son independientes de la filiación taxonómica (como las asociaciones de Reynolds), o fueron construidas con bases de datos geográficamente

restringidas. Tampoco ha sido evaluada la predictibilidad de estas clasificaciones ni se conoce una relación clara con la adecuación biológica de los organismos.

Grupos Funcionales Fitoplanctónicos Basados en Morfología (GFBM)

Los rasgos funcionales comprenden rasgos morfológicos, fisiológicos y fenológicos de los organismos (Violle *et al.*, 2007). El problema de esta aproximación es que los rasgos fisiológicos y fenológicos son de difícil obtención. Sin embargo, algunas características morfológicas están fuertemente correlacionadas con rasgos fisiológicos de los organismos, como la tasa de crecimiento y hundimiento, o la biomasa de las poblaciones naturales (Joint & Pomory 1988; Agusti, 1991; Tang, 1995; Kruk *et al.*, 2010). A modo de ejemplo, el tamaño de un organismo puede, por sí mismo, explicar gran parte de la variabilidad encontrada en la tasa metabólica, tasa de hundimiento, abundancia, biomasa, diversidad y tiempo generacional de las especies (Finkel, 2001; Litchman *et al.*, 2007). Por lo tanto, podrían utilizarse rasgos morfológicos como predictores de los rasgos funcionales de las especies. A partir de esto Kruk *et al.*, (2010) construyó una clasificación para fitoplancton de agua dulce basada únicamente en la morfología de los organismos, como se muestra en la Figura 2 grupos funcionales basados en morfología (GFBM). Ésta clasificación simplifica la identificación de los organismos fitoplanctónicos ya que se los agrupa no por su filiación taxonómica sino por nueve rasgos morfológicos fácilmente identificables bajo el microscopio óptico incluyendo rasgos continuos como la dimensión linear máxima (MLD) y rasgos categóricos como la presencia de mucilago (Muc). La ventaja de esta clasificación es que es fácil de aplicar ya que utiliza rasgos que son de

fácil medición. Otra de las ventajas es que está relacionada con la adecuación biológica de los organismos por estar basada en los rasgos funcionales, y por tanto puede llegar a captar el desempeño ecológico de los organismos en el ambiente.

En el marco de los GFBM, no es necesario conocer exactamente la afiliación taxonómica de los mismo (Kruk *et al.*, 2010). Esto es una gran ventaja para el reconocimiento de grupos fitoplanctónicos por parte de técnicos no expertos en taxonomía, como pueden ser los encargados del monitoreo de los cuerpos acuáticos.

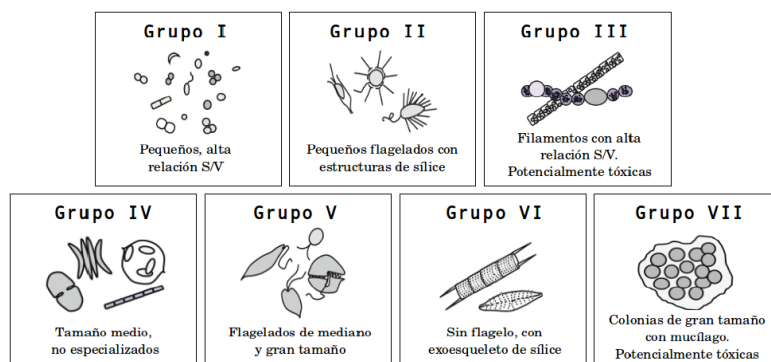


Figura 2. Esquema de grupos funcionales basados en morfología.

Fuente: Kruk *et al.* (2010)

Generalidades de los Embalses

Los embalses ocupan aproximadamente 590.000 km² de superficie total de área construida en todo el planeta, ocupando un volumen de 5.900 Km³ (Straskraba *et al.*, 1993). En

Colombia, existen alrededor de 40 embalses con un volumen total embalsado de cerca de 10.724,5 millones de metros cúbicos (Marquez & Guillot, 2001), con lo cual no se alcanza ni el 1% del total mundial.

Los embalses se diferencian de los lagos naturales principalmente por la edad, origen, morfología, posición en la cuenca, usos y comportamiento limnológico (Peralta & Leon, 2006). Las fluctuaciones de nivel son más intensas, frecuentes e irregulares en los embalses que en los lagos inducidos por el tipo de operación hidráulica. Una diferencia primordial respecto a los lagos es que, mientras estos suelen desaguar por la superficie, la descarga de los embalses es de aguas intermedias o profundas. Los embalses, además, tienen fluctuaciones grandes de nivel en periodos cortos y tasas de renovación más elevadas que los lagos naturales (Marquez & Guillot, 2001).

El régimen dominante de vientos es determinante de la circulación de las aguas en los embalses y de sus características de estratificación y mezcla (Marquez & Guillot, 2001). Los movimientos del agua producidos por la transferencia de energía del viento originan un conjunto de movimientos rítmicos (oscilaciones), tanto en la superficie como en las capas inferiores lo que ejerce influencia en la distribución de los nutrientes y del plancton (Wetzel, 1993).

La naturaleza geológica de la cuenca es determinante de características fisicoquímicas de las aguas y carga de sedimentos, las cuales van a influir a su vez sobre la productividad biológica y características tróficas del embalse y en características ambientales como la abrasividad de las aguas, la vegetación y los suelos inundados, constituyen otro factor de gran importancia en la

determinación del estado trófico del embalse y de sus características ecológicas (Margalef, 1983; Thornton *et al*, 1990 y Roldan, 1992).

Embalses en Colombia

En Colombia la mayoría de los embalses se encuentran localizados en la cuenca del río Magdalena que ocupa una superficie de 260,000 km² la que corresponde al 22% del territorio del país y en ella habita el 70% de su población (FAO, 1993). El río Magdalena nace en las estribaciones de los Andes y tiene una extensión de unos 1,600 km. Sus principales afluentes son los ríos Cauca 960 km y el San Jorge 320 km. En esta cuenca se encuentra la mayor producción pesquera del país (FAO, 1993).

Colombia tradicionalmente ha sido considerada como potencia en cuanto a recursos hídricos, no solo por disponer de costas en el Mar Caribe y Océano Pacífico, sino por la presencia de cuerpos de agua dulce, distribuidos en todo su territorio (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Embalses artificiales más grandes de Colombia

NOMBRE	DEPARTAMENTO	AREA (ha)	CAPACIDAD (10 ⁶ m ³)	CAPACIDAD UTIL (10 ⁶ m ³)
Betania	Huila	7.000	1.970	1.042
Higrosogamoso	Boyacá	7.000	4.800	1.920
El Quimbo	Huila	8.250	3.215	1.824
Porce III	Antioquia	461	1.286	887
Peñol	Antioquia	6.400	1.235	1.169
Prado	Tolima	2.185	1.100	528
Salvajina	Cauca	2.200	908	753
Chivor	Boyacá	1.200	758	634

Tomine	Cundinamarca	3.778	690	690
Calima	Valle	1.000	581	435
Guajaro	Atlántico	16.000	400	230
Jaguas	Antioquia	3.100	208	170
Chuza	Cundinamarca	537	220	202
Miraflores	Antioquia	815	144	136
Neusa	Cundinamarca	955	102	102
Arroyo grande	Bolívar	1.240	98	98
Arroyo Matuya	Bolívar	1.400	96	96
Sisga	Cundinamarca	680	96	96
Playas	Antioquia	3.200	85	85
Punchina	Antioquia	360	68	52
Muña	Cundinamarca	730	42	41
Troneras	Antioquia	465	41	29
San Silvestre	Santander	250	36	36
San Carlos	Antioquia	340	72	53
Guavio	Antioquia	15.000	1.043	950
Urra I	Córdoba	7.400	1.740	1.200
Rio Grande	Antioquia	1.100	200	110

Fuente: Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y el Caribe.

Embalse de Betania

El Huila por ser un departamento en donde se encuentran dos de las más grandes centrales hidráulicas, se convierte en un actor fundamental en la dinámica del fitoplancton, pues son los productores primarios del medio acuático. De la misma manera que en el medio terrestre, la hierba y los vegetales, son los alimentos primarios del ecosistema, el fitoplancton realiza la misma función. Se encarga de fijar el CO₂ atmosférico de manera que el carbono pasa a ser parte de la cadena alimentaria, y por tanto, fuente de energía. Progresivamente la cadena trófica va enriqueciéndose, pues el fitoplancton es consumido por el zooplancton que a su vez puede ser consumido por determinados peces, etc.

Es importante resaltar que el embalse de Betania es el cuarto mayor espejo de agua del país (Ver Figura 3), fue formado por el represamiento del río Magdalena en la confluencia con el río Yaguará en los municipios de Campoalegre, Hobo, Yaguará, Gigante; se encuentra localizado a 30 Km al sur de Neiva, en el valle alto del río Magdalena a 2°42' de latitud norte y 75°26' de longitud oeste, a una altura de 561 m.s.n.m., tiene una extensión de 7,400 ha, con una altura de cresta de 98 m, almacena 1.971 millones de metros cúbicos de agua y genera 510,000 KW a través de 3 turbinas (C.H.B.). Se encuentra localizado en la zona de bosque seco tropical (bs-T) con temperatura promedio mayor de 24°C y precipitación anual de 1,000 a 2,000 mm, de carácter bimodal con picos de lluvia altos en abril y noviembre (FAO, Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y el Caribe. 1993).

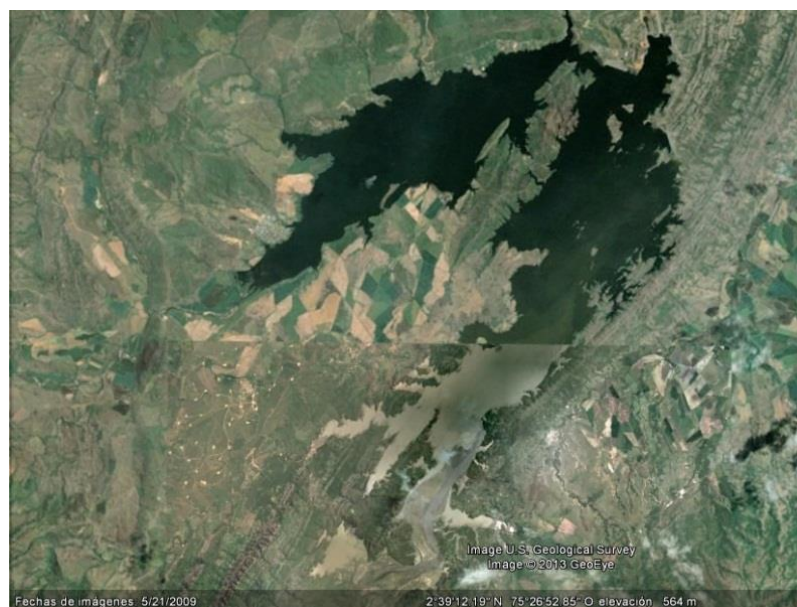


Figura 3. Embalse de Betania. Yaguará, Huila

Fuente: Google Earth, 2009.

Fitoplancton en Embalses

La densidad y riqueza del fitoplancton en los embalses, al igual que en un sistema léntico natural, están relacionadas con una variedad de factores ambientales, como la temperatura del agua superficial, radiación solar, disponibilidad de nutrientes y predadores (zooplancton, peces). De esta forma cada ambiente acuático, tendrá en particular, una comunidad fitoplanctónica distinta (Reynolds, 1984). En las zonas tropicales se pueden observar contrastes entre las asociaciones de especies en las épocas de lluvia y sequía debido a que el fitoplancton está sometido a una fuerte influencia estacional (Horne & Goldman, 1994; Hutchinson, 1967) reconoció cada época del año y describió ciclos de abundancia específicos; Reynolds (1982) además agregó evidencia experimental para explicar los mecanismos que regulan esta periodicidad estacional. La composición de especies y la abundancia relativa de las poblaciones fitoplanctónicas sufren alteraciones que acompañan los ciclos estacional diario y nocturno. Algunos autores destacan que esos cambios son específicamente más dependientes de la concentración de nutrientes en el agua que de la inestabilidad física de la columna de agua y de efectos de predación (Reynolds, 1984).

Las masas de agua eutróficas se caracterizan por tener una productividad elevada y altos valores de biomasa en todos los niveles tróficos (Ryding & Rast, 1992). En el fitoplancton es característico el aumento desmedido de algunos grupos de algas con características tóxicas. Comba (2009) por ejemplo, encontró que en el embalse de Betania los niveles de microcistinas generados por las cianobacterias están por encima de los permitidos por la OMS y Largo-Urrea

(2009) encontró una disminución de copépodos y rotíferos debido al aumento de dinoflagelados seguramente por el efecto tóxico que este grupo tiene.

Fitoplancton en Embalses Colombianos

El primer estudio limnológico de embalses en Colombia lo realizó Molano en 1954 en el embalse de Cameduadua (Caldas). Allí se orientó a establecer la calidad de las aguas para diversos usos con especial interés en la piscicultura. A partir de ahí, la gran mayoría de estudios limnológicos en embalses colombianos, han tratado de revelar la dinámica y estructura del fitoplancton y su relación con las variables fisicoquímicas.

En términos generales, el fitoplancton en embalses colombianos muestra una enorme heterogeneidad espacial y temporal con estructuras biocenóticas en mosaico y discontinuidades en la masa de agua (Marquez & Guillot, 2001). Así mismo presenta una notable variedad, reportándose más de 250 morfoespecies para solo cuatro embalses (Neusa, Tominé, Calima y Prado) y en el caso de Calima cerca de 160 especies diferentes para un solo embalse (Marquez y Guillot, 1987).

Fitoplancton en el Embalse de Betania

En el embalse de Betania los estudios comenzaron con la evaluación realizada por la Universidad Nacional (1984) en la cual presentaron un diagnóstico del proyecto hidroeléctrico. Donato y Duque (1987) realizaron el primer estudio limnológico en el embalse durante los primeras etapas de llenado. Encontraron 110 taxa de los cuales, 16 registros fueron nuevos para Colombia. Vélez (1989) encontró que la acción del viento y la alta carga de sedimentos determinan las particularidades del comportamiento limnológico en dos sectores distintos del embalse. Montoya y Ramos (1993) evaluaron la productividad primaria y biomasa fitoplanctónica, en 1993, Ramírez realizó una contribución al estudio del fitoplancton encontrando 76 morfoespecies caracterizadas de acuerdo al desarrollo de adaptaciones morfológicas, fenómenos de turbulencia y sedimentación de la columna de agua. En el 2006 se desarrolló un estudio de “Diversidad de géneros del fitoplancton del embalse de Betania– Huila y su importancia como bioindicadores” (Martínez *et al.*, 2016).

Objetivos

General

Determinar los grupos morfo-funcionales fitoplanctónicos presentes en el embalse de Betania durante dos distintos periodos hídricos.

Específicos

Determinar la relación de los factores físicos químicos del agua presentes en el embalse de Betania durante los periodos de muestreo.

Establecer la composición de la comunidad fitoplanctónica presente en el embalse de Betania durante los periodos de muestreo.

Clasificar las especies fitoplanctónicas presentes en los grupos funcionales de acuerdo a su morfología presentes en el embalse de Betania.

Determinar la variación espacio - temporal de los grupos morfo-funcionales fitoplanctónicos.

Materiales Y Métodos

Metodología en Campo

Las actividades que se desarrollaron en la fase de campo fueron las siguientes:

Localización de puntos y periodo de muestreo.

Se determinaron los siete (7) puntos de muestreo (Figura 4), cuatro (4) de ellos sobre el subembalse del río Yaguará y tres (3) sobre el subembalse del río Magdalena, los cuales fueron identificados basados en un estudio realizado en el 2008, llamado “Seguimiento del repoblamiento y monitorio pesquero del embalse de Betania”, por la fundación Humedales, ver tabla 2.

Tabla 2. Geoposicionamiento de los puntos de muestreo

GEOPOSICIONAMIENTO			N	W
PUNTOS DE MUESTREO	M1	Nueva York	02°40,37′	075°27,08′
	M2	Botero	02°37,375′	075°27,856
	M3	Caraguaja	02°37,155′	075°29,665′
	Y1	Tortugas	02°40,517′	075°28,486′
	Y2	Mollas	02°41,009′	075°30,314′
	Y3	Vaga	02°40,146′	075°30,015′
	Y4	Planadas	02°39,705′	075°30,567′

Fuente: El Autor, 2013.

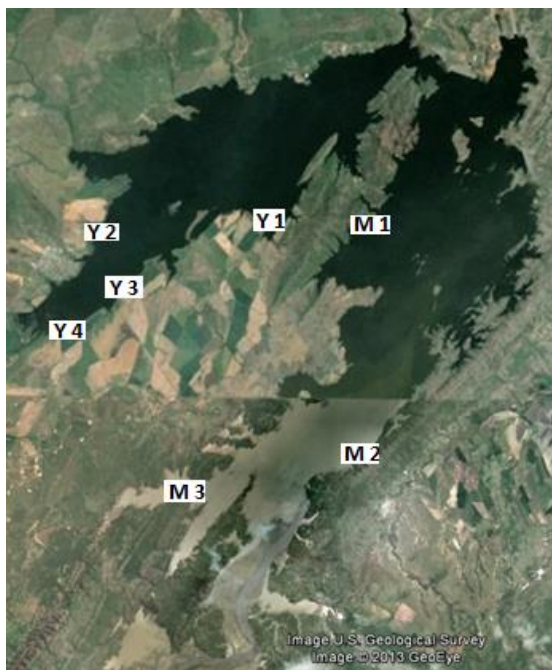


Figura 4. Localización de los puntos de muestreo

Fuente: Google Earth, 2013.

Con fines comparativos se realizó en cada punto de muestreo una identificación de las características propias con relación a la actividad piscícola, actividad pesquera, presencia de viviendas, cultivos aledaños a la ribera, tránsito de transporte fluvial, como se describe en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los puntos de muestreo.

PUNTOS	NOMBRE	CARACTERISITICA
M1	Nueva York	Gran intensidad piscícola, alta actividad pesquera, las únicas viviendas son las de las piscícolas, cerca de las riberas no se presentan cultivos, gran cantidad de mallas para pesca, alto movimiento de transporte fluvial.
M2	Botero	Mediana intensidad piscícola, mediana actividad pesquera, se observan viviendas (“ranchas”) de los pescadores, no se observan

		cultivos cercanos a las riberas, poca cantidad de mallas de pesca, poco transporte fluvial.
M3	Caraguaja	Sin presencia de piscícolas, pocas mallas de pesca, cercano a un embarcadero de una petrolera, no se presentan cultivos cercanos a la ribera, no se observan viviendas cercanas, poco transporte fluvial, sin presencia de mallas de pesca.
Y1	Tortugas	Sin presencia de piscícolas, alta actividad pesquera, presencia de vivienda, cultivos de arroz cercanos a la ribera, movimiento regular de transporte fluvial, poca presencia de mallas de pesca.
Y2	Mollas	Sin presencia de piscícolas, mediana actividad pesquera, cultivos de arroz cercanos a la ribera, movimiento regular de transporte fluvial, sin presencia de malla para pesca, baja presencia de viviendas, presencia de la actividad turística.
Y3	La Vaga	Sin presencia de piscícolas, mediana actividad pesquera, no se presenta cultivos cercanos a la ribera, movimiento regular de transporte fluvial, sin presencia de malla para pesca, presencia de viviendas, presencia de la actividad turística
Y4	Planadas	Sin presencia de piscícolas, alta actividad pesquera, no se presentan cultivos cercanos a la ribera, alto movimiento de transporte fluvial, presencia de malla para pesca, gran cantidad de viviendas, presencia de la actividad turística.

Fuente: El Autor, 2013.

Los periodos de muestreo se determinaron de acuerdo a los antecedentes climatológicos e hidrológicos de la zona de estudio, los cuales comprendieron entre los meses de marzo (aguas altas) y mes de junio (aguas bajas). El estudio se realizó en dos periodos de muestreo, el primero comprendido entre el 24/03/2013 hasta el 31/03/2013 y el segundo periodo entre el 15/06/2013 hasta el 22/06/2013. Los muestreos se desarrollaron en horas de la mañana entre las 9:00 a.m. y las 12:00 m. (Ver Tabla 4.)

Tabla 4. Periodo y fecha de muestreo

PUNTOS	FECHA	
	Periodo 1	Periodo 2
M1	25/03/2013	15/06/2013
M2	24/03/2013	16/06/2013
M3	30/03/2013	17/06/2013

Y1	29/03/2013	18/06/2013
Y2	28/03/2013	19/06/2013
Y3	26/03/2013	20/06/2013
Y4	27/03/2013	21/06/2013

Fuente: El Autor, 2013.

Determinación de condiciones meteorológicas.

Se realizó una observación previa de las condiciones ambientales del cada sitio de muestreo, teniendo en cuenta parámetros como presencia de viento, brillo solar, presencia de macrófitas y nubosidad, obteniendo las siguientes condiciones:

Tabla 5. Condiciones ambientales de los puntos de muestreo

CONDICIONES CLIMATOLOGICAS		
PUNTOS	PRIMER MUESTREO	SEGUNDO MUESTREO
M1	Soleado	Soleado
	Cielo despejado	Parcialmente nubado
	Presencia de viento	Sin viento
	Ausencia de plantas acuáticas	Ausencia de plantas acuáticas
M2	Soleado	Soleado
	Cielo despejado	Cielo despejado
	Presencia de viento	Sin viento
	Ausencia de plantas acuáticas	Ausencia de plantas acuáticas
M3	Soleado	Soleado
	Presencia de Viento	Sin Viento
	Parcialmente nubado	Cielo despejado
	Ausencia de plantas acuáticas	Ausencia de plantas acuáticas
Y1	Presencia de Viento	Viento leve
	Parcialmente nubado	Cielo totalmente nubado
	Ausencia de plantas acuáticas	Sin brillo Solar
Y2	Presencia de Viento	Soleado
	Parcialmente nubado	Parcialmente nubado
	Ausencia de plantas acuáticas	Viento leve
Y3	Soleado	Soleado
	Cielo despejado	Parcialmente nubado

	Presencia de viento	Viento leve
Y4	Sin viento	Sin viento
	Ausencia de plantas acuáticas	Cielo despejado
	Soleado	Soleado

Fuente: El autor, 2013.

Toma de parámetros físicos y químicos del agua.

Se realizó la medición In situ con una sonda multiparamétrica YSI Professional (temperatura, oxígeno disuelto, presión atmosférica, pH) y toma de muestras para análisis físico y químico del agua, con ayuda de un Kit de campo HACH (alcalinidad, temperatura, amonio, dureza, nitritos, dióxido de carbono, cloruros, pH). Con el disco Secchi se midió la transparencia del agua en cada punto de muestreo.

Colección de muestra de fitoplancton.

Las muestras de agua fueron tomadas empleando el método de profundidad utilizando la Botella Van Dorn, en donde la botella se bajó lentamente a una profundidad definida (Disco Secchi) y en lo posible sin generar turbulencia, dejándola suspendida por unos segundos. Adicionalmente, se tomó una muestra superficial sobre cada punto de muestreo. Las muestras se almacenaron en recipientes previamente rotulados e identificados, y se fijaron con lugol (solución de yoduro de potasio), adicionando 1 ml por cada 100 ml de muestra y se fija con Transeau, adicionando 100 ml por cada 100 ml de muestra. Todas las muestras colectadas fueron

almacenadas y preservadas en una nevera con hielo hasta su transporte al laboratorio de ciencias básicas de la Universidad de Surcolombiana.

Metodología en Laboratorio

Acondicionamiento de las muestras colectadas de fitoplancton.

Con el fin de tener las muestras a condición normal para el análisis se realizó un precalentamiento con ayuda de un baño maría, luego la muestra se agitó con ayuda de un vortex, con el fin suspender los sedimentos que se encuentran en el fondo del frasco colector.

Análisis de las muestras colectadas (Cualitativo).

Para el análisis del fitoplancton se tomaron alícuotas de la muestra con una pipeta Pasteur donde se depositó una gota de agua sobre un porta láminas y cubierto con un cubre láminas, se realizó un barrido por toda la cámara identificando los organismos que se observaron, se repitió el mismo procedimiento hasta no encontrar individuos nuevos, para su observación al microscopio (Leica, 4X, 10X, 40X). Se utilizó un software LAS EZ, con el fin de tomar la imagen de las algas observadas hasta llegar a la menor categoría taxonómica posible considerando las claves y material bibliográfico.

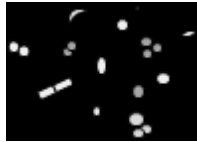
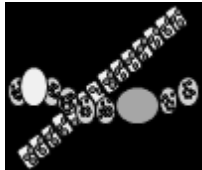
Interpretación de muestras colectadas (Cuantitativo).

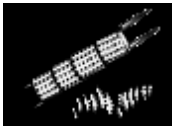
Se utilizaron cámaras de sedimentación por el método de Utermohl y microscopio invertido Olympus CK2 de la Universidad Nacional de Colombia Sede Leticia. La cámara de sedimentación tiene una capacidad de 10 ml para ello se homogeniza bien la muestra y se ponen a sedimentar 10 ml por 10 horas (1 ml de muestra por 1 hora de sedimentación). El tamaño del conteo siguió las recomendaciones de Lund *et al* (1958) y Wetzel & Likens (2000); para este caso se contó hasta 100 individuos de la morfoespecie más abundante con un porcentaje de error del 20 %. El resultado se expresa en términos de la densidad de número de células por litro de agua (Células.l⁻¹), por cada individuo se obtuvo un número de células que posteriormente se promedió el valor y se multiplicó por el número total de individuos contados (N. de ind * N. de células).

Análisis de información de las muestras colectadas.

La metodología establecida para la determinación de los grupos funcionales basados en la morfología fue la establecida por los autores Reynolds, 1984, 2002; Kruk *et al.*, 2010, 2011. Esta clasificación consiste en siete grupos que incluyen especies con diferente morfología, preferencias ambientales y distintos riesgos asociados a su desarrollo en los sistemas acuáticos (Kruk & Segura 2012) (Tabla 6).

Tabla 6. Grupos funcionales basados en morfología (GFBM) descritos por Kruk *et al.* (2010) y Kruk & Segura (2012).

GFBM	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	PREFERENCIAS Y SUSCEPTIBILIDADES	RIESGOS ASOCIADOS
I		Pequeños, alta S/V, alta tasa replicación y abundancia. Ej. <i>Synechocystis aquatilis</i> (Komárek 1976).	Toleran bajos nutrientes, y bajo tiempo de residencia, necesitan alta luz y son susceptibles a los depredadores.	En general no presentan riesgos. Son indicadores de buena calidad de agua cuando son poco abundantes, pocas especies pueden ser tóxicas.
II		Flagelados pequeños con paredes de sílice. Ej. <i>Mallomonas pulcherrima</i> (Lemmermann 1899).	Toleran bajos nutrientes y prefieren alta luz.	No presentan riesgos, indicadores de buena calidad de agua en amplio rango de abundancias.
III		Filamentos grandes con aerotopos, algunos fijan N ₂ . <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Seenayya & Subba Raju 1972).	Soportan baja luz y poco nitrógeno, resisten depredación, no toleran bajo tiempo de residencia.	Grandes riesgos, alcanzan alta biomasa con altos nutrientes y temperatura, forman floraciones dispersas, incluyen varias especies potencialmente tóxicas.
IV		Tamaño medio sin rasgos especializados. Ej. <i>Coelastrum microporum</i> (John & Tsarenko 2002).	Toleran moderados a bajos nutrientes y bajo tiempo de residencia, son susceptibles a depredación.	Escasos riesgos en rango amplio de abundancia.
V		Flagelados unicelulares de medio a gran	Toleran bajos nutrientes y depredación.	Sin riesgos en cuerpos de agua continentales, en

		tamaño. Ej. Euglena proxima VI(Ehrenberg 1830).		zonas costeras pueden desarrollar floraciones nocivas (mareas rojas).
VI		Organismos no flagelados con pared de sílice. Ej. Aulacoseira granulata (Simonsen 1979).	No toleran la estratificación, toleran bajo tiempo de residencia.	Raramente generan riesgos en los cuerpos de agua continentales, pero pueden afectar sistemas de filtración de agua.
VII		Colonias mucilaginosas de gran tamaño. Ej. Microcystis aeruginosa (Kützting 1846)	Controlan posición en columna de agua, sensibles a bajos nutrientes, resistentes a depredación y bajo tiempo de residencia.	Alcanzan altas biomásas y forman floraciones superficiales, especies notoriamente nocivas y potencialmente tóxicas.

Fuente: Cabrera *et al.* (2013).

Análisis estadísticos de la información analizada.

Toda la estadística se realizó con el programa RWizard (Guisande *et al.*, 2014) utilizando paquetes de R (R Development Core Team, 2016).

Las variables con las que se trabajaron son de dos tipos. Por un lado está el tipo de grupo funcional al que pertenece cada género, que es una variable cualitativa. Se analizó si la frecuencia de grupos morfo-funcionales variaba entre embalses, sitios y periodos de muestreo. El

otro tipo de variable que se utilizó fue la abundancia de los géneros, que es una variable cuantitativa y también se analizó si variaba entre embalses, sitios y periodos de muestreo.

En primer lugar se analizó si los valores de abundancia de los géneros eran comparables o no entre el método de botella y el de balde. Si se obtienen valores similares se podrían usar ambos datos como réplicas. Por el contrario, si se obtienen valores diferentes de abundancia, se tienen que hacer el promedio de ambos en los análisis estadísticos que se use abundancia. Este primer análisis se hizo con una regresión, donde el diagrama de dispersión se realizó con la función *plot.default* y la regresión lineal con la función *lm* ambas del paquete base de R (R Development Core Team, 2016). La función *lillie.test* del paquete *nortest* (Gross, 2016) se usó para realizar el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Las funciones *dwtest* y *bptest*, ambas del paquete *lmtest* (Hothorn *et al.*, 2016), se utilizaron para analizar la auto correlación con el test de Durbin-Watson y la homocedasticidad con el test de Breusch-Pagan, respectivamente.

Para el objetivo cuatro, se trabajó con las frecuencias de grupos funcionales y embalses, sitios y periodos, que son variables cualitativas politómicas, y ser necesario un contraste de homogeneidad, lo correcto fue aplicar un test χ^2 (Guisande *et al.*, 2006; 2011; 2012). Para realizar el test χ^2 y la gráfica correspondiente se usó la función *assoc* del paquete *vcd* de R (Meyer *et al.*, 2006; 2016).

En el caso de la abundancia, se realizó un Análisis Discriminante Lineal con las funciones *candisc* del paquete *candisc* (Friendly, 2007; Firendly & Fox, 2013) y *lda* del paquete *MASS* (Venables & Ripley, 2002; Ripley *et al.*, 2014). El gráfico con una dimensión del Análisis Discriminante se realizó con la función *plot.cancor* del paquete *candisc* (Friendly, 2007; Firendly & Fox, 2013). También se realizó un Escalamiento Multidimensional con la función *metaMDS* del paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2016). Para realizar el gráfico biplot se usó la función *scatterplot* del paquete *car* (Fox *et al.*, 2016).

Resultados

Calidad Del Agua In Situ (Físico y Química).

Los parámetros fisicoquímicos del agua determinados por factores ambientales influyen de manera directa en la diversidad de las comunidades fitoplanctónicas (Ver Anexo 1). De igual forma la cobertura de la vegetación (macrófitas), no solo influye en la producción de nutrientes en el agua, también influye en la calidad del hábitat para las algas.

Transparencia del agua muestreada (Disco Secchi).

Los valores de transparencia que se registraron utilizando un Disco Secchi se encontraron entre los 11 cm (M3, este punto se triplico su profundidad) mínimo y 100 cm (M1) máximo, los dos datos se obtuvieron en el primer periodo de muestreo (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Valores profundidad Disco Secchi

PROFUNDIDAD DISCO SECCHI (cm)		
PUNTOS	PRIMER PERIODO	SEGUNDO PERIODO
M1	100	70
M2 *	30	64
M3 **	33	45
Y1	65	90
Y2	30	70
Y3	70	53
Y4	75	54

* Se tomó la profundidad a dos veces el valor de disco Secchi.

** Se tomó la profundidad a tres veces el valor disco Secchi.

Fuente: El Autor, 2013.

Temperatura superficial del agua.

Se observó en las sitios con presencia de producción piscícola del embalse de Betania que la temperatura promedio fluctuó en el primer periodo entre 29,4°C en Nueva York (M1) y 39°C en Planadas (Y4), y en el segundo periodo entre 21°C en La Vaga (Y3) y 25°C en Planadas, Tortugas, Caraguaja y Nueva York (Y4, Y1, M3 y M1). Las temperaturas más bajas se registraron durante el segundo periodo con un promedio de 24°C, mientras que las más altas se registraron en el primer periodo con un promedio de 33,6°C (Ver figura 5).

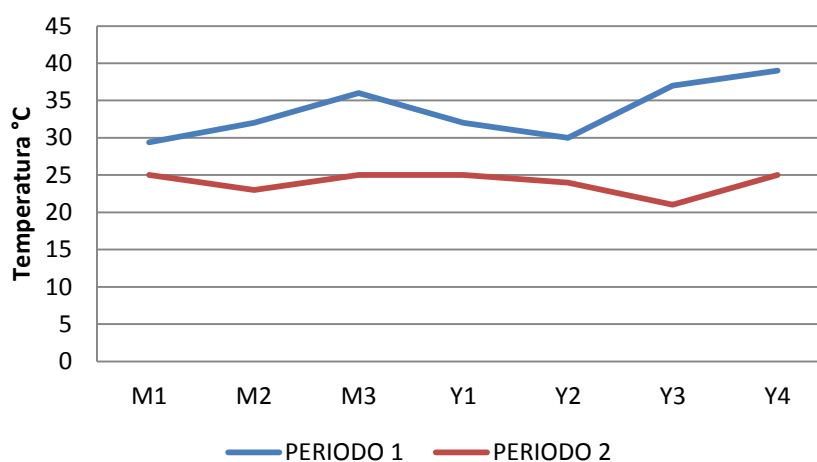


Figura 5. Valores del Comportamiento de la Temperatura (°C) registrada en los periodos y puntos de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El autor, 2013.

pH.

El pH no presentó variaciones temporales importantes, se mantuvo en valores promedio cercanos a la neutralidad oscilando entre 7,1 y 8,8 unidades primer periodo y entre 7,1 y 8 unidades para el segundo periodo. El menor valor registrado fue de 7,1 en la estación Caraguaja (M3) durante el segundo periodo y el mayor valor fue de 8,8 en la estación La Vaga (Y3) durante el primer periodo (Ver Figura 6).

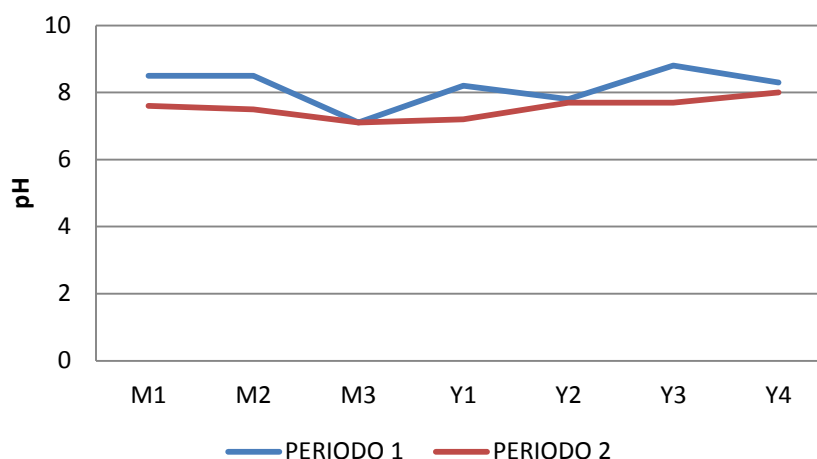


Figura 6. Valores del Comportamiento de la pH registrada en los periodos y puntos de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga , Y4: Planadas)

Fuente: El autor, 2013.

Gas Carbónico.

En promedio, en el embalse de Betania, los valores de gas carbónico fluctuaron entre 5 y 20 mg L⁻¹. El mayor valor se registró en el sitio de muestreo Nueva York (M1) durante el primer periodo, el menos valor se presente en el sitio de muestreo Botero, Tortugas, Mollas y La Vaga (M2, Y1, Y2 y Y3) durante el primer periodo (Ver Figura 7).

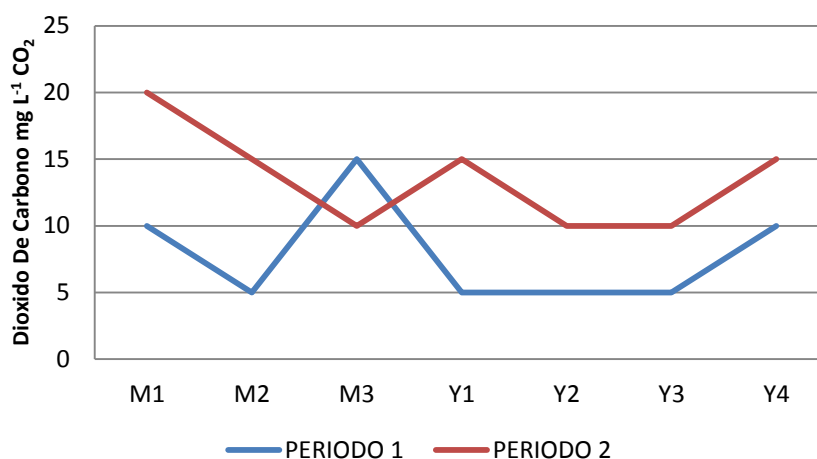


Figura 7. Valores del Comportamiento de la Dióxido de Carbono (mg/L CO₂) registrada en los periodos y puntos de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El autor, 2013.

Dureza.

Los valores oscilaron entre 34,2 y 85,5 mg L⁻¹ el menor valor se registró en el segundo periodo en el punto de muestreo Caraguaja (M3), mientras que el mayor se registró en el primer

periodo en el punto de muestreo Nueva York (M1) (Ver Figura 8). Los resultados obtenidos muestran que las aguas de las zonas de producción piscícola del embalse de Betania son blandas.

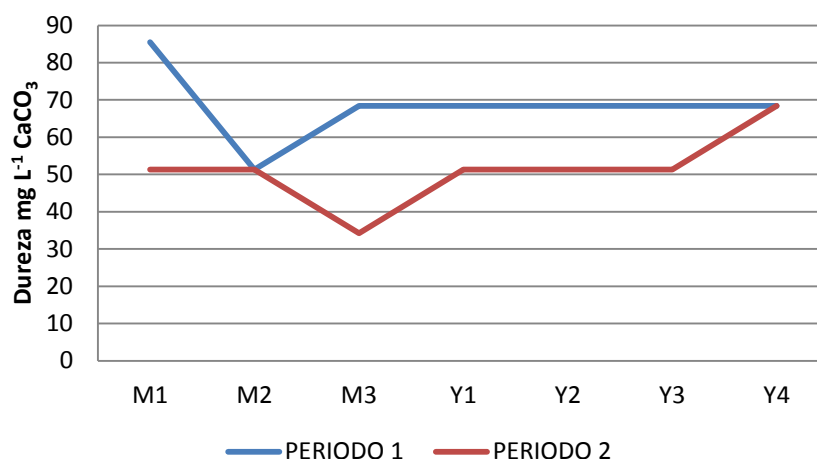


Figura 8. Valores del Comportamiento de la Dureza (mg/L CaCO₃) registrada en los periodos y puntos de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El autor, 2013.

Alcalinidad.

Los valores obtenidos estuvieron entre 0 y 51,3 mg L⁻¹, registrados el menor valor en el punto de muestreo de Botero (M2) durante el primer periodo y el mayor valor se presentó en La vaga (Y3) primer periodo y Caraguaja (M3) segundo periodo (Ver Figura 9).

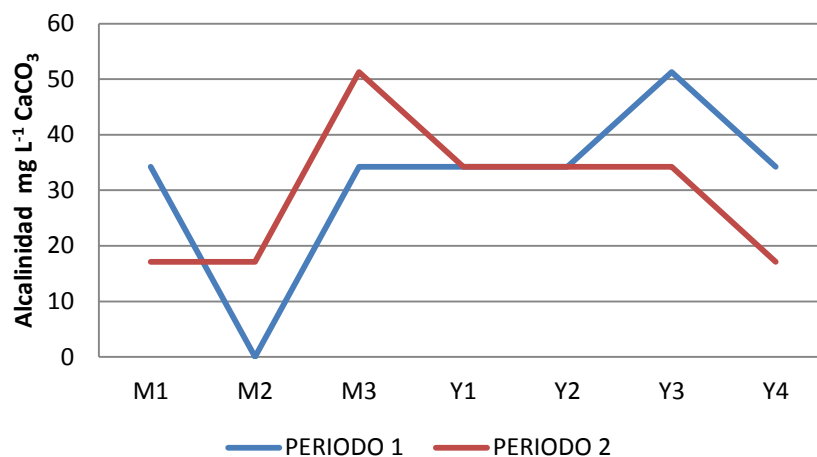


Figura 9. Valores del Comportamiento de la Alcalinidad (mg/L CaCO₃) registrada en los periodos y puntos de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El autor, 2013.

Nitritos.

Los valores obtenidos estuvieron entre 0 y 0,165 mg L⁻¹, registrados el menor valor en el punto de muestreo de Botero, Tortuga, Mollas y La vaga (M2, Y1, Y2 y Y3) durante el primer periodo y LaVaga y Planadas durante el segundo periodo y el mayor valor se presentó en Nueva York (M1) en el segundo periodo (Ver Figura 10).

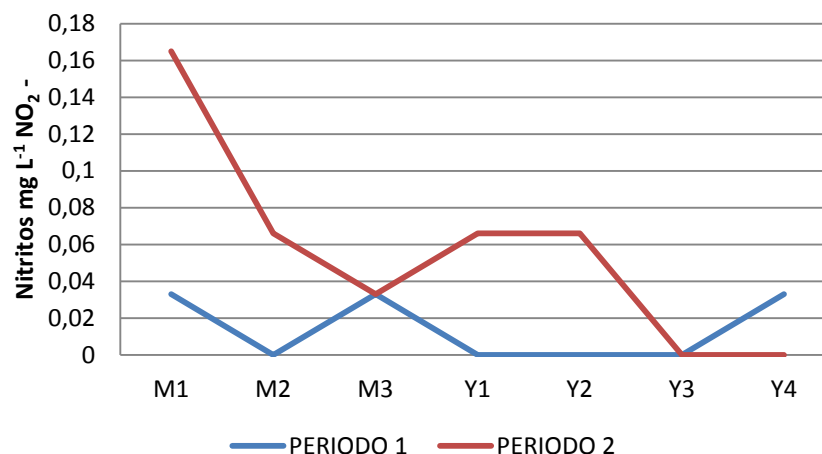


Figura 10. Valores del Comportamiento de la Nitritos (mg/L NO₂) registrada en los periodos y puntos de muestreo (M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El autor, 2013.

Relación de los parámetros fisicoquímicos del agua según el periodo y sitios de muestreo.

Se aplicó el análisis de Componentes Principales a los datos de parámetros físicos químicos del agua para determinar la variabilidad espacio-temporal y la asociación entre el periodo y sitio de muestreo (ver Figura11)

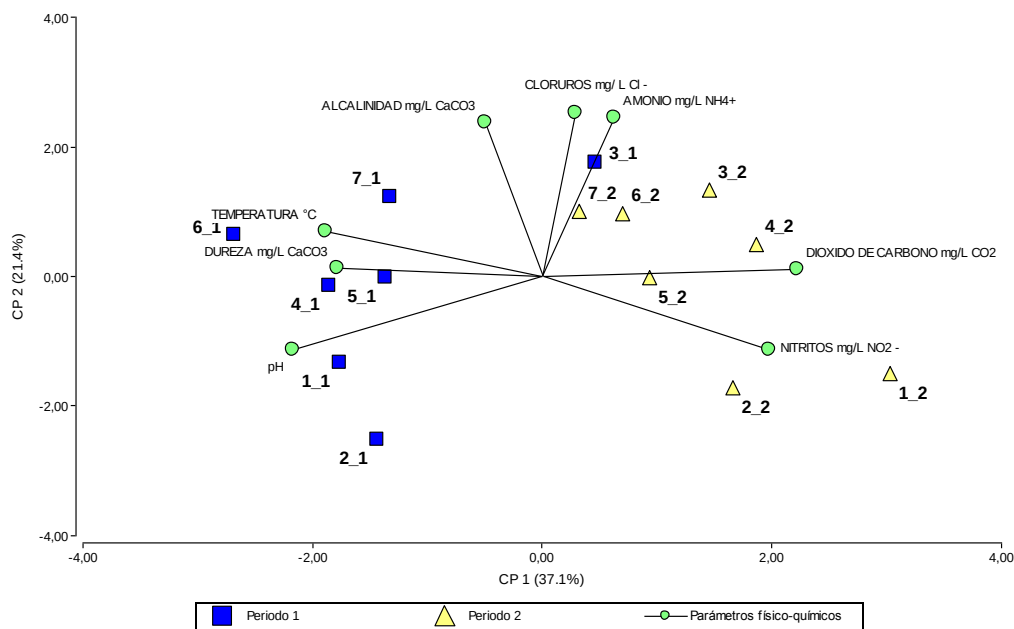


Figura 11. Componentes principales de los parámetros físicos químicos del agua según el periodo y sitio de muestreo. (1_1:Sitio_Periodo, 1:M1, 2:M2, 3:M3, 4:Y1, 5:Y2, 6:Y3, 7:Y4)

Fuente: El autor, 2013.

Se observa que los parámetros pH están asociados a los sitios 1 (M1) y 2 (M2), la dureza a los sitios 4 (Y1) y 5 (Y2), y la temperatura a los sitios 6 (Y3) y 7 (Y4), y el amonio con el sitio 3 (M3), los cuales se relacionan con el periodo 1, y los parámetros nitritos esta asociados a los sitios 1(M1) y 2 (M2), dióxido de carbono a los sitios 3 (M3), 4 (Y1) y 5 (Y2) y el amonio a los sitios 7 (Y4) y 6 (Y3), los cuales se relacionan a el periodo 2.

Composición de la Comunidad Fitoplanctónica

Riqueza.

Para los periodos P1 y P2 se encontró un total de 28 morfoespecies distribuidas en 10 grupos taxonómicos (Ver Figura 12), de las cuales Chlorophyceae presentó el mayor valor con 6, seguido de Bacillariophyceae y Cyanophyceae con 4, seguido de Coscinodiscophyceae, Euglenophyceae, Zygnemaphyceae con 3, Dinophyceae con 2 y Chlamydomonadophyceae, Chrysophyceae, Xanthophyceae con una morfoespecie cada una; para mayor detalle de las morfoespecies encontradas por cada estación (Ver Anexo 4 y 5).

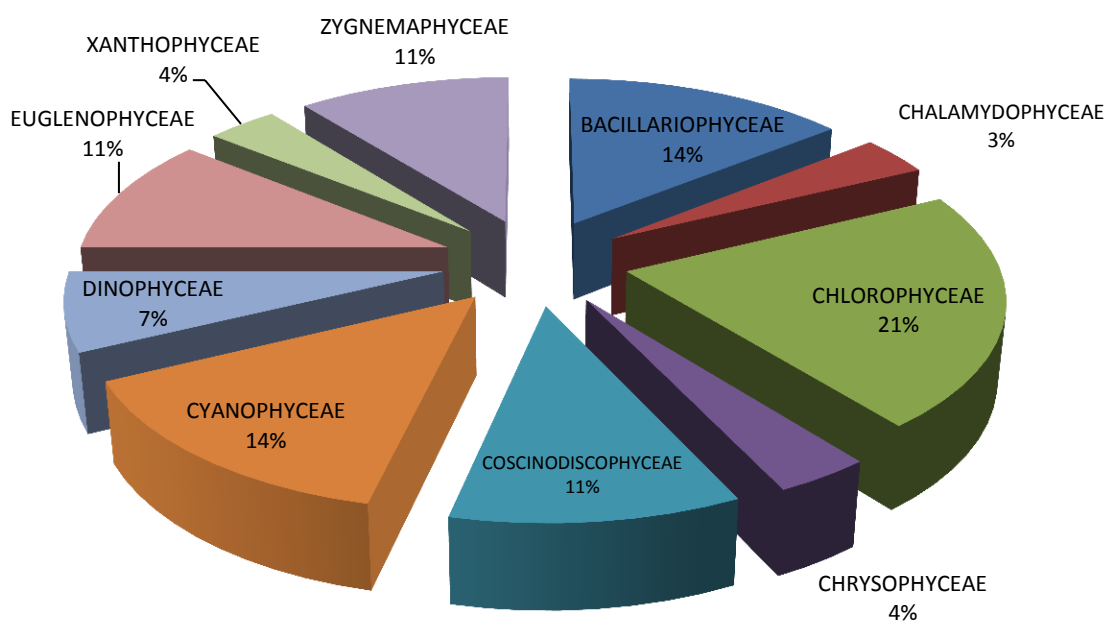


Figura 12. Proporciones de las Clases Taxonómicas Total Durante los Dos Periodos de Muestreo

Fuente: El Autor, 2013

También se tomaron microfotografías con un microscopio que incluye una cámara digital de las algas más representativas las cuales pueden observarse en el Anexo 6.

Realizando una comparación entre los grupos de fitoplancton encontrados, se obtuvo que para P1 tanto para BT y BD el más representativo fue Chlorophyceae el cual representa el 33,3% y 25% de la riqueza total encontrada, respectivamente, Zygnemaphyceae fue la segunda importancia con un 11,1% para BT y un 18,8% para BD. Para P2 tanto para BT y BD el más representativo fue Bacillariophyceae el cual representa el 18,2% de la riqueza total encontrada, Chlorophyceae es la de segunda importancia con un 13,6 % tanto BT y BD (Ver Figura 13).

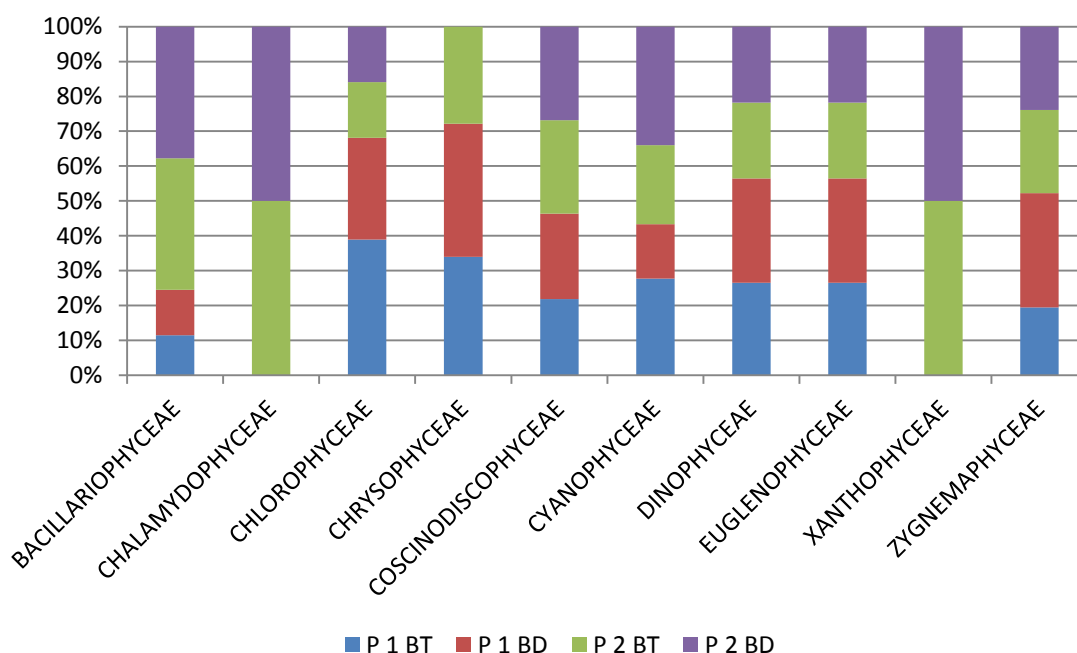


Figura 13. Proporciones de las Clases Taxonómicas Relativa según el periodo y el método de captura (P1: Primer Periodo, P2: Segundo Periodo, BT: Botella Van Dorn, BD: Directa)

Fuente: El Autor, 2013.

Abundancia.

Considerando la abundancia total (Cél ml⁻¹), el P1 por el método BT presentó los mayores valores en las estaciones M3 con 2321 Células.ml⁻¹ y Y2 con 1849 Células.ml⁻¹, el punto con menor valor corresponde a Y3 con 920 Células.ml⁻¹, por el contrario en BD las estaciones más representativas fueron Y2 y Y3 con 1442 Células.ml⁻¹ y 1393 Células.ml⁻¹ respectivamente, el punto con menor valor corresponde a M1 con 994 Células.ml⁻¹ (Ver Figura 14 y Ver Anexo 2).

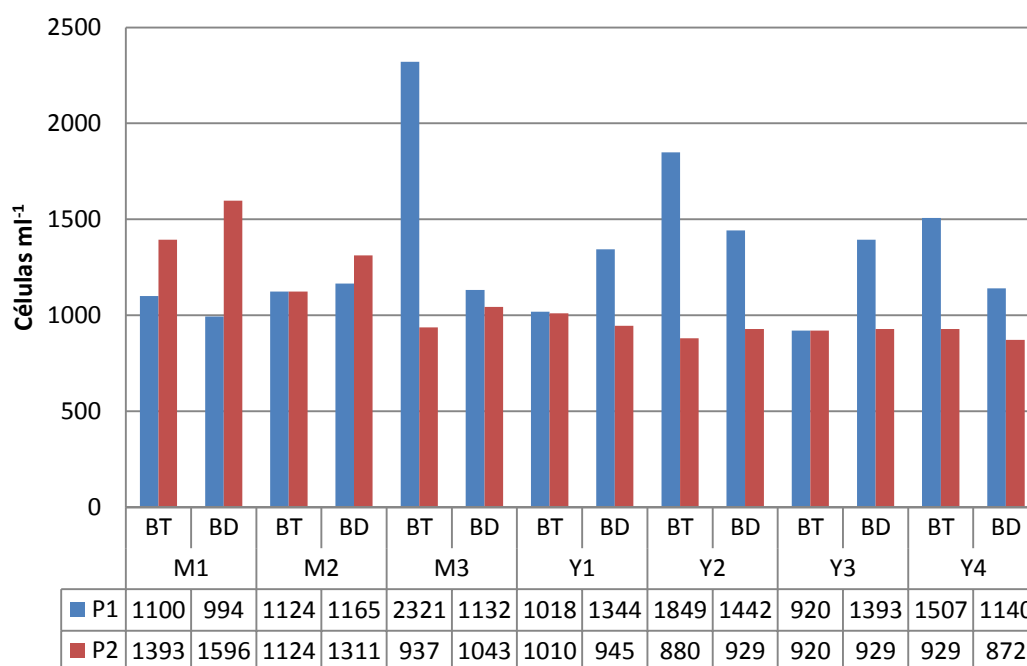


Figura 14. Abundancia Total de las Especies Recolectadas Durante los Periodos de Muestreo (P1: Primer Periodo, P2: Segundo Periodo, BT: Botella Van Dorn, BD: Directa Superficial, M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El Autor, 2013.

Para el P2 por el método BT presentó los mayores valores en las estaciones M1 con 1393 Células.ml⁻¹ y M2 con 1124 Células.ml⁻¹, el punto con menor valor corresponde a Y2 con 880 Células.ml⁻¹, por el contrario en BD las estaciones más representativas fueron M1 y M2 con 1596 Células.ml⁻¹ y 1311 Células.ml⁻¹ respectivamente, el punto con menor valor corresponde a Y4 con 872 Células.ml⁻¹ (Ver Figura 14 y Ver Anexo 2).

Se realizó el análisis de la abundancia relativa fitoplanctónica durante el P1 de los tres puntos de muestreo ubicados sobre el brazo Magdalena, se obtuvo que para el punto M1 las Coscinodiscophyceae son las más importantes con el 88,1% para el método BT y el 75,7% para el método BD, para M2 las Cyanophyceae presentan un predominio del 91,4 % por el método BT y por el método BD las Coscinodiscophyceae con el 64,6%, para M3 las Dinophyceae fueron las más importantes con el 57,5% por el método BT y las Coscinodiscophyceae con el 95% por el método BD (Ver Figura 15).

Durante el P2, se obtuvo que para el punto M1 las Coscinodiscophyceae fueron las más importantes donde se presentó el 60,4% y 35,9% tanto para los métodos BT y BD respectivamente, para M2 también las Coscinodiscophyceae presentan el mayor porcentaje con el 80,4% y el 62,4% para BT y BD respectivamente, y para M3 las Dinophyceae fueron las más importantes con el 89,6% y el 83,6 tanto para los métodos BT y BD respectivamente (Ver Figura 15).

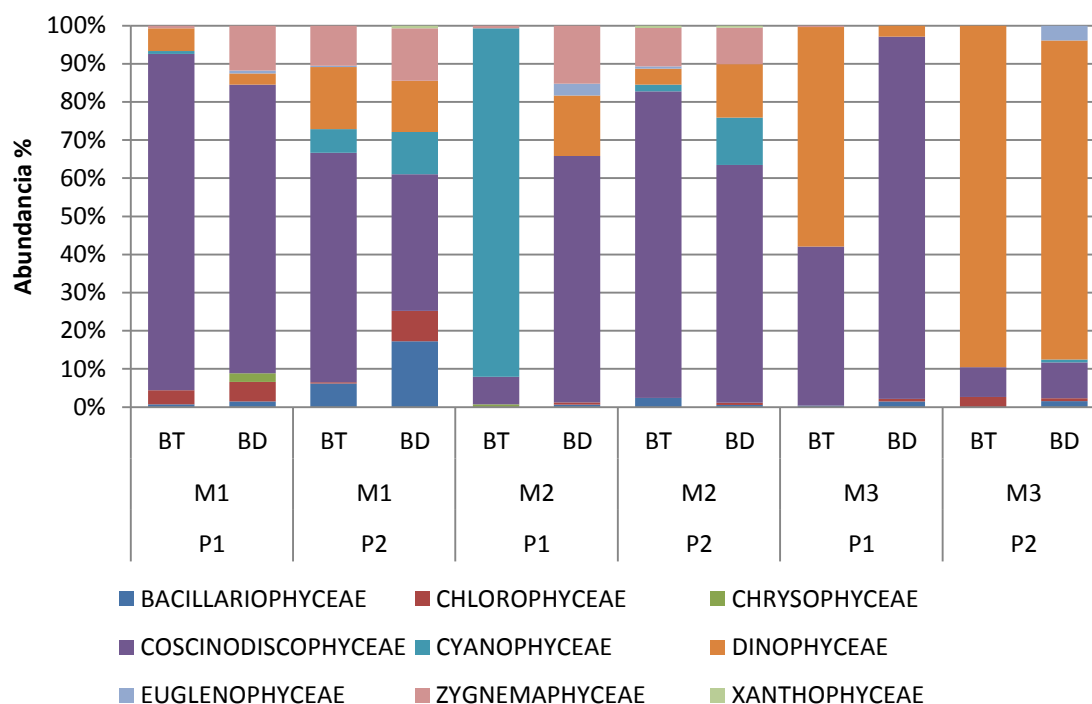


Figura 15. Abundancia relativa de las especies muestreadas para los puntos sobre el brazo del Río Magdalena. (P1: Primer Periodo, P2: Segundo Periodo, BT: Botella Van Dorn, BD: Directa Superficial, M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas).

Fuente: El Autor, 2013.

Se realizó el análisis de la abundancia relativa fitoplanctónica durante el P1 de los cuatro puntos de muestreo ubicadas sobre el brazo Yaguará, se obtuvo que para el punto Y1 las Coscinodiscophyceae fueron las más importantes con un 92% y el 79,8 por el método BT y BD respectivamente, para le punto Y2 las Dinophyceae presentaron el 47 % y el 67% por los métodos BT y BD respectivamente, para Y3 las Dinophyceae fueron las representativas el 90,7% y las Coscinodiscophyceae con el 72,3 % para los métodos BT y BD respectivamente, y por

último en el punto Y4 las Dinophyceae presentaron el 56,7% y las Coscinodiscophyceae con el 73,5 % para los métodos BT y BD respectivamente (Ver Figura 16).

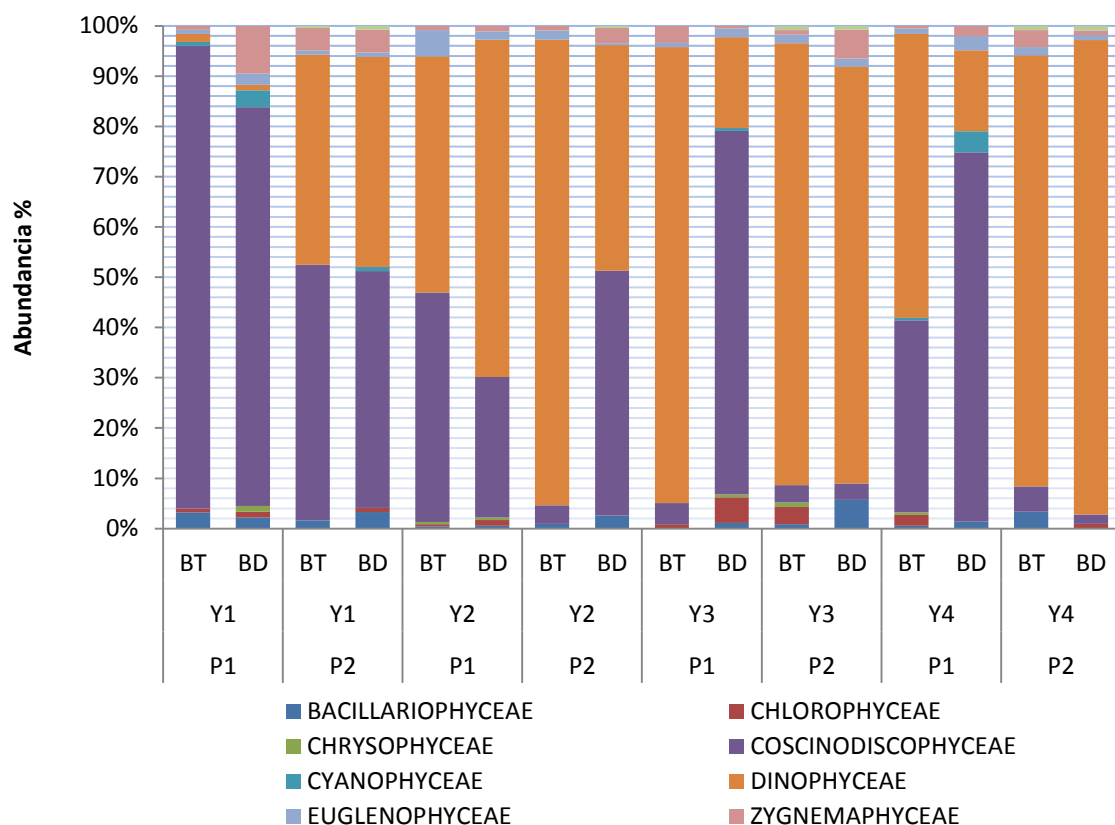


Figura 16. Abundancia relativa para especies muestreadas de los puntos sobre el brazo del Río Yaguará (P1: Primer Periodo, P2: Segundo Periodo, BT: Botella Van Dorn, BD: Directa Superficial, M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La Vaga, Y4: Planadas)

Fuente: El Autor, 2013.

Durante el P2, se obtuvo que para el punto Y1, Coscinodiscophyceae presentó el 50,8 % y el 47,1 de abundancia por el método BT y BD respectivamente, para el punto Y2 Dinophyceae presentó el 92,6% y Coscinodiscophyceae el 48,7 %, para los métodos BT y BD

respectivamente. En Y3, Dinophyceae presentó el 87,9 % y el 82,9 % de abundancia para los métodos BT y BD respectivamente, y en el punto Y4 las Dinophyceae presentaron el 85,7% y el 94,4 % para los métodos BT y BD respectivamente (Ver Figura 16).

Diversidad.

Se estimó la diversidad biológica según el índice de Shannon (H), las estaciones muestreadas durante el P1, por el método de BD tienden a presentar los mayores valores, siendo el punto Y3 la más alta ($H = 1,25$ bits), y por el método BT, el punto con mayor valor fue M3 ($H = 1,26$ bits). En el P2 la estación con el mayor valor fue M1 tanto por el método BT y BD con $H = 1,46$ y $1,63$ bits respectivamente (Ver Figura 17).

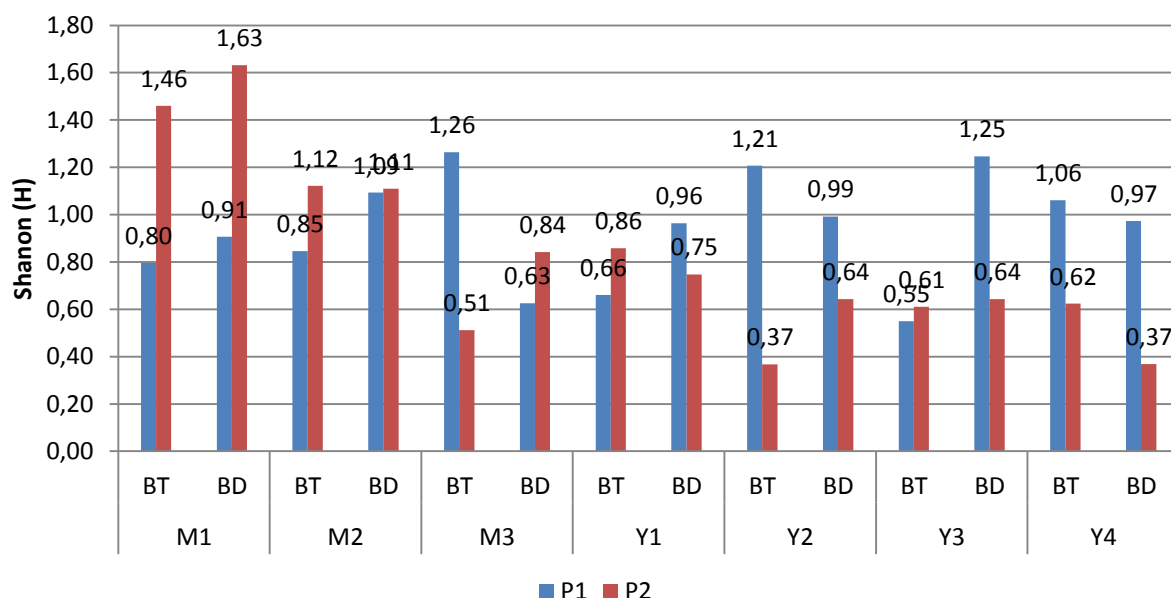


Figura 17. Diversidad de Shannon para las estaciones muestreadas en las dos periodos (P1:

Fuente: El Autor, 2013.

Determinación de los Grupos Morfo - Funcionales Fitoplanctonicos

Identificación de los grupos funcionales de las especies basados en su morfología (GFBM) durante los periodos de muestreo.

Durante el periodo 1 (P1) se identificaron 19 especies en donde el Grupo funcional con mayor presencia de especies es el IV con un total de 5 especies, en el periodo 2 (P2) se presentaron un total de 24 especies en donde el grupo funcional con mayor incidencia fue el GF VI con un total de 7 especies (Ver Figura 18 y Ver Anexo 3).

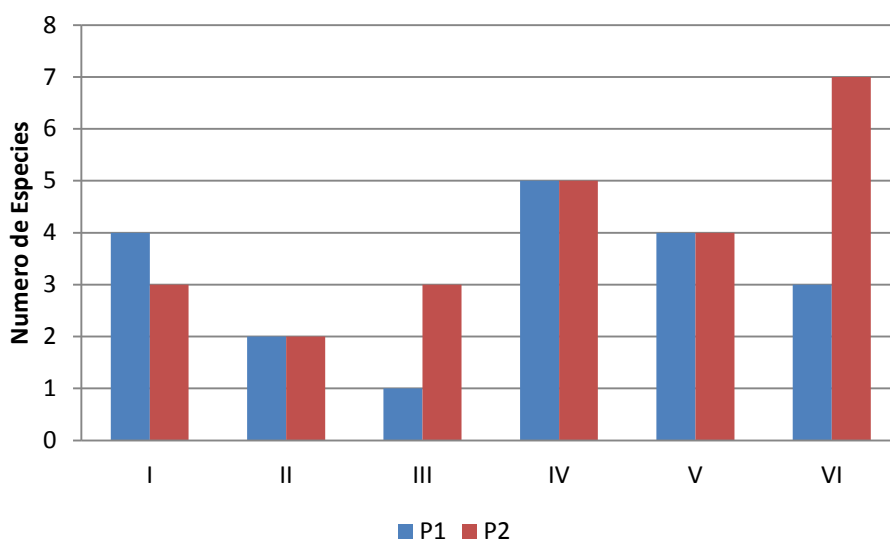


Figura 18. Número de especies identificadas en cada uno de los Grupos Funcionales durante el Periodo 1 (P1) y periodo 2 (P2)

Fuente: El Autor, 2013

Descripción de los grupos funcionales basados en la morfología (GFBM) durante los periodos de muestreo.

En la Tabla 8 se registran los grupos funcionales identificados durante los periodos de muestreo más representativos:

Tabla 8. Descripción de los siete grupos funcionales basados en la morfología del fitoplancton para el Embalse Betania durante los dos periodos hídricos comprendido entre el 24/03/2013 hasta el 31/03/2013 y el segundo periodo entre el 15/06/2013

GF	Descripción	Grupos Taxonómicos Principales	Taxa representativos
I	Pequeños organismos con alta S/V	Chlorococcales Oscillatoriales	<i>Cosmarium sp</i> , <i>Staurostrum sp</i> , <i>Chroococcus sp</i> .
II	Pequeños organismos flagelados con estructuras de exoesqueleto silíceo es	Chrysophyceae	<i>Mallomonas sp</i>
III	Largos filamentos con aerótopos	Oscillatoriales	<i>Oscillatoria sp</i> , <i>Anabaena sp</i> .
IV	Organismos de tamaño mediano, falta de estructuras especializadas.	Chlorococcales Oscillatoriales	<i>Merismopedia sp</i> , <i>Closterium sp</i> , <i>Pediastrum sp</i> , <i>Desmodesmus sp</i> , <i>Scenedesmus sp</i> .
V	Unicelular flagelados de mediano a gran tamaño.	Cryptophyceae Dinophyceae Euglenophyceae Chlorococcales	<i>Peridinium sp</i> , <i>Trachelomonas sp</i> , <i>Strombomonas sp</i> .
VI	Organismos no-flagelados con exoesqueleto silíceo.	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira sp</i> , <i>Melosira sp</i> , <i>Cyclotella sp</i> , <i>Synedra sp</i>

Fuente: El Autor, 2013

Densidad de los grupos funcionales de acuerdo al método de captura.

Se obtuvo de acuerdo al método de Botella Van Dorn (BT) la cual corresponde a los valores de profundidad registrados por el Disco Secchi, tanto para el P1 y el P2 los mayores valores de densidad de los grupos funcionales de acuerdo al método de captura se presentaron en el GF V con un total de 5107,09 células.ml⁻¹ equivalentes al 51,90 % en el P1 y el 4610,23 células.ml⁻¹ equivalentes al 64,09 % en el P2 representado por morfoespecies como *Peridinium sp*, *Trachelomonas sp* y *Strombomonas sp*. (Ver Figura 19).

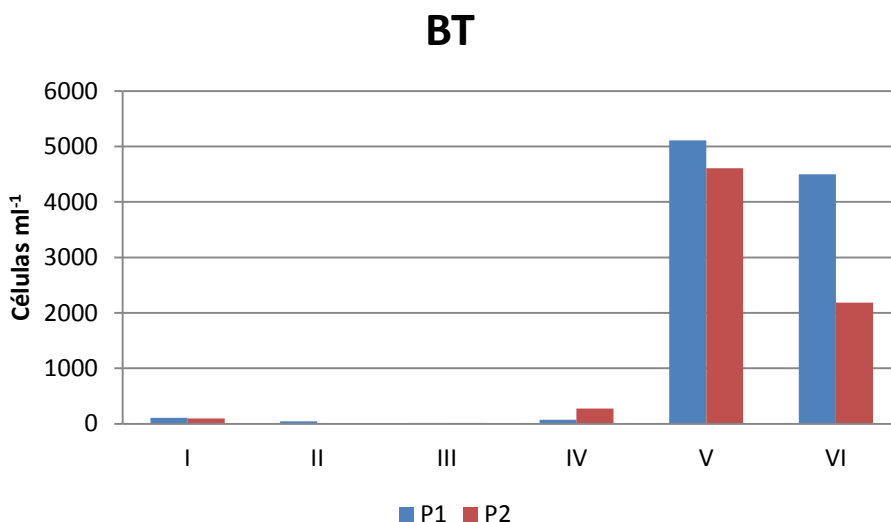


Figura 19. Densidad de los Grupos Funcionales según el método de captura Botella Van Dorn (BT) durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.

Fuente: El Autor, 2013

Se obtuvo que en la parte superficial del embalse por el método de captura directa (BD), se observó que en P1 los mayores valores se representan por las morfoespecies del GF VI con un

total de 6353,32 células ml^{-1} equivalentes al 73,86 % representador por *Aulacoseira sp*, *Melosira sp*, *Cyclotella sp* y *Synedra sp*. Para el P2 los mayores valores se presentan en el GF V con un total de 4756,84 células ml^{-1} equivalentes al 62,39 % (Ver Figura 20).

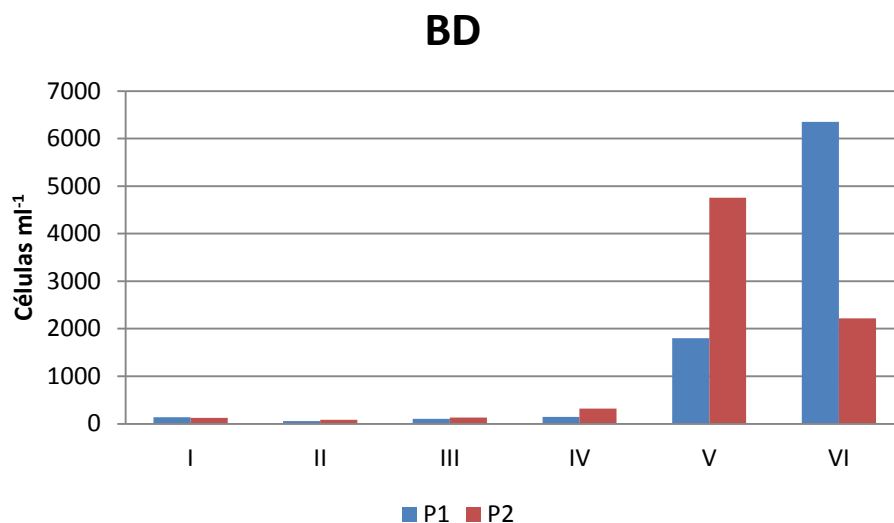


Figura 20. Densidad de los Grupos Funcionales según el método de directa (BD) durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.

Fuente: El Autor, 2013

Densidad de los grupos funcionales de acuerdo a los subembalses.

Se obtuvo que para el subembalse del Magdalena tanto para el P1 y el P2 los mayores valores de densidad de los grupos funcionales según el subembalse se presentaron el GF VI, con unos valores de 4854,59 células ml^{-1} en P1 y 3966,75 células ml^{-1} en P2. (Ver Figura 21).

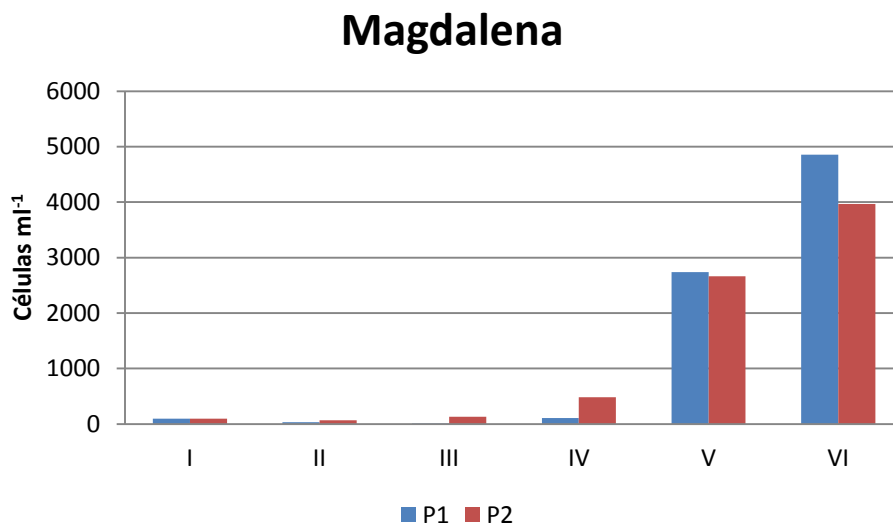


Figura 21. Densidad de los Grupos Funcionales en el subembalse Magdalena durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.

Fuente: El Autor, 2013

Se obtuvo que para el subembalse de Yaguará, para el P1 los mayores valores de densidad de los grupos funcionales según el subembalse se presentaron en el GF VI con un total de 5994,93 células ml⁻¹ y el P2 los mayores valores se presentaron en el GF V con un total de 6703,57 células ml⁻¹ (Ver Figura 22).

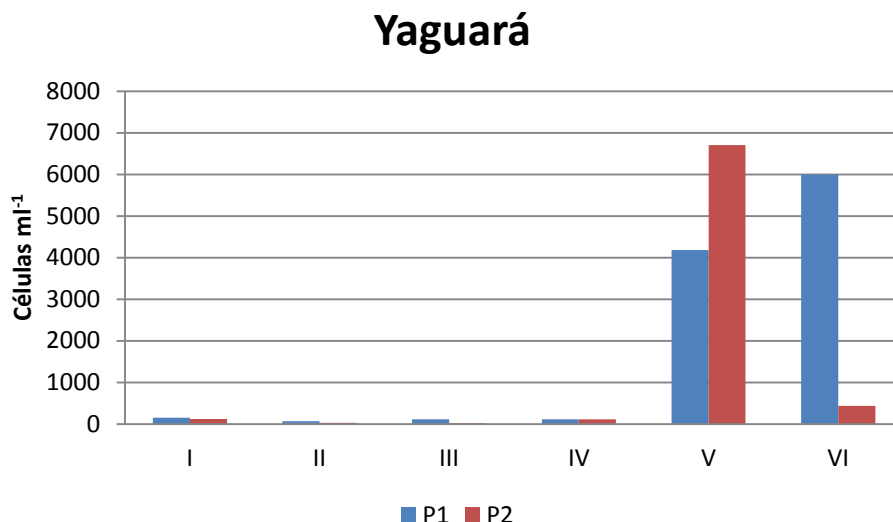


Figura 22. Densidad de los Grupos Funcionales en el subembalse Yaguará durante los dos Periodos de muestreo P1 y P2.

Fuente: El Autor, 2013

Densidad de los grupos funcionales de acuerdo los sitios de muestreo.

Para el periodo de muestreo P1 los Grupos Funcionales con mayor densidad de especie fueron el GF V y VI, con un total de 16282,42 células ml⁻¹ y 15247,97 células ml⁻¹ respectivamente, se observa que en sitio de muestreo M1 presenta la mayor concentración del grupo funcional VI con un total de 3787,55 células ml⁻¹ y Y2 presenta la mayor concentración del grupo funcional V con un total de 3616,50 células ml⁻¹ (Ver Figura 23).

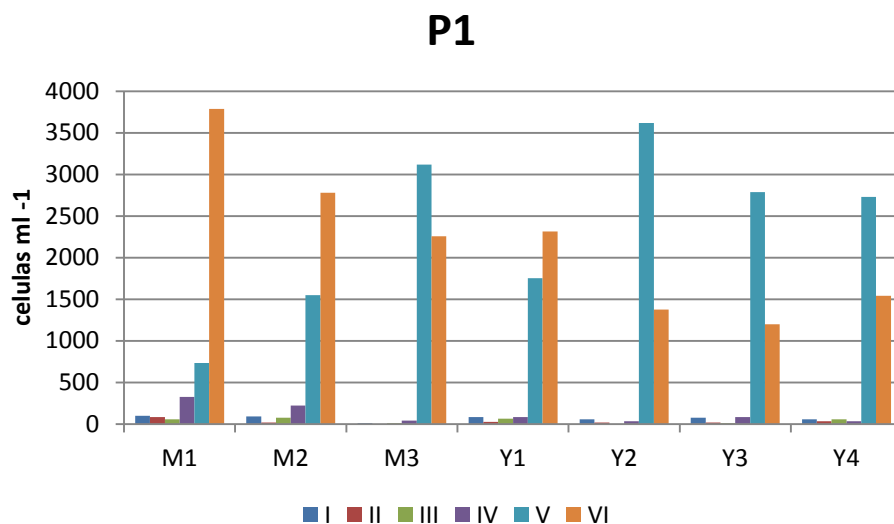


Figura 23. Densidad de los Grupos Funcionales en los sitios de muestreo durante el Periodo 1 (P1).

Fuente: El Autor, 2013

Para el P2, el GF VI presenta mayor densidad en los sitios de muestreo M1 y M2, con un total del 1954,86 células ml^{-1} y 1824,54 células ml^{-1} respectivamente, y el GF V presentó mayor densidad en los sitios M3, Y1, Y2, Y3 y Y4. Siendo el sitio M1 el que presenta mayor densidad de los GF con un total de 2989,31 células ml^{-1} (Ver Figura 24).

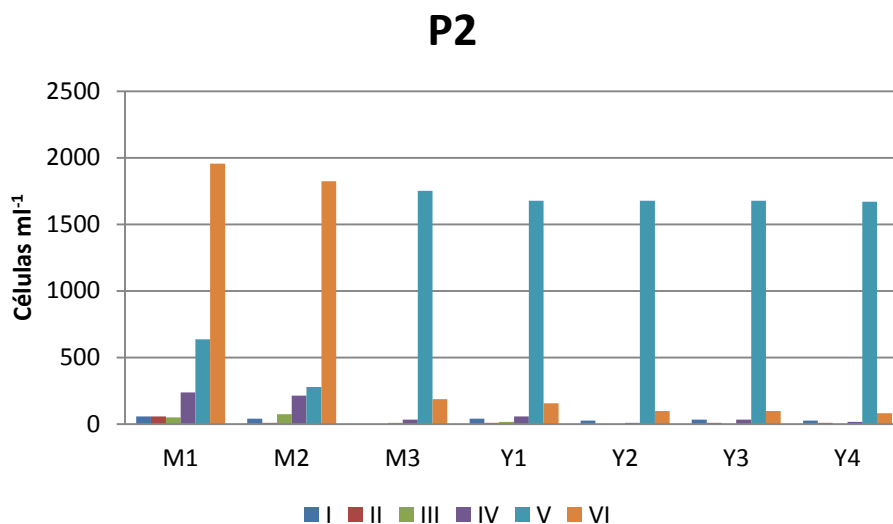


Figura 24. Densidad de los Grupos Funcionales en los sitios de muestreo durante el Periodo 2 (P2).

Fuente: El Autor, 2013

Densidad de los grupos funcionales de acuerdo al periodo de muestreo.

Durante el P1 se determinó que el método de captura con mayor concentración fue BT con mayores valores en los GF V y VI, y el método BD presentó mayores valores en los GF V y VI. El GF VI presentó mayores valores de concentración de morfoespecies por los dos métodos de captura BT y BD es en el GF VI (Ver Figura 25).

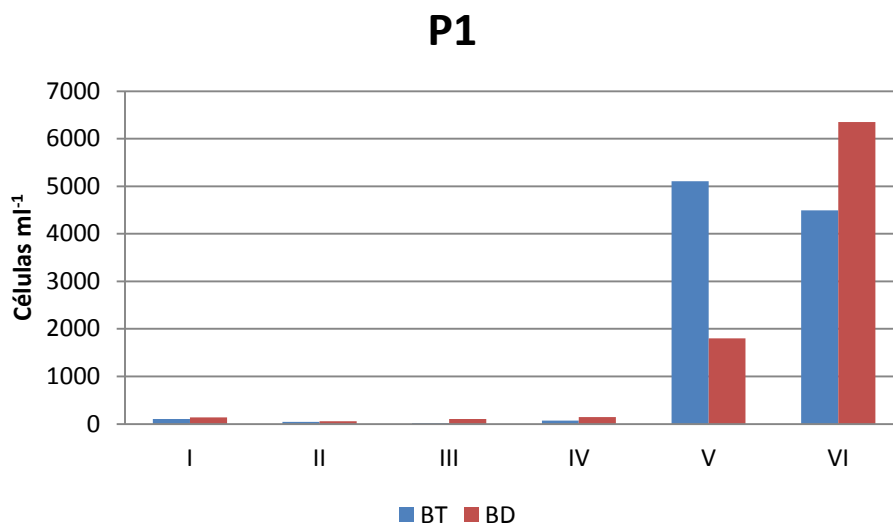


Figura 25. Densidad de los Grupos Funcionales durante el periodo 1 (P1) según el método de captura Botella Van Dorn (BT) y Directa (BD).

Fuente: El Autor, 2013

Durante el P2 se determinó que para método de captura BD y BT la mayor concentración de morfoespecies se presentó en los GF V y VI. El GF V presentó mayores valores de concentración de morfoespecies por los dos métodos de captura BT y BD es en el GF V (Ver Figura 26).

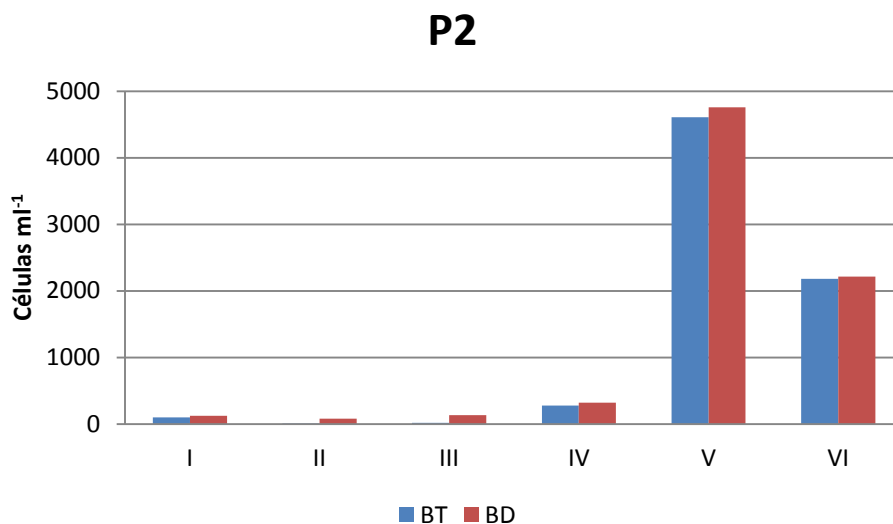


Figura 26. Densidad de los Grupos Funcionales durante el periodo 2 (P2) según el método de captura Botella Van Dorn (BT) y Directa (BD).

Fuente: El Autor, 2013

Abundancia de cada género para cada grupo morfo-funcional.

De acuerdo a la abundancia total se estableció la clasificación morfo-funcional durante los dos periodos de muestreo, en donde los Grupos V y VI fueron los más representativos aportando el 49,05 % y el 45,87 %. Los géneros *Ceratium* y *Melosira* fueron los más importantes respectivamente. (Ver Figura 27).

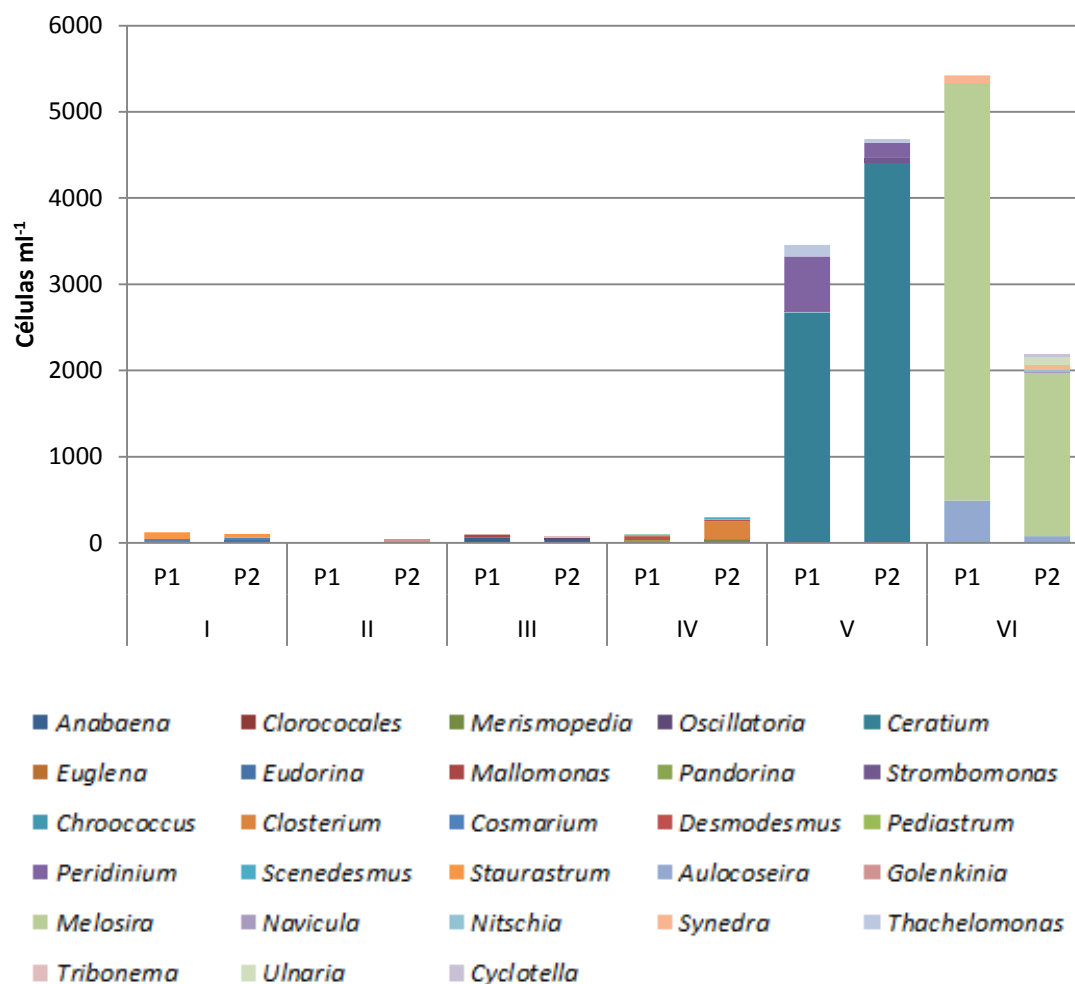


Figura 27. Abundancia de Genero por Grupo Morfo-Funcional. (P1: Periodo 1, P2: Periodo 2)

Fuente: El autor, 2013.

Variación Espacio Temporal de los Grupos Morfo-Funcionales Fitoplanctónicos

Relación entre la abundancia de géneros y el método de captura

Los resultados indican que en la mayoría de los casos la abundancia obtenida con ambos métodos fue similar. Sin embargo, existen géneros para los cuales la abundancia fue diferente en

función del método de muestreo (Ver Figura 28). Por ejemplo, el género *Ceratium* presento mayor abundancia con el método de botella al igual que los géneros *Melosira* y *Peridinium*.

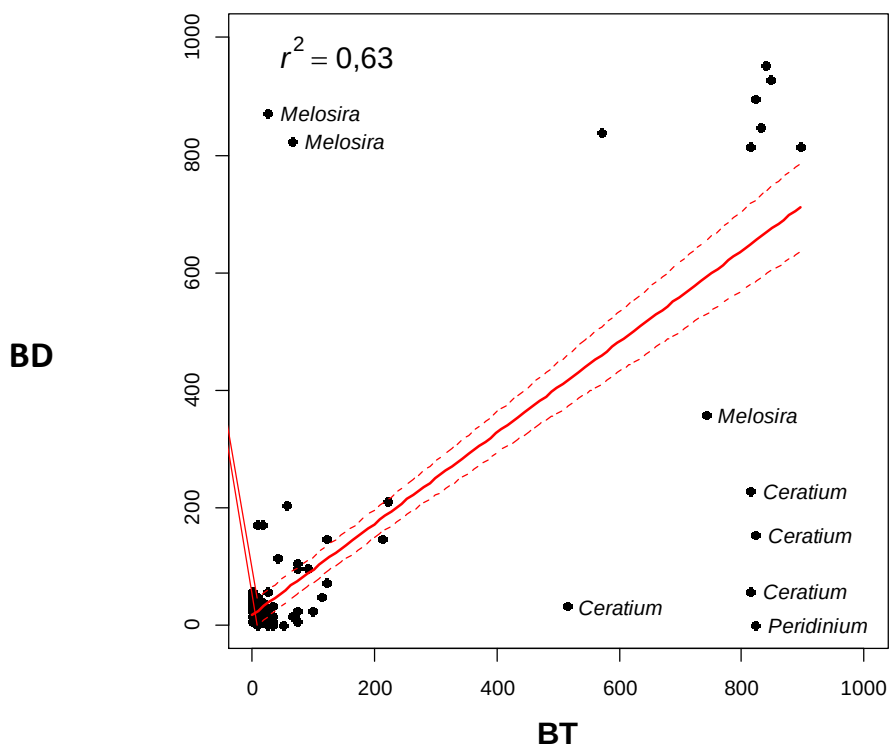


Figura 28. Relación entre la abundancia (células ml^{-1}) de géneros obtenida con el método de botella (BT) y con el de balde (BD).

Fuente: El Autor, 2013

Por tanto, como con ambos métodos no son comparables para algunos géneros, no se pudieron usar los valores de ambos métodos como si fueran replicas en los análisis que se usa la abundancia y se optó por el promedio de los dos métodos de muestreo para obtener la abundancia de cada género para cada sitio y periodo de muestreo.

Diferencia de los grupos morfo-funcionales en función del método de muestreo

La Figura 29 muestra que no existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales en función del método de muestreo utilizado (test χ^2 , $p = 0,71$).

El hecho de que no existan diferencias significativas entre métodos de muestreo significa que no es necesario diferenciar entre los métodos de muestreo a la hora de realizar los siguientes análisis entre embalses, sitios de muestreo y periodos, cuando trabajemos con la variable cualitativa de frecuencias de grupos funcionales. Si hubiesen existido diferencias en función del método de muestreo utilizado, hubiese sido necesario realizar los análisis por separado para cada método de muestreo.

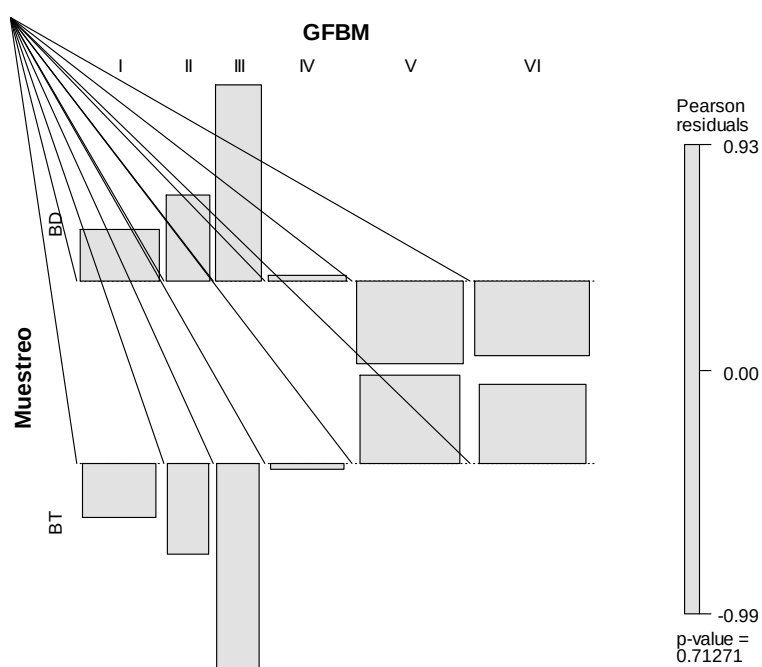


Figura 29. Frecuencias observadas de los grupos funcionales entre métodos de muestreo (BD: Balde y BT: Botella).

Fuente: El Autor, 2013

Diferencias en la presencia de grupos morfo-funcionales entre subembalses de muestreo.

La Figura 30 muestra que existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre subembalses (test χ^2 , $p = 0,27$).

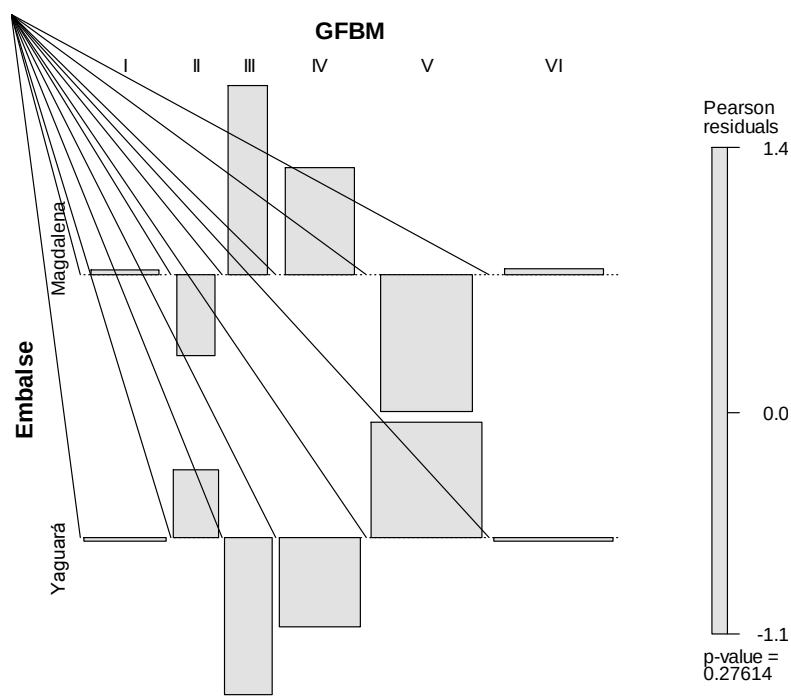


Figura 30. Frecuencias observadas de los grupos funcionales entre embalses.

Fuente: El Autor, 2013

Sin embargo, un Análisis Discriminante mostró que fue posible discriminar muy bien entre embalses con un porcentaje de acierto del 92,86% por validación cruzada (Ver Figura 31). El subembalse de Yaguará se caracteriza por tener una mayor abundancia del grupo V y el de Magdalena de los grupos IV y VI.

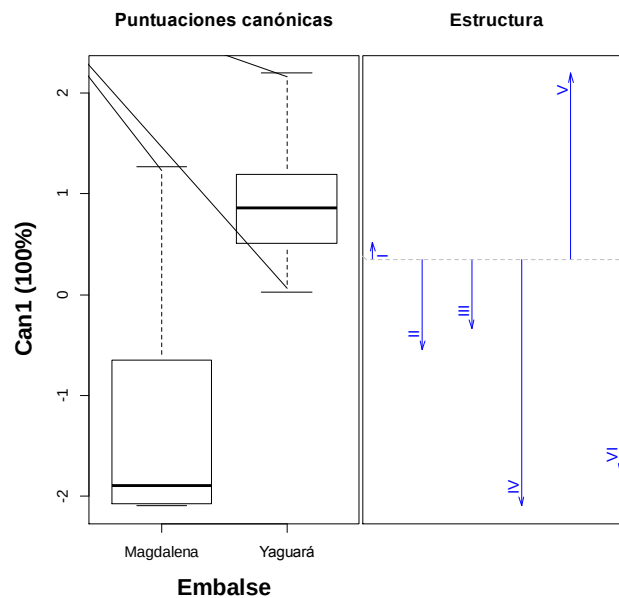


Figura 31. Análisis Discriminante de la abundancia de los grupos morfo-funcionales diferenciando por embalses.

Fuente: El Autor, 2013

Diferencias en la presencia de grupos morfo-funcionales entre sitios de muestreo.

Las Figura 32 y 33 muestran que no existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre sitios de muestreo ni en el subembalse Magdalena (test χ^2 , $p = 0,395$, Figura 32) ni en Yaguará (test χ^2 , $p = 0,988$, Figura 33).

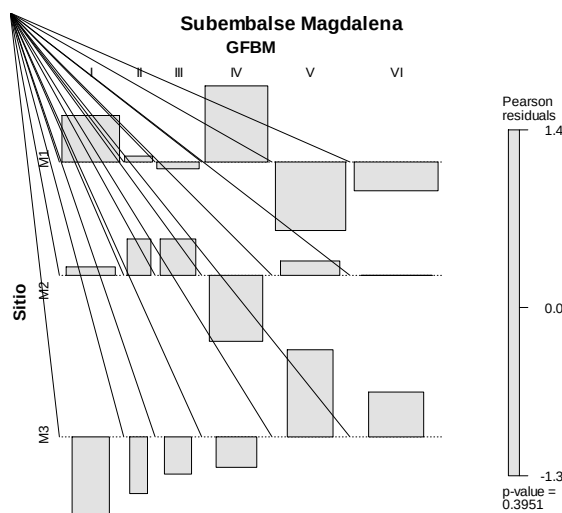


Figura 32. Frecuencias observadas de los grupos funcionales en los sitios de muestreo en el subembalse Magdalena.

Fuente: El Autor, 2013

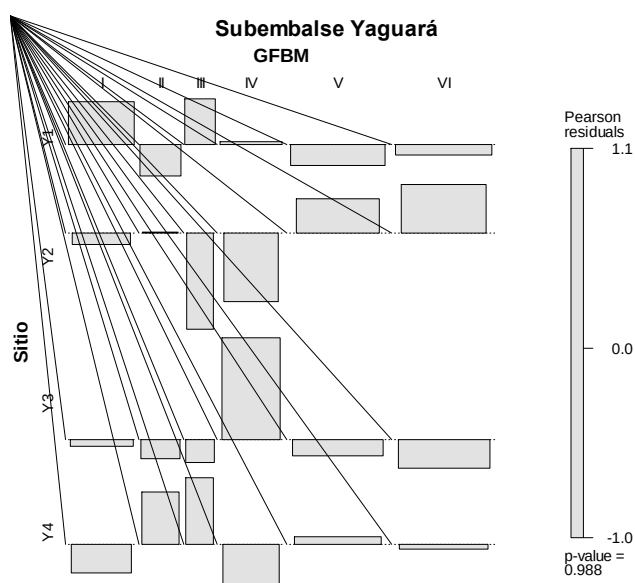


Figura 33. Frecuencias observadas de los grupos funcionales en los sitios de muestreo en el subembalse Yaguará.

Fuente: El Autor, 2013

Tampoco, se observó que hubiese diferencias en la abundancia de los diferentes grupos morfo-funcionales entre sitios en ninguno de los dos subembalses. Un Análisis Discriminante mostró que el porcentaje de acierto por validación cruzada fue del 21,5%.

Diferencias en la presencia de grupos morfo-funcionales entre periodos de muestreo.

Las Figura 34 y 35 muestran que no existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre periodos de muestreo ni en el subembalse Magdalena (test χ^2 , $p = 0,439$, Figura 34) ni tampoco en el de Yaguará (test χ^2 , $p = 0,5441$, Figura 35).

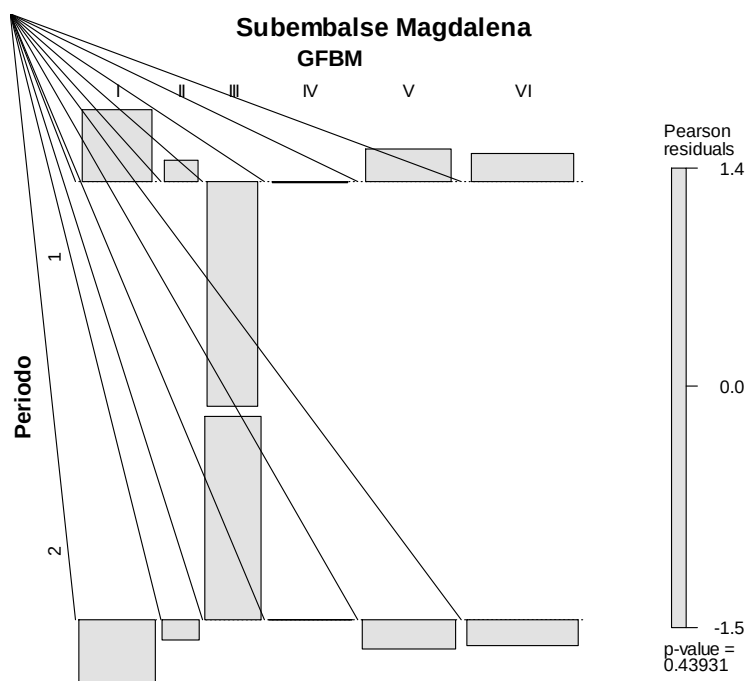


Figura 34. Frecuencias observadas de los grupos funcionales para los dos periodos en el subembalse Magdalena.

Fuente: El Autor, 2013

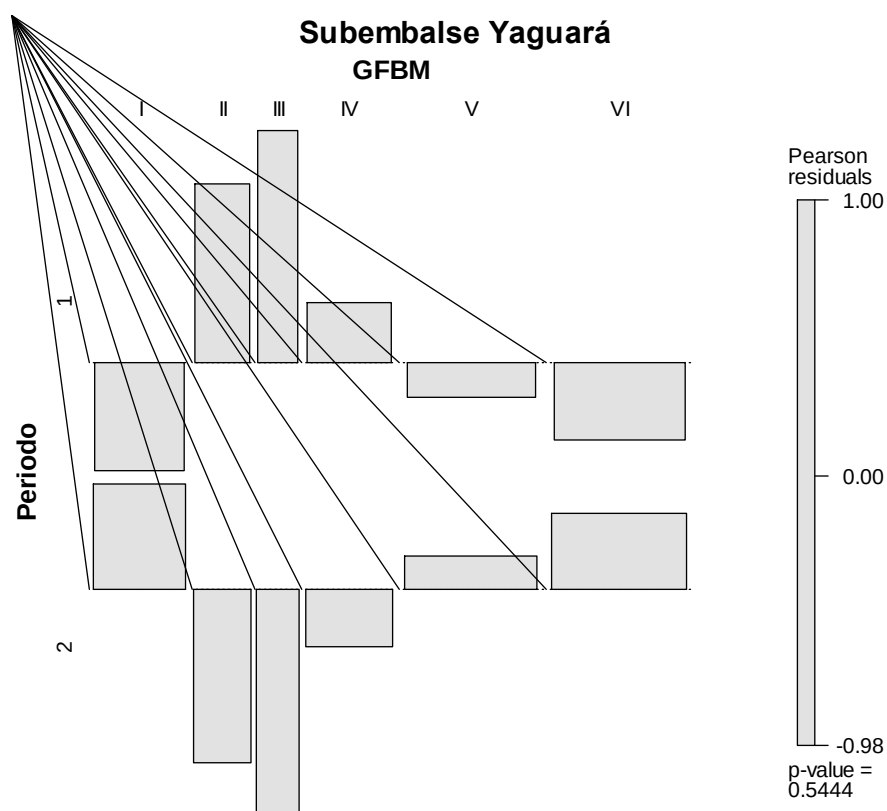


Figura 35. Frecuencias observadas de los grupos funcionales para los dos periodos en el subembalse Yaguará.

Fuente: El Autor, 2013

Sin embargo, un Análisis Discriminante mostró que fue posible discriminar relativamente bien entre periodos con un porcentaje de acierto del 78,6% por validación cruzada (Figura 36). En el periodo 1 predomina el grupo VI y en el 2 los grupos IV y V.

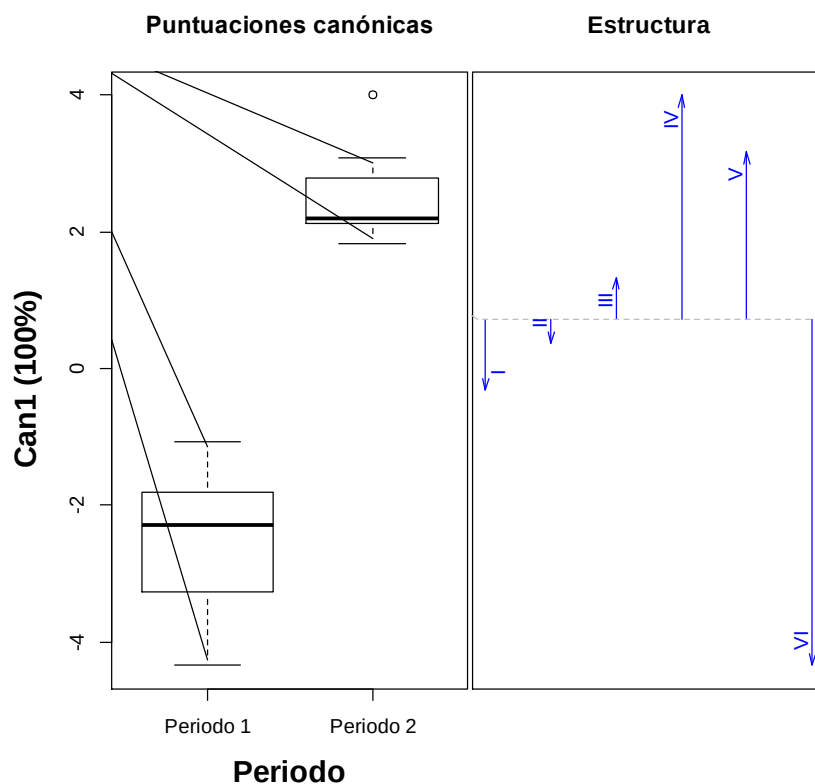


Figura 36. Análisis Discriminante de la abundancia de los grupos morfo-funcionales diferenciando por periodos de muestreo.

Fuente: El Autor, 2013

Un Escalamiento Multidimensional, en el cual se consideró la abundancia de los grupos funcionales para cada uno de los sitios y periodos, mostró un valor de Stress (Kruskal) de 0,09. El Escalamiento Multidimensional es parecido a un Componentes Principales de tal forma que muestra cuales son las variables que presentan mayor variabilidad, pero además muestra si las variables que más varían también permiten discriminar entre grupos. Para ello hay que fijarse en el valor de Stress, que si es entre 0,025 y 0,05 se considera que hay una estructura subyacente dentro de los datos y si es entre 0,05 y 0,1 el resultado es regular, es decir, que las variables que más varían no discriminan entre grupos. Por lo tanto, como el valor de stress es alto, se concluye

que lo que los grupos funcionales que más varían no son los que permiten discriminar entre periodos (Ver Figura 37). Lo que más varía es el grupo III y el V. El grupo V si permite discriminar entre periodos, pero no el III, como mostró anteriormente el Análisis Discriminante.

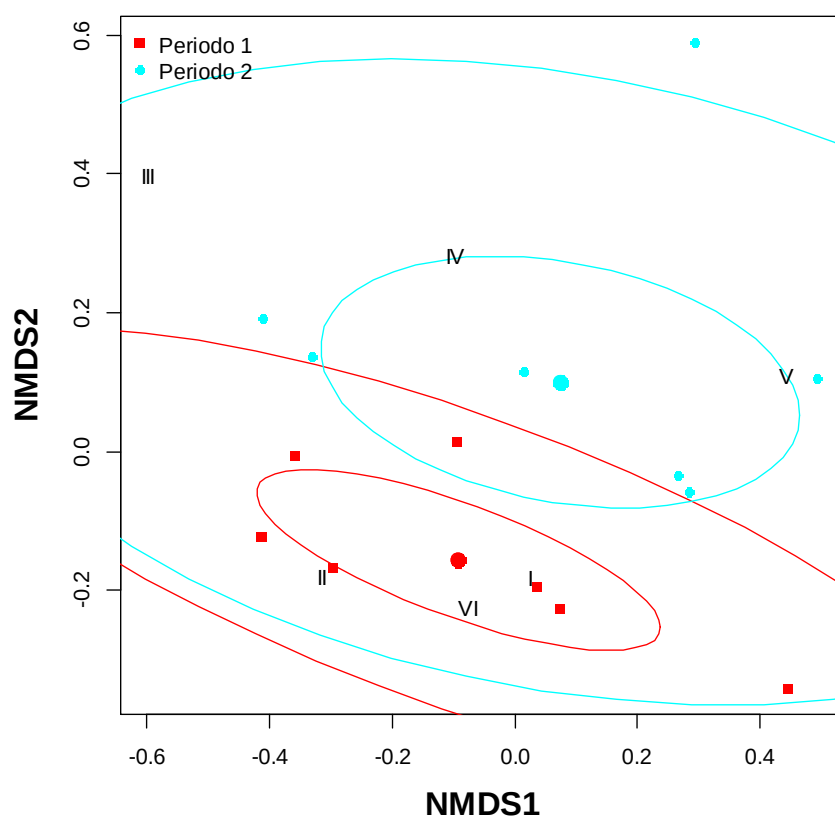


Figura 37. Escalamiento Multidimensional de la abundancia de los grupos morfo-funcionales diferenciando por periodos de muestreo.

Fuente: El Autor, 2013

Discusiones

Se encontró un total de 28 morfoespecies significativas durante los dos periodos de muestreo; distribuidas en 10 grupos taxonómicos, en donde se destacan las Chlorophyceae, Bacillariophyceae y Cyanophyceae. Se señala que la clase Chlorophyceae es uno de los grupos más diversos cuyos organismos son frecuentes de encontrar en ambientes dulceacuícolas (Reynolds, 1984), por su alta variabilidad morfométrica, logrando desenvolverse en diversos hábitats (Happey-Wood, 1988).

A diferencia de la riqueza, la abundancia fue mayor en el periodo P1 por el método BT presentando los mayores valores en las estaciones M3 y Y2, por el contrario por el método BD las estaciones con mayor abundancia fueron Y2 y Y3. Para el P2 por el método BT presentó los mayores valores en las estaciones M1 y M2 y por el método BD las estaciones más representativas fueron M1 y M2. El grupo Coscinodiscophyceae es el grupo representativo según la abundancia relativa fitoplanctónica durante los dos periodos, conformado por las especies *Cyclotella* y *Aulacoseira*; de acuerdo con autores como Reynolds (1997), estas especies son exitosas en sistemas turbulentos recuperando sus poblaciones por aportes desde el sedimento, además la obligada presencia de una pared silíceas es probablemente el principal rasgo que limita a estas especies.

Tanto en la superficial como a profundidad del disco sechhi del embalse los grupos funcionales mas representativos fueron GF VI y V representador por las especies *Aulacoseira sp*, *Melosira sp*, *Cyclotella sp*, *Synedra sp*, *Peridinium sp*, *Trachelomonas sp* y *Strombomonas sp*. Los cuales son considerados sin riesgo en cuerpo de aguas continentales, pero pueden afectar sistemas de filtración (Kruk *et al.* 2010; Kruk & Segura, 2012).

Es importante mencionar la baja presencia de organismos como *Oscillatoria sp* y *Anabaena sp* representativos del grupo funcional III, los cuales se caracterizan por ser largos y de crecimiento lento, pero su alta relación S/V confiere una gran tolerancia a condiciones limitantes de luz (Naselli-Flores & Barone, 2007). La ausencia de estos organismos previene grandes impactos como consecuencia de la accesible biomasa (Scheffer *et al.*, 1997) y el potencial de formar afloramientos “*blooms*” tóxicos (Dow & Swoboda, 2000; Vidal & Kruk, 2000).

Las morfoespecies *Cyclotella sp.* y *Aulacoseira sp.* Representativas de zonas profundas según disco Sechii, debido a la alta densidad celular y a la falta de movilidad, estos organismos se hunden rápidamente y están presentes en los niveles más bajos para la captación de los recursos asimilables de sílice. La formación de células resistentes, aparentemente es confinado a las especies céntricas (Round *et al.*, 1992), potencialmente mejora su supervivencia en ríos (Reynolds, 2006). Además, la pared silíceo también tiene ventajas contra ciertos tipos de herbívoros (Hamm *et al.*, 2003) e infecciones virales (Smetacek, 2001). Las diatomeas raramente

pueden tener substancialmente efectos negativos sobre la calidad del agua pero su dominio en embalses pueden causar serias dificultades de filtración (Ridley, 1970).

Las morfoespecies del grupo IV representadas por *Merismopedia sp*, *Closterium sp*, *Pediastrum sp*, *Desmodesmus sp* y *Scenedesmus sp.*, los cuales están presentes en el periodo 2, tienen tolerancia moderada a la limitación de recursos y una baja moderación al hundimiento. Sin embargo, el pequeño tamaño y la alta calidad como alimento (Stener & Else, 2002) para otras especies hace que sean susceptibles de elevadas pérdidas.

En términos generales, la eutrofización ocurre normalmente en cualquier sistema acuático, pero este proceso se acelera en el embalse de Betania por la presencia de actividades agrícolas, vertimientos domésticos (Roldán y Ramírez, 2008) del municipio de Yaguará, el cual se ve reflejado en el aumento en la biomasa fitoplanctónica, alta concentración de oxígeno (% y mg/l) en la superficie y aguas de color verdoso que se relacionan con los altos valores de clorofila-*a*. Esta proliferación de las microalgas del fitoplancton en el embalse depende menos de los elementos nutritivos acumulados en las capas profundas del Embalse y más de los nutrientes superficiales aportados por los alimentos de los peces en las granjas piscícolas en especial en el subembalse del Magdalena.

Las condiciones de las aguas presentes en este estudio se caracterizaron por ser contaminadas de acuerdo al índice de diversidad de Shannon. Según Roldán G. (1992) los valores de diversidad comprendidos entre H' : $0 < 1,5$ son aguas contaminadas y entre 1,5 a 3 son aguas moderadamente contaminadas y entre 3 a 5 son aguas muy limpias, en donde las aguas del embalse de Betania se encuentran entre los valores 0,37 y 1,63. El embalse de Betania presenta un elevado aporte de factores contaminantes producto de las actividades agrícolas, los vertimientos domésticos y aporte de los nutrientes superficiales por alimentos de los peces en las granjas piscícolas que contribuyen a la proliferación de la comunidad fitoplanctónica.

Conclusiones

Este trabajo aporta nueva información sobre la comunidad fitoplanctónica del Embalse de Betania, así como una herramienta metodológica innovadora que permite analizar a la comunidad desde un punto de vista taxonómico y ser utilizado para profesionales novatos en la identificación de especies.

Se encontró un total de 28 morfoespecies; distribuidas en 10 grupos taxonómicos, en donde se destacan las Chlorophyceae (6 especies), Bacillariophyceae (4 especies) y Cyanophyceae (4 especies).

Las especies *Cyclotella* y *Aulacoseira* de la clase Coscinodiscophyceae presentan la abundancia relativa más representativa durante los dos periodos de muestreo.

Durante el P1 la abundancia fue mayor, por el método BT se presentaron los mayores valores en las estaciones M3 y Y2, por el contrario en el método BD las estaciones con mayor abundancia fueron Y2 y Y3. Para el P2 por el método BT presentó los mayores valores en las estaciones M1 y M2 y por el método BD las estaciones más representativas fueron M1 y M2.

Durante el periodo 1 (P1) se identificaron 19 especies en donde el GF IV fue el mas significativo con un total de 5 especies y durante el periodo 2 (P2) se presentaron un total de 24 especies en donde el GF VI fue el más significativo con un total de 7 especies.

La abundancia de acuerdo a los métodos muestreo fue similar; sin embargo, existen géneros para los cuales la abundancia se diferencia en función del método de muestreo. Por ejemplo, el género *Ceratium* presento mayor abundancia por el método de Botella Van Dorn, lo mismo ocurre con los géneros *Melosira* y *Peridinium*.

La abundancia total durante los dos periodos, indica que los GF V y VI fueron los más representativos aportando el 49,05% y el 45,87%, donde las especies *Ceratium* y *Melosira* fueron las más significativas.

Durante el periodo 1 (P1) se identificaron 19 especies en donde el GF con mayor presencia de especies es el IV con un total de 5 especies, en el periodo 2 (P2) se presentaron un total de 24 especies en donde el grupo funcional con mayor incidencia fue el GF VI con un total de 7 especies.

No existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales en función de los métodos de muestreo, ni en los sitios de muestreo y ni periodo de muestreo. Sin embargo si se presenta diferencia significativa en la proporción de grupos funcionales entre subembalses, en donde en el subembalse de Yaguará se caracteriza por tener una mayor abundancia del grupo V y el de Magdalena de los grupos IV y VI.

Las aguas del embalse de Betania presentan unas condiciones de aguas contaminadas, posiblemente atribuido por las actividades agrícolas, vertimientos industriales y domésticos. Esta proliferación de las microalgas del fitoplancton en el embalse depende menos de los elementos nutritivos acumulados en las capas profundas del Embalse y más de los nutrientes superficiales aportados por los alimentos de los peces en las granjas piscícolas.

Recomendaciones

Continuar con los estudios de identificación de grupos funcionales fitoplanctónicos con el fin de recopilar e integrar información para diseñar modelos que permitan explicar el comportamiento ecológico del embalse para establecer un manejo adecuado del sistema.

Incluir parámetros adicionales físico químicos en términos de calidad del agua, como, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Solidos Disueltos, Nitratos (NO_3), Nitrógeno Amoniacal (NH_4), Ortofosfatos (PO_4), Fósforo Total (PT), entre otros.

Establecer estudios con periodos de tiempo más largos para determinar las características fisicoquímicas y biológicas que permitan tener un registro en la dinámica ambiental del embalse.

Es importante que la Universidad cuente con los equipos y software correspondientes para el análisis de las muestras en la cualificación de los grupos funcionales fitoplanctónicos.

Complementar dichos estudios con información relacionada con la Clorofila y bio-volumen de las especies colectadas.

Bibliografía

- Anderson D, Gilbert P, Burkholder JM. (2002). Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient source, composition, and consequences. *Estuaries* 25: 704-726.
- Agusti S. (1991). Allometric scaling of light absorption and scattering by phytoplankton cells. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 763-767.
- Arrigo, K. (2005). Marine microorganisms and global nutrient cycles. *Nature* 437, 349-355.
- Beninca, E., Huisman, J., Heerklos, R., Johnk, K. D., Branco, P., Van Nes, E. H., Scheffer, M., Ellner, S.P. (2008). Chaos in a long-term experiment with a plankton community.. *Nature* 451, 822-826.
- Bernier, I. (1981). Contaminación en el embalse del Muña. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Revista La Tadeo, 2. 23-25.
- Betancourt, V. Garcia. (2010). Estructuras dinámicas de la comunidad fitoplanctónica del subembalse de Magdalena (Embalse de Betania) en el Departamento del Huila. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogota.
- Bowler C, Karl D, Colwell R. (2009). Microbial oceanography in a sea of opportunity. *Nature* 459: 180-184.
- Cabrera, Carolina. (2013). Optimización de usos del suelo para prevenir floraciones nocivas de fitoplancton en la laguna de Rocha. Uruguay. Pag. 23.
- Comba N. (2009). Las cianobacterias como indicadores de la calidad de agua en el embalse de Betania. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Costa L, Huszar V, Ovalle A. (2009). Phytoplankton Functional Groups in a Tropical Estuary: Hydrological Control and Nutrient Limitation. *Estuaries and Coasts* 32: 508-521.

- Dokulil & Teubner (2003). Steady-state phytoplankton assemblages during thermal stratification in deep alpine lakes: do they occur? *Hydrobiologia*, 502, 65-72.
- Donato & Duque. (1987). Evaluación Limnológica de las primeras etapas de llenado en el embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania, Huila, Colombia.
- Duque, Santiago. (1988). Estudio del fitoplancton durante las primeras etapas del llenado del embalse de la central hidroeléctrica de Betania, Huila – Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias. Universidad Javeriana*.
- Ehrenberg C.G. (1830). Beiträge zur Kenntnis der Organisation der Infusorien und ihrer geographischen Verbreitung, besonders in Sibirien. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. 1-88, pls I-VIII.
- Falkowski P. (2001). Biogeochemical cycles. *Encyclopedia of Biodiversity*. S.A. Levin, ed. San Diego, Academic Press, pp. 437-453.
- Falkowski P, Katz M, Knoll A, Quigg A, Raven J, Schofield O, Taylor F. (2004). The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* 305: 354-360.
- FAO. (1993). Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y el Caribe.
- Field C, Behrenfeld M, Randerson J, Falkowski P. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-240
- Finkel Z. (2001). Light absorption and size scaling of light-limited metabolism in marine diatoms. *Limnology & Oceanography* 46: 86-94.
- Finkel, Z.V., Berardall, J., Flynn, K., Quigg, A, Rios, A.T., Raven, J.A. (2009). Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. *Journal of Plankton Research*.

Fox, J., Weisberg, S., Adler, D., Bates, D., Baud-Bovy, G., Ellison, S., Firth, D., Friendly, M., Gorjanc, G., Graves, S., Heiberger, R., Laboissiere, R., Monette, G., Murdoch, D., Nilsson, H., Ogle, D., Ripley, B., Venables, W. & Zeileis, A. (2016). Companion to Applied Regression. Versión de R 2.1-2. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=car>.

Friendly, M. & Fox, J. (2016) Visualizing Generalized Canonical Discriminant and Canonical Correlation Analysis. R package version 0.7-0. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=candisc>.

Friendly, M. (2007). HE plots for Multivariate General Linear Models. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 16: 421-444.

Fundación Humedales. (2008). Seguimiento del repoblamiento y monitorio pesquero del embalse de Betania.

Gaviria S. y C. Rodríguez. (1983). Embalses y lagunas estudiadas por el Laboratorio Central. Empresa de Acueducto y Alcantarillo (E.A.A.B.). Bogotá. Pág. 16

Grime J. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 3: 1169-1194.

Gross, J. (2016) Tests for Normality. Versión de R 1.0-4. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=nortest>.

Guisande, C. & Vaamonde, A. (2012) Gráficos estadísticos y mapas con R. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 367 pp.

Guisande, C. et al. (2014). RWizard Software. <http://www.ipez.es/RWizard>. University of Vigo. Spain.

- Guisande, C., Barreiro, A., Maneiro, I, Riveiro, I. Vergara, A.R. & Vaamonde, A. (2006). Tratamiento de datos. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 137 pp.
- Guisande, C., Vaamonde, A. & Barreiro, A. (2011). Tratamiento de datos con R, SPSS y STATISTICA. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 978 pp.
- Hothorn, T., Zeileis, A., Farebrother, R.W., Cummins, C., Millo, G. & Mitchell, D. (2016). Testing Linear Regression Models. Versión de R 0.9-34. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=lmtest>.
- Horne & Goldman. (1994). Limnology. McGraw Hill. Second edition. New York. 576p.
- Hutchinson G. (1967). Treatise on Limnology. Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York.
- Iglesias-Rodríguez D, Brown C, Scott C, Doney C, Kleypas J, Kolber D, Kolber Z, Hayes P, Falkowski P. (2002). Representing key phytoplankton functional groups in ocean carbon cycle models: Coccolithophorids. *Global biogeochemical cycles* 16 1100.
- John D.M. & Tsarenko P.M. (2002). Order Chlorococcales. In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. John, D.M., Whitton, B.A., Brook, A.J. (Eds), pp. 327-409. Cambridge: Cambridge University Press.
- Joint I, Pomory A. (1988). Allometric estimation of the productivity of phytoplankton assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 47: 161-168.
- ISA. (1985). Calidad de Aguas en el Sistema Chivor—Informe resumen de los muestreos de 1983 a 1985. Documento N° ABRNMA–094, ISA, Sección Medio Ambiente, Medellín.
- Komárek J. (1976). Taxonomic review of the genera *Synechocystis* Sauv. 1892, *Synechococcus* Näg. 1849, and *Cyanothece* gen. nov (Cyanophyceae). *Archiv für Protistenkunde*. 118: 119-179.

- Kützing F.T. (1846). *Tabulae phycologicae; oder, Abbildungen der Tange*. Vol. 1, fasc. 1 pp. 1-8, pls 1-10.
- Kruk, C., De Leon, L. (2002). *Asociaciones en un lago hipereutrofico en proceso de restauración*. Tesis de maestria en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay.
- Kruk, C., Huszar, V. L.M., Peeters, E.T.H., Bonilla, S., Costa, L., Lurling, M., Reynolds, C.S., Scheffer, M. A. (2010). Morphological classification capturing functional variation in phytoplankton temporal and replacement. *Freshwater Biology*.
- Kruk, C., Peeter, E.T.H.M., Van Nes, E. H., Huszar, V. L. M., Costa, L. S., Scheffer, M. (2011). Phytoplankton community composition can be predicted best in terms of morphological groups. *Limnology and Oceanography* 56, 1.
- Kruk C. & Segura A. (2012). The habitat template of phytoplankton morphology-based functional groups. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-012-1072-6
- Largo Urrea. (2009). *Estudio de zooplankton en zonas de producción piscícola en los embalses de Betania*. Bogotá. 57p.
- Lemmermann E. (1899). Das Phytoplankton sächsischer Teiche. *Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön* 7: 96-135, pls I, II.
- Le Quéré C, Harrison S, Prentice C, Buitenhuis E, Amount O, Bopp L, Claustre H, Cotrim DaCunha L, Geider R, Giraud X, Trevor Platt R, Rivkin R, Sathyendranath S, Uitz J, Watson A, Gladrow D. (2005). Ecosystem dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. *Global Change Biology* 11: 2016–2040.

- Litchman E, Klausmeier C, Schofield O, Falkowski P. (2007). The role of functional traits and trade-offs in structuring phytoplankton communities: scaling from cellular to ecosystem level. *Ecol Lett* 10: 1170-1181.
- Litchman, E., Klausmaier, C.A. (2008). Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 39, 615-639.
- Lund, J.W.G., Kipling, C. and Le Cren, E.D. (1958). The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiol.* , 11, 143-170.
- MacArthur R, Wilson E. (1967). The theory of island biogeography. Princeton, N.J.: Princeton Univ. Press.
- Margalef R. (1978). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta* 1: 493-509.
- Márquez G. (1984). Ecología de embalses tropicales con referencia a dos casos colombianos: Chivor y Prado. *áGID*. Primer Simposio Latinoamericano de Presa y Embalses. Tomo II. Bogotá (Colombia). p. 8-15.
- Márquez G, Guillot G. (1987). Proyecto: Estudios ecológicos de embalses colombianos, etapa prospectiva. Bogotá (Colombia): Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis"—FEN—Colombia. p. 242.
- Martinez, P.M., Delgado, J.F. y Muñoz, J.L. (2016). Diversidad de géneros del fitoplancton del embalse de Betania—Huila y su importancia como bioindicadores. *Revista Científica*, 25, 241-251.
- Medina H. (1983). Problemas de operación de origen ambiental en la Central Hidroeléctrica de Guatapé. *Revista EE.PP. MM.*, 5 (1): 53-77.

- Meyer, D., Zeileis, A. & Hornik, K. (2006) The strucplot framework: Visualizing multiway contingency tables with vcd. *Journal of Statistical Software*, 17: 1-48.
- Meyer, D., Zeileis, A. & Hornik, K. (2016) Visualizing Categorical Data. Versión de R 1.4-1. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=vcd>.
- Molano J. (1954). Limnología colombiana: lagos, lagunas, represas, ríos y quebradas de Colombia. Bogotá (Colombia): División de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura de Colombia.
- Montoya & Ramos. (1993). Productividad primaria y biomasa fitoplanctonica en el embalse de Betania. Tesis Universidad Nacional. Bogotá.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H. & Wagner, H. (2016) Community Ecology Package. Versión de R 2.4-0. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Padisák J, Crossetti L, Naselli-Flores L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiología* 621:1-19.
- Peralta & Leon J. (2006). Estudios de caracterización limnológica de los embalses de la provincia de Mendoza. Secretaria de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentos; Departamento general de irrigación gobierno de Mendoza; Organización de Estados Iberoamericanos para la educación ciencia y cultura. Provincia de Mendoza, Argentina. 148p.
- Reynolds C. (1980). Phytoplankton associations and their periodicity in stratifying lake systems. *Holarctic Ecology* 3: 141-159.
- Reynolds, C.S. (1984). The ecology of freshwater prytplanckton. Cambridge University Press.
- Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruck, C., Naselli – Flores, L., Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24, 417-428.

- Reynolds C. (2006). Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reynolds C. (1988). Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. New York: Cambridge University Press. 388-433.
- Reynolds C. (1997). Vegetation Process in the pelagic: a model for ecosystem theory: Excellence in Ecology. Ecology Institute.
- Rhyther J. (1969). Photosynthesis and fish production in the sea. Science 166: 72-76.
- Roldán G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. p. 529.
- Roldán G, Ramírez JJ. (2008). Fundamentos de limnologia tropical. Medellin, Colombia.
- R Development Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Ryding & Rast. (1992). El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones pirámide. Madrid. UNESCO. Madrid. Unesco.385p.
- Salmaso N, Padisák J. (2007). Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). Hydrobiologia 578: 97-112.
- Sánchez G. (1976). Estudio limnológico de los embalses de Muña, Neusa, Sisga y Tominé [Tesis de magíster]. [Bogotá (Colombia)]: Universidad de los Andes.
- Seenayya G. & N. Subba Raju. (1972). On the ecology and systematic of the alga known as *Anabaenopsis raciborskii* (Wolosz.) (Desikachary, T.V. Eds), pp. 52-57. Elenk. and a critical

evaluation of the forms described under the genus *Anabaenopsis*. In: Papers submitted to the First International Symposium on Taxonomy and Biology of blue-green algae.

Simonsen R. (1979). The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria*. 2: 9-71.

Sherr E, Sherr B. (1991). Planktonic Microbes: Tiny Cells at the Base of the Ocean's Food Webs. *Trends in Ecology & Evolution* 6: 50-54.

Smayda T, Reynolds C. (2001). Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *Journal of Plankton Research* 23: 447-461.

Straskraba M. Tundisi J & Duncan A. (1993). Comparative reservoir limnology and water quality management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 292p.

Tang E. (1995). The allometry of algal growth rates. *Journal of Plankton Research* 17: 303-315. ter Braak C, Smilauer P. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination. New York: Microcomputer Power.

Thornton K; Kimmel B & Payne F. (1990). Reservoir Limnology. Ecological Perspectives. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 246p.

Uribe A, Roldán G. (1975). Estudio comparativo de algunas características fisicoquímicas y biológicas del embalse El Peñol (Nare). *Actualidades Biológicas*, 4 (11): 2-12.

Velez. (1989). Análisis regional, hidrodinámico y limnológico del embalse de Betania Huila Colombia. Trabajo de grado para optar al título de biólogo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Violle, C., Navas M-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional. *Oikos* 116, 882-892.

- Watson, S. B., McCauley, E., Downing, J. A. (1997). Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differering nutrient status. *Limnology and Oceanography* 42, 487-495.
- Webb C, Ackerly D, McPeck A, Donoghue M. (2002). Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 475-505.
- Wetzel R. (1993). *Limonology* W.B. Sauders Company. Toronto 919p.
- Wetzel, R.G. (1983). *Periphyton of aquatic ecosystem*. B.V. Junk, The Hague, Holanda. 346 p.

ANEXOS

ANEXO 1.

Valor De Las Variables Físicas Y Químicas Del Agua Durante Los Periodos Y Sitios De Muestreo

PARAMETROS	PRIMER PERIODO						
	M1	M2	M3	Y1	Y2	Y3	Y4
	NUEVA YORK	BOTERO	CARAGUAJA	TORTUGAS	MOLLAS	LA VAGA	PLANADAS
Alcalinidad mg/L CaCO ₃	34,2	0	34,2	34,2	34,2	51,3	34,2
Temperatura °C	29,4	32	36	32	30	37	39
Amonio mg/L NH ₄ ⁺	0,01	0	0,6	0	0	0,5	0,58
Dioxido De Carbono mg/L CO ₂	10	5	15	5	5	5	10
Cloruros mg/ L Cl -	30	30	60	60	60	30	60
pH	8,5	8,5	7,1	8,2	7,8	8,8	8,3
Nitritos mg/L NO ₂ -	0,033	0	0,033	0	0	0	0,033
Dureza mg/L CaCO ₃	85,5	51,3	68,4	68,4	68,4	68,4	68,4

PARAMETROS	SEGUNDO PERIODO						
	M1	M2	M3	Y1	Y2	Y3	Y4
	NUEVA YORK	BOTERO	CARAGUAJA	TORTUGAS	MOLLAS	LA VAGA	PLANADAS
Alcalinidad mg/L CaCO ₃	17,1	17,1	51,3	34,2	34,2	34,2	17,1
Temperatura °C	25	23	25	25	24	21	25
Amonio mg/L NH ₄ ⁺	0,4	0,1	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4
Dioxido De Carbono mg/L CO ₂	20	15	10	15	10	10	15
Cloruros mg/ L Cl -	30	30	60	60	60	60	90
pH	7,6	7,5	7,1	7,2	7,7	7,7	8
Nitritos mg/L NO ₂ -	0,165	0,066	0,033	0,066	0,066	0	0
Dureza mg/L CaCO ₃	51,3	51,3	34,2	51,3	51,3	51,3	68,4

ANEXO 2.

Concentración Relativa de las Especies De Acuerdo Al Periodo, Sitio Y Método De Muestreo

PERIODO	GENERO	ESPECIE	GFBM	SITIO	CONCENTRACION (cel/ml)	
					BT	BD
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	1	0	8,145285935
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	1	0	8,145285935
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	1	0	8,145285935
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	1	8,145285935	8,145285935
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	1	8,145285935	0
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	1	0	8,145285935
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	1	65,16228748	16,29057187
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	1	8,145285935	16,29057187
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	1	895,9814529	814,5285935
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	1	73,30757342	24,43585781
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	1	16,29057187	8,145285935
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Clorococales</i>	I	1	8,145285935	8,145285935
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	1	8,145285935	8,145285935
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	1	8,145285935	32,58114374
1	CHRY SOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	1	0	24,43585781
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	1	8,145285935	0
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	1	16,29057187	16,29057187
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	1	40,72642968	114,0340031
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	1	16,29057187	8,145285935
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	1	8,145285935	24,43585781
2	CYANOPHYCEAE	<i>Merismopedia</i>	IV	1	24,43585781	24,43585781
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	1	122,179289	73,30757342
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	1	219,9227202	211,7774343
2	XANTHOPHYCEAE	<i>Tribonema</i>	III	1	0	16,29057187
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	1	24,43585781	8,145285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Ulnaria</i>	VI	1	8,145285935	171,0510046
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	1	8,145285935	0
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	1	830,8191654	847,1097372
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	1	48,87171561	0
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	1	8,145285935	0
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	1	8,145285935	24,43585781
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	1	0	57,01700155
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	2	0	40,72642968
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	2	0	32,58114374
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	2	8,145285935	8,145285935
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	2	211,7774343	146,6151468
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	2	814,5285935	57,01700155

1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	2	0	8,145285935
1	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	2	65,16228748	822,6738794
1	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	2	16,29057187	40,72642968
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	2	0	8,145285935
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	2	8,145285935	0
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	2	8,145285935	0
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	2	8,145285935	0
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	2	0	16,29057187
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	2	89,59814529	97,74343122
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	2	16,29057187	8,145285935
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	2	0	8,145285935
2	CYANOPHYCEAE	<i>Merismopedia</i>	IV	2	24,43585781	0
2	CYANOPHYCEAE	<i>Oscillatoria</i>	III	2	0	48,87171561
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	2	57,01700155	203,6321484
2	XANTHOPHYCEAE	<i>Tribonema</i>	III	2	8,145285935	8,145285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	2	32,58114374	0
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	2	0	8,145285935
2	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	2	822,6738794	895,9814529
2	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	2	32,58114374	8,145285935
2	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	2	24,43585781	0
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	2	0	8,145285935
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	3	8,145285935	0
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	3	822,6738794	0
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	3	513,1530139	32,58114374
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	3	8,145285935	16,29057187
1	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	3	847,1097372	928,5625966
1	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	3	122,179289	146,6151468
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	3	0	8,145285935
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	3	0	40,72642968
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	3	0	8,145285935
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	3	24,43585781	57,01700155
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	3	814,5285935	814,5285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Nitzschia</i>	VI	3	0	16,29057187
2	COSCIODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	3	73,30757342	97,74343122
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	3	24,43585781	8,145285935
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	4	0	16,29057187
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Euglena</i>	V	4	8,145285935	16,29057187
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	4	0	8,145285935
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	4	8,145285935	16,29057187
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	4	0	48,87171561
1	CYANOPHYCEAE	<i>Chroococcus</i>	I	4	8,145285935	0
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	4	16,29057187	16,29057187
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	4	32,58114374	32,58114374

1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	4	863,4003091	1050,741886
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	4	73,30757342	105,8887172
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	4	8,145285935	0
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	4	0	8,145285935
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	4	0	8,145285935
1	CHRYSOPTHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	4	0	16,29057187
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	4	8,145285935	8,145285935
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	4	8,145285935	8,145285935
2	ZYGNEAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	4	32,58114374	16,29057187
2	ZYGNEAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	4	8,145285935	8,145285935
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	4	0	16,29057187
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	4	8,145285935	8,145285935
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	4	814,5285935	814,5285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	4	32,58114374	8,145285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	4	0	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	4	73,30757342	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	4	8,145285935	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	4	8,145285935	0
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	4	0	8,145285935
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	4	0	8,145285935
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	4	8,145285935	16,29057187
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	5	97,74343122	24,43585781
1	ZYGNEAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	5	16,29057187	16,29057187
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	5	16,29057187	8,145285935
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	5	838,9644513	952,9984544
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	5	8,145285935	8,145285935
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	5	741,2210201	358,3925811
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	5	114,0340031	48,87171561
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	5	0	16,29057187
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	5	8,145285935	0
1	CHRYSOPTHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	5	8,145285935	8,145285935
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	5	8,145285935	0
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	5	8,145285935	8,145285935
2	ZYGNEAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	5	0	8,145285935
2	ZYGNEAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	5	8,145285935	8,145285935
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	5	0	24,43585781
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	5	814,5285935	814,5285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	5	0	8,145285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	5	8,145285935	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	5	32,58114374	16,29057187
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	5	0	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	5	0	16,29057187
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	5	0	8,145285935

1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	6	8,145285935	24,43585781
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	6	0	8,145285935
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	6	32,58114374	0
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	6	0	8,145285935
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	6	16,29057187	16,29057187
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	6	814,5285935	228,0680062
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	6	0	16,29057187
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	6	24,43585781	871,5455951
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	6	16,29057187	171,0510046
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	6	0	8,145285935
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	6	0	16,29057187
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	6	8,145285935	16,29057187
1	CHRYSOPTHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	6	0	8,145285935
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	6	16,29057187	16,29057187
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	6	0	8,145285935
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	6	8,145285935	8,145285935
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	6	0	8,145285935
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	6	8,145285935	8,145285935
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	6	814,5285935	814,5285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	6	0	16,29057187
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Ulnaria</i>	VI	6	8,145285935	0
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Nitzschia</i>	VI	6	0	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	6	24,43585781	24,43585781
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	6	8,145285935	8,145285935
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	6	8,145285935	0
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	6	8,145285935	0
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	6	8,145285935	8,145285935
2	CHRYSOPTHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	6	8,145285935	0
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	7	16,29057187	32,58114374
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	7	8,145285935	24,43585781
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	7	8,145285935	48,87171561
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	7	24,43585781	8,145285935
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	7	822,6738794	154,7604328
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	7	8,145285935	16,29057187
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	7	570,1700155	838,9644513
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	7	8,145285935	16,29057187
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	7	16,29057187	0
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	7	8,145285935	0
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	7	8,145285935	0
1	CHRYSOPTHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	7	8,145285935	0
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	7	16,29057187	8,145285935
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	7	8,145285935	8,145285935
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	7	8,145285935	0

2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	7	8,145285935	8,145285935
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	7	814,5285935	814,5285935
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	7	8,145285935	0
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Nitschia</i>	VI	7	8,145285935	0
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	7	32,58114374	8,145285935
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	7	16,29057187	8,145285935
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	7	0	8,145285935
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	7	8,145285935	8,145285935

M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La vaga y Y4: Planadas.

BT: Botella Van Dorn y BD: Muestra directa

ANEXO 3.

**Concentración Absoluta De Individuos en Cada Grupo Morfo Funcional de Acuerdo al Periodo,
Embalse y Sitio de Muestreo**

GFBM (cel/ml)								
EMBALSE	PERIODO	SITIO	I	II	III	IV	V	VI
Magdalena	Periodo 1	M1	40,726	24,436	8,145	89,598	97,743	1832,689
Magdalena	Periodo 1	M2	48,872	8,145		8,145	1270,665	952,998
Magdalena	Periodo 1	M3	8,145			8,145	1368,408	2068,903
Yaguará	Periodo 1	Y1	40,726	16,291	48,872	24,436	73,308	2158,501
Yaguará	Periodo 1	Y2	32,581	16,291		24,436	1938,578	1278,810
Yaguará	Periodo 1	Y3	40,726	8,145	8,145	48,872	1107,759	1099,614
Yaguará	Periodo 1	Y4	32,581	24,436	57,017	16,291	1058,887	1458,006
Magdalena	Periodo 2	M1	57,017	57,017	48,872	236,213	635,332	1954,869
Magdalena	Periodo 2	M2	40,726	8,145	73,308	211,777	276,940	1824,544
Magdalena	Periodo 2	M3			8,145	32,581	1751,236	187,342
Yaguará	Periodo 2	Y1	40,726	8,145	16,291	57,017	1677,929	154,760
Yaguará	Periodo 2	Y2	24,436			8,145	1677,929	97,743
Yaguará	Periodo 2	Y3	32,581	8,145		32,581	1677,929	97,743
Yaguará	Periodo 2	Y4	24,436	8,145		16,291	1669,784	81,453

M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La vaga y Y4: Planadas

ANEXO 4.

Relación De Especies Según El Periodo, Método, Sitio Y Embalse De Muestreo

PERIODO	GENERO	ESPECIE	GFBM	SITIO	MUESTREO	EMBALSE
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	M1	BD	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	M1	BD	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	M1	BD	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M1	BD	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M1	BD	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M1	BD	Magdalena
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M1	BD	Magdalena
1	COSCONODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M1	BD	Magdalena
1	COSCONODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M1	BD	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	M1	BD	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Clorococales</i>	I	M1	BD	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	M1	BD	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	M1	BD	Magdalena
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	M1	BD	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	M1	BD	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	M1	BD	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M1	BD	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	M1	BD	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Merismopedia</i>	IV	M1	BD	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M1	BD	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	I	M1	BD	Magdalena
2	XANTHOPHYCEAE	<i>Tribonema</i>	III	M1	BD	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M1	BD	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Ulnaria</i>	VI	M1	BD	Magdalena
2	COSCONODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M1	BD	Magdalena
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	M1	BD	Magdalena
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	M1	BD	Magdalena
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	M2	BD	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	M2	BD	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M2	BD	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M2	BD	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M2	BD	Magdalena
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M2	BD	Magdalena
1	COSCONODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M2	BD	Magdalena
1	COSCONODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M2	BD	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	M2	BD	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	M2	BD	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	M2	BD	Magdalena

2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M2	BD	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	M2	BD	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Oscillatoria</i>	III	M2	BD	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M2	BD	Magdalena
2	XANTHOPHYCEAE	<i>Tribonema</i>	III	M2	BD	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	M2	BD	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M2	BD	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M2	BD	Magdalena
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	M2	BD	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M3	BD	Magdalena
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M3	BD	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M3	BD	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M3	BD	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	M3	BD	Magdalena
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	M3	BD	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	M3	BD	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M3	BD	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M3	BD	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Nitschia</i>	VI	M3	BD	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M3	BD	Magdalena
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	M3	BD	Magdalena
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y1	BD	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Euglena</i>	V	Y1	BD	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	Y1	BD	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y1	BD	Yaguará
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	Y1	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y1	BD	Yaguará
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y1	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y1	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y1	BD	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	Y1	BD	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	Y1	BD	Yaguará
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	Y1	BD	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y1	BD	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	Y1	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y1	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y1	BD	Yaguará
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	Y1	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y1	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y1	BD	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y1	BD	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	Y1	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y1	BD	Yaguará

2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y1	BD	Yaguará
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	Y1	BD	Yaguará
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	Y1	BD	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y1	BD	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y2	BD	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y2	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y2	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y2	BD	Yaguará
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	Y2	BD	Yaguará
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	Y2	BD	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	Y2	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y2	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y2	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y2	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y2	BD	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	Y2	BD	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y2	BD	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y3	BD	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	Y3	BD	Yaguará
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	Y3	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y3	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y3	BD	Yaguará
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y3	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y3	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y3	BD	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	Y3	BD	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	Y3	BD	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	Y3	BD	Yaguará
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	Y3	BD	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y3	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	Y3	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y3	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y3	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y3	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y3	BD	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y3	BD	Yaguará

2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Nitschia</i>	VI	Y3	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y3	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y3	BD	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y3	BD	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y4	BD	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y4	BD	Yaguará
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	Y4	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y4	BD	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y4	BD	Yaguará
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y4	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y4	BD	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y4	BD	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y4	BD	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y4	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y4	BD	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y4	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y4	BD	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y4	BD	Yaguará
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	Y4	BD	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y4	BD	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M1	BT	Magdalena
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	M1	BT	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M1	BT	Magdalena
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M1	BT	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M1	BT	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M1	BT	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	M1	BT	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Clorococales</i>	I	M1	BT	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	M1	BT	Magdalena
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	M1	BT	Magdalena
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	M1	BT	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	M1	BT	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	M1	BT	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M1	BT	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	M1	BT	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Merismopedia</i>	IV	M1	BT	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M1	BT	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M1	BT	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M1	BT	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Ulnaria</i>	VI	M1	BT	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	M1	BT	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M1	BT	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M1	BT	Magdalena

2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	M1	BT	Magdalena
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	M1	BT	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M2	BT	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M2	BT	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M2	BT	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M2	BT	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M2	BT	Magdalena
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	M2	BT	Magdalena
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	M2	BT	Magdalena
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	M2	BT	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	M2	BT	Magdalena
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	M2	BT	Magdalena
2	CYANOPHYCEAE	<i>Merismopedia</i>	IV	M2	BT	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M2	BT	Magdalena
2	XANTHOPHYCEAE	<i>Tribonema</i>	III	M2	BT	Magdalena
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M2	BT	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M2	BT	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M2	BT	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	M2	BT	Magdalena
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	I	M3	BT	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M3	BT	Magdalena
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M3	BT	Magdalena
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	M3	BT	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M3	BT	Magdalena
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	M3	BT	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	M3	BT	Magdalena
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	M3	BT	Magdalena
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	M3	BT	Magdalena
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	M3	BT	Magdalena
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Euglena</i>	V	Y1	BT	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y1	BT	Yaguará
1	CYANOPHYCEAE	<i>Chroococcus</i>	I	Y1	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y1	BT	Yaguará
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	Y1	BT	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y1	BT	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	Y1	BT	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y1	BT	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y1	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y1	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y1	BT	Yaguará

2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	VI	Y1	BT	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y1	BT	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y2	BT	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y2	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y2	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y2	BT	Yaguará
1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y2	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y2	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y2	BT	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	Y2	BT	Yaguará
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	Y2	BT	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y2	BT	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Strombomonas</i>	V	Y2	BT	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y2	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y2	BT	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	VI	Y2	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y2	BT	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y3	BT	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y3	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y3	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y3	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y3	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y3	BT	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	IV	Y3	BT	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y3	BT	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y3	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y3	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y3	BT	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Ulnaria</i>	VI	Y3	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y3	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y3	BT	Yaguará
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Scenedesmus</i>	IV	Y3	BT	Yaguará
2	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	Y3	BT	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y3	BT	Yaguará
2	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	Y3	BT	Yaguará
1	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y4	BT	Yaguará
1	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y4	BT	Yaguará
1	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	III	Y4	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y4	BT	Yaguará
1	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y4	BT	Yaguará

1	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
1	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Golenkinia</i>	II	Y4	BT	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pediastrum</i>	IV	Y4	BT	Yaguará
1	CHLOROPHYCEAE	<i>Pandorina</i>	IV	Y4	BT	Yaguará
1	CHRYSTOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	II	Y4	BT	Yaguará
2	EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	V	Y4	BT	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Closterium</i>	IV	Y4	BT	Yaguará
2	ZYGNEMAPHYCEAE	<i>Staurastrum</i>	I	Y4	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Peridinium</i>	V	Y4	BT	Yaguará
2	DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	V	Y4	BT	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
2	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Nitzschia</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Melosira</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
2	COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Aulacoseira</i>	VI	Y4	BT	Yaguará
2	CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	I	Y4	BT	Yaguará

M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La vaga y Y4: Planadas.

BT: Botella Van Dorn y BD: Muestra directa

ANEXO 5.

A. Relación de la Presencia y Ausencia de las Especies durante el Primer Periodo de Muestreo

GENERO	PRIMER PERIODO													
	M1		M2		M3		Y1		Y2		Y3		Y4	
	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD
<i>Trachelomonas sp.</i>		X		X				X	X	X	X	X	X	X
<i>Euglena sp.</i>							X	X						
<i>Strombomonas sp.</i>														
<i>Cosmarium sp.</i>		X		X	X			X				X		
<i>Closterium sp.</i>		X												
<i>Staurostrum sp.</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X
<i>Anabaena sp.</i>	X							X				X	X	X
<i>Merismopedia sp.</i>														
<i>Oscillatoria sp.</i>														
<i>Chroococcus sp.</i>							X							
<i>Peridinium sp.</i>		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
<i>Ceratium sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tribonema sp.</i>														
<i>Synedra sp.</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Ulnaria sp.</i>														
<i>Nitzschia sp.</i>														
<i>Navicula sp.</i>														
<i>Melosira sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aulacoseira sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cyclotella sp.</i>														
<i>Scenedesmus sp.</i>							X							
<i>Golenkinia sp.</i>													X	
<i>Pediastrum sp.</i>	X	X						X				X	X	
<i>Clorococcales sp.</i>	X	X												
<i>Pandorina sp.</i>	X	X						X		X		X	X	
<i>Desmodesmus sp.</i>	X	X		X		X			X		X	X		
<i>Eudorina sp.</i>														
<i>Mallomonas sp.</i>		X	X					X	X	X		X	X	

M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La vaga y Y4: Planadas

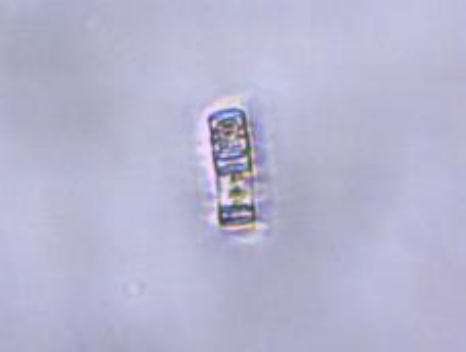
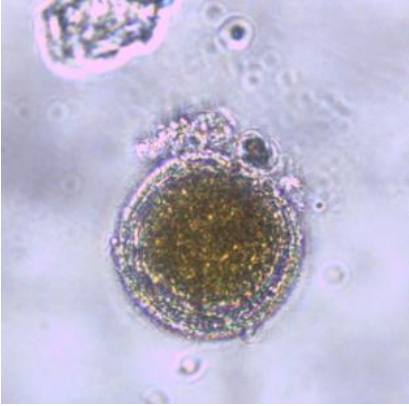
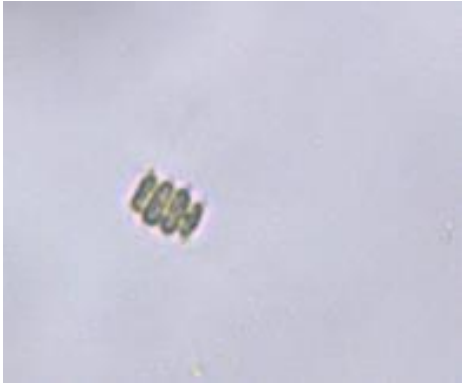
B. Relación de la Presencia y Ausencia de las Especies durante el Segundo Periodo de Muestreo

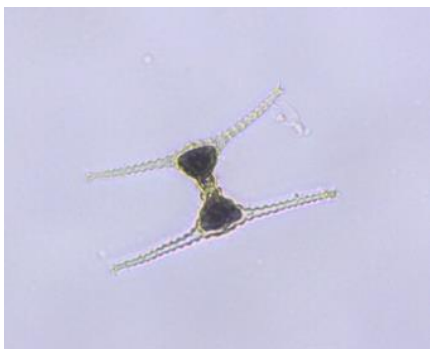
SEGUNDO PERIODO															
GENERO	M1		M2		M3		Y1		Y2		Y3		Y4		
	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	
<i>Trachelomonas sp.</i>			X				X	X	X		X	X	X	X	
<i>Euglena sp.</i>															
<i>Strombomonas sp.</i>	X		X			X	X	X	X	X					
<i>Cosmarium sp.</i>	X	X		X								X			
<i>Closterium sp.</i>	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	
<i>Staurastrum sp.</i>	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X		
<i>Anabaena sp.</i>	X	X		X		X		X							
<i>Merismopedia sp.</i>	X	X	X												
<i>Oscillatoria sp.</i>				X											
<i>Chroococcus sp.</i>															
<i>Peridinium sp.</i>	X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X	
<i>Ceratium sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Tribonema sp.</i>		X	X	X											
<i>Synedra sp.</i>	X	X	X				X	X		X		X	X		
<i>Ulnaria sp.</i>	X	X									X				
<i>Nitschia sp.</i>						X						X	x	x	
<i>Navicula sp.</i>	X			X				X	X	X					
<i>Melosira sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Aulacoseira sp.</i>	X		X	X			X	X		X	X	X	X	X	
<i>Cyclotella sp.</i>	X		X				X			X					
<i>Scenedesmus sp.</i>	X	X					X				X				
<i>Golenkinia sp.</i>		X		X			X							X	
<i>Pediastrum sp.</i>											X				
<i>Clorococales sp.</i>															
<i>Pandorina sp.</i>															
<i>Desmodesmus sp.</i>					X	X									
<i>Eudorina sp.</i>							X	X		X	X	X	X	X	
<i>Mallomonas sp.</i>											X		X		

M1: Nueva York, M2: Botero, M3: Caraguaja, Y1: Tortugas, Y2: Mollas, Y3: La vaga y Y4: Planadas

ANEXO 6.

Algunas de las Especies de la comunidad de fitoplancton Encontradas en el Estudio

 <i>Ceratium sp (40x)</i>	 <i>Closterium sp (40x)</i>
 <i>Aulacoseira sp (40x)</i>	 <i>Melosira sp (40x)</i>
 <i>Peridinium sp (40x).</i>	 <i>Scenedesmus sp (40x)</i>



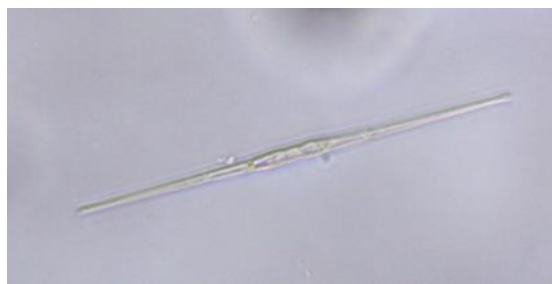
Staurastrum sp (40x)



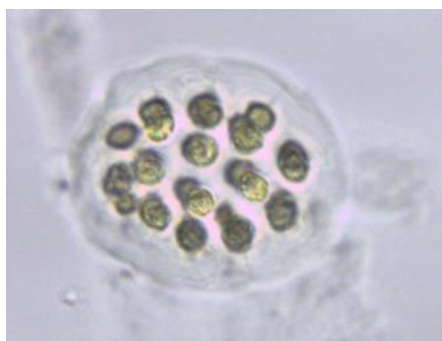
Navicula sp (40x)



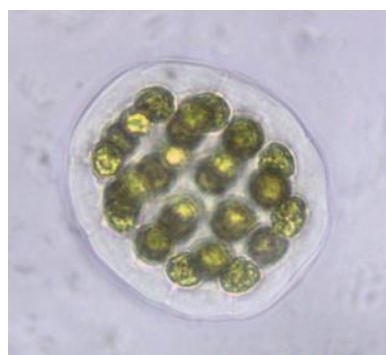
Mallomonas sp (40x)



Synedra sp (40x)



Eudorina sp (40x)



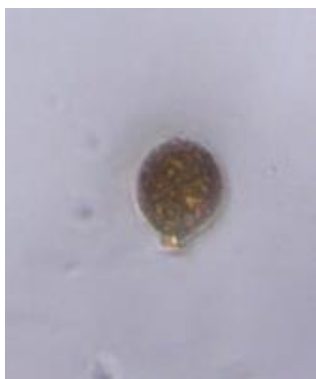
Pandorinas sp (40x)



Cyanobacteria sp (40x)



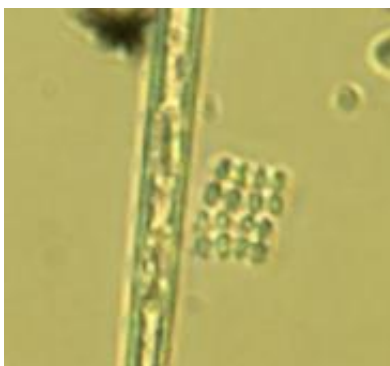
Nitzschia sp (40x)



Trachelomonas sp (40x)



Desmodesmus sp (40x)



Merismopedia sp (20x)