UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diatomeas perifíticas y algunas características limnológicas de un humedal urbano en la sabana de Bogotá

DIANA MARCELA MEJIA RODRÍGUEZ

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Departamento de Biología

Bogotá, Colombia

2011

Diatomeas perifíticas y algunas características limnológicas de un humedal urbano en la sabana de Bogotá

Diana Marcela Mejía Rodríguez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Biología

Director

Ph.D. Luis Norberto Parra Sánchez

Línea de Investigación:
Conservación y Biodiversidad

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Departamento de Biología

Bogotá, Colombia

2011

Agradecimientos

No hace mucho tiempo, llegar a esta etapa de mi formación profesional y lograr culminarla era una meta muy difícil de alcanzar. Sin embargo ahora como resultado de un gran esfuerzo familiar y personal se cumple esta meta que en algún momento fue algo más que un sueño.

Este logro no hubiese sido posible sin la colaboración de diversas personas quienes con sus contribuciones enriquecieron y dieron forma a esta tesis. Entre ellas es menester hacer un especial reconocimiento al profesor Jesús Orlando Rangel-Ch., por su apoyo en todo el proceso de la maestría, así como a los profesores: Luis Norberto Parra por aceptar dirigir este trabajo, Gabriel Antonio Pinilla por su orientación y correcciones al manuscrito, Alexis Jaramillo por su contribución en la parte estadística del documento así como por su incondicional apoyo y aliento en los momentos que lo necesite.

No puedo dejar de lado a mis compañeros: John Jader Rivera, Adela Vásquez Lozano, Paola Delgado, Leider Palacios, Denisse Castro Roa y Mary Lee Verdugo, para quienes la palabra gracias se puede quedar corta en respuesta a su colaboración, haya sido en campo, el procesamiento de los datos, aportes bibliográficos, revisión u organización del documento o simplemente por motivarme a seguir.

A nivel institucional agradezco al Laboratorio de la Palinología y Paleoecología (Instituto de Ciencias Naturales) y al Laboratorio de Ecología del departamento de Biología, pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá por el préstamo de sus instalaciones.

Resumen

Se estudio la composición, diversidad y variaciones espacio-temporales de las diatomeas perifiticas presentes en el humedal Jaboque (Bogotá-Colombia), entre abril de 2009 y enero de 2010. Simultáneamente se evaluaron algunas características físicas y químicas del agua para estimar la influencia de estas variables sobre la diatomoflora. Se encontraron 90 taxones, distribuidos en 28 géneros. *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Pinnularia* presentaron la mayor riqueza. Se presentó un patrón espacial donde la parte alta y baja del humedal de condición mesotrófica abundaron especies con sensibilidad a los sólidos, la conductividad y altos niveles de nutrientes como: *Achnanthes hungarica* (taxón dominante), *Gomphonema pseudoaugur*, *Fragilaria pinnata y Cyclotella meneghiniana*, mientras que la zona media con mayor intervención antrópica y de condición eutrófica son dominantes *Cyclotella stelligera* y *Gomphonema parvulum.*

Palabras clave: diatomeas perifíticas, humedal Jaboque, eutroficación, abundancia, diversidad.

Abstract

The composition, diversity, spatial and temporal variation of the periphytic diatoms present in the wetland Jaboque (Bogotá-Colombia), have been studied using samples taken on natural and artificial substrates between April 2009 and January 2010. At the same time had been evaluated some physical and chemical characteristics of the water to estimate the influence of these variables on the diatoms flora. Ninety taxa were found, distributed in 28 genera. *Nitzschia*, *Gomphonema* and *Pinnularia* presented the most richness. In the high and low zone of the wetland *Achnanthes hungarica* was the specie with greater relative frequency and distribution, while in the middle part characterized for being the area with most anthropic intervention *Cyclotella stelligera* and *Gomphonema parvulum* were most abundant.

The wetland present seasonal organization, where the high and low zone of the wetland is identify as mesotrophic and dominated species as *Achnanthes hungarica, Gomphonema pseudoaugur, Fragilaria pinnata y Cyclotella meneghiniana,* which are cosmopolitan and typical mesotrophic waters but with differential tolerance associated mainly with concentrations of nutrients, solids and the conductivity. While that the middle part is eutrophic, characterized for being the area with most anthropic intervention *Cyclotella stelligera and Gomphonema parvulum* were dominant.

Key words: periphytic diatoms, Jaboque wetland, eutrophic, abundance, diversity.

Contenido

RESUMEN……..……..……V
Lista de figuras……..IX
Lista de Tablas……..……XI
Lista de anexos……..……..XII
Introducción 1
1. Objetivos 3
1.1. Objetivo General 3
1.2. Objetivos Específicos..... 3
2. Marco Teórico y Antecedentes.....4
2.1. Antecedentes 6
3. Metodología.....11
3.1. Área de estudio 11
3.2. Muestreos 15
3.3. Fase de campo 15
3.4. Fase de laboratorio 16
3.5. Análisis de datos 17
4. Resultados 19
4.1. Comunidad de diatomeas en el humedal Jaboque (generalidades)..... 19
4.1.1. Patrones de similaridad a nivel temporal 23
4.1.1.1. Composición de especies entre muestreos 23
4.1.1.2. Las estaciones de muestreo por periodo climático 24
4.1.2. Diversidad, riqueza específica, equidad y dominancia 28
4.2. Evaluación Fisicoquímica del agua en las estaciones de muestreo ubicadas en el humedal Jaboque..... 32
4.2.1. Comportamiento de la precipitación 32
4.2.2. Oxígeno Disuelto 33

4.2.3. Demanda biológica de oxígeno 34
4.2.4. Ortofosfátos 34
4.2.5. Amonio 36
4.2.6. Nitratos 37
4.2.7. Nitritos 38
4.2.8. pH 39
4.2.9. Temperatura del agua y aíre 40
4.2.10. Conductividad 40
4.2.11. Sólidos totales y suspendidos 41
4.2.12. Nitrógeno amoniacal 42
4.3. Análisis de Discriminante 43
4.4. Análisis de componentes principales 45
4.4.1. Primer periodo (Altas lluvias) 45
4.4.2. Segundo periodo (bajas lluvias) 46
4.4.3. Tercer periodo (altas lluvias) 47
4.4.4. Cuarto periodo (bajas lluvias) 48
4.5. Relación entre las especies de diatomeas y variables fisicoquímicas en el humedal Jaboque (Análisis de correspondencias canónicas) 50
4.6. Diagnostico de la calidad del agua por medio de índices diatomológicos. 53
5. Discusión 56
5.1. Ambiente fisicoquímico 56
5.2. Comunidad de diatomeas 59
5.3. Humedal Jaboque después de la ejecución del proyecto ENCOR 63
5.4. Jaboque y otros humedales de la sabana de Bogotá 69
6. Conclusiones y recomendaciones 71
6.1. Conclusiones 71
6.2. Recomendaciones 72
7. Bibliografía 74
8. Anexos 89

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación estaciones de muestreo: A, B, C, D, E, F y G en el humedal Jaboque (Localidad de Engativá) Tomado de Arcos y Gómez (2006). 12
Figura 2. Trazado del interceptor Engativa-Cortijo (ENCOR) hacia la PETAR del Salitre (línea roja). Fuente EAAB. 12
Figura 3. Imágenes de las estaciones de muestreo (Fuente: Google Earth) 13
Figura 4. Géneros con mayor número de especies (eje y), en los sitios de muestreo (eje x), durante todo el período de estudio (abril 2009 - enero 2010). 20
Figura 5. Número de especies (eje y), por rangos de frecuencias relativas (%), en cada estación de muestreo por periodo climático: donde 1 y 3 corresponden a altas lluvias (abril-mayo y octubre-noviembre respectivamente); 2 y 4 a bajas lluvias (agosto y enero) 20
Figura 6. Similitud de Bray-Curtis aplicado a la densidad entre los periodos de altas lluvias 1 y 3 (abril-mayo y octubre-noviembre) y los periodos de bajas lluvias 2 y 4 (agosto y enero)..... 23
Figura 7. Similitud de Bray-Curtis entre muestreos (M), en cada periodo de altas lluvias (P1 y P3) y los periodos de bajas lluvias (P2 y P4). 24
Figura 8. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones, para el primer muestreo (M1) y el segundo (M2), del primer periodo climático de altas lluvias (abril-mayo/2009). 25
Figura 9. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones para el primer (M3) y segundo muestreo (M4), correspondientes al segundo periodo climático (agosto 2009). 25
Figura 10. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones para el muestreo 1 (M5) y 2 (M6), correspondientes al tercer periodo climático de altas lluvias (octubre-noviembre). 26
Figura 11. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones para el primer (M7) y segundo (M8) muestreo correspondientes al cuarto periodo climático de bajas lluvias (enero/2010). 27
Figura 12. Densidad de diatomeas (valvas.cm²) en los diversos periodos y estaciones de muestreo. Letras simbolizan las estaciones con mayor y menor densidad por periodo. Valores en la parte inferior Max y Min por periodo. Valor junto a la letra Max y Min por estación. 27

Figura 13. Índices de diversidad de Shannon (H´), equidad Pielou (J) y dominancia (D), aplicados a la comunidad de diatomeas del humedal Jaboque. M1: mayo-abril, M2: agosto, M3: octubre-noviembre y M4: enero. 29
Figura 14. Distribución de las especies dominantes encontradas en el humedal Jaboque a través de todo el estudio. 30
Figura 15. Precipitación diaria estación Aeropuerto el dorado entre los meses abril de 2009 – Enero de 2010 (Fuente IDEAM). 32
Figura 16. Variación espacial del oxígeno disuelto expresado en mg/L O_2 en las estaciones A-G del humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero 2010. 34
Figura 17. Variación espacial de la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días expresado en mg/l, tomadas entre abril de 2009 y enero de 2010 en el humedal Jaboque. 35
Figura 18. Variación espacial de los ortofosfátos en el humedal Jaboque expresado en mg/l P registrados entre abril de 2009 y enero de 2010 en el humedal Jaboque. 35
Figura 19. Comportamiento espacial de los amonios expresados en mg/l de $N\text{-}H_4$ en el humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero 2010. 36
Figura 20. Variación espacial de los nitratos en las estaciones de muestreo ubicadas en el humedal Jaboque, entre abril de 2009 y enero de 2010. 37
Figura 21. Variación espacial de los Nitritos en el humedal Jaboque. Expresado en mg/L NO_2 38
Figura 22. Variación espacial del pH en las estaciones estudiadas en el humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero de 2010. 39
Figura 23. Variación entre las estaciones de muestreo de la conductividad eléctrica del agua, registrada entre abril de 2009 y enero de 2010 en el humedal Jaboque. 41
Figura 24. Variación espacial de los sólidos totales (ST) y los sólidos suspendidos (SST). 41
Figura 25. Variación espacial del nitrógeno amoniacal en las estaciones de muestreo evaluadas en el humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero de 2010. 42
Figura 26. Grafica de las funciones discriminantes, realizada con las variables fisicoquímicas evaluadas en cada estación de muestreo en 4 periodos climáticos. 44
Figura 27. Disposición de las estaciones en el primer periodo de estudio para el primer (izquierda) y segundo muestreo (derecha),en relación con los factores extraídos mediante el PCA. 46
Figura 28. Disposición de las estaciones para el segundo periodo en el primer (izq.) y segundo muestreo (derecha), en relación con los factores extraídos. 47

Figura 29. Disposición de las estaciones en el tercer periodo de estudio para el primer (izquierda) y segundo muestreo (derecha),en relación con los factores extraídos mediante el APC. 48
Figura 30. Disposición de las estaciones en el cuarto periodo de estudio para el primer (izquierda) y segundo muestreo (derecha), en relación con los factores extraídos. 49
Figura 31. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) donde se presenta la relación de diatomeas con las principales variables fisicoquímicas estudiadas. Letras: estaciones, Números: muestreos, abril-mayo (1-2), agosto (3-4), octubre-noviembre (5-6), enero (7-8). Estrella: ubicación del taxón. Circulo: ubicación estación. Los nombres de las especies se registran en el Anexo 12. 52
Figura 32. Variación del componente físico y químico, antes y después de la construcción y puesta en marcha del ENCOR en el humedal Jaboque. 64

Lista de tablas

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en humedal de Jaboque..... 11
Tabla 2. Taxones encontrados en el humedal Jaboque, en los sitios y sustratos de muestreo. 21
Tabla 3. Valores máximo, mínimo, promedio y desviación estándar (σ), de los diversos parámetros fisicoquímicos medidos en los 4 periodos de muestreo. 33
Tabla 4. Coeficientes estandarizados de las funciones canonícas de las variables utilizadas para la construcción de las discriminantes. 45
Tabla 5. Estadísticos del análisis de correspondencia canónica entre las especies de diatomeas encontradas y las variables fisicoquímicas en todos los periodos estudiados. 50
Tabla 6. Puntaje del IGDHB y clasificación de las estaciones evaluadas. 54
Tabla 7. Puntaje del IDHB y clasificación de las estaciones evaluadas. 54
Tabla 8. Puntaje del IDG y clasificación de las estaciones evaluadas. 54
Tabla 9. Variación del componente biológico antes de después de la ejecución y puesta en marcha del interceptor Engativa-Cortijo (ENCOR)..... 68

Lista de anexos

Anexo A. Catálogo fotográfico de las Diatomeas presentes en el Humedal Jaboque 90

Anexo B. Tablas de los condesados de los índices de diversidad de Shannon (H), equidad Pielou (J), dominancia (D) y riqueza especifica (S), aplicados en el estudio por periodo y estación (muestreo 1= $_1$ y muestreo 2= $_2$). Así como el promedio por periodo y estación. 97

Anexo C. Frecuencias relativas de los taxones de diatomeas encontrados en el estudio. 98

Anexo D. Valores máximo, mínimo, promedio ($\bar{\chi}$) y desviación estándar (σ), de los diversos parámetros fisicoquímicos medidos en los todos los muestreos. 101

Anexo E. Autovalores del análisis discriminante. 102

Anexo F. Estadísticos del Lambda de Wilks. Contraste de las funciones al modelo. 103

Anexo G. Matriz de estructura del análisis discriminante. 104

Anexo H. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el primer periodo de estudio (abril-mayo). 105

Anexo I. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el segundo periodo (agosto). 106

Anexo J. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el tercer periodo de estudio (octubre-noviembre). 107

Anexo K. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el cuarto periodo de estudio (enero). 108

Anexo L. Nombres de los taxones relacionados en el análisis de correspondencias canónicas (Figura 27). 109

Anexo M. Tablas de las prueba K-W y Dunn´n aplicadas a las variables fisicoquímicas y las estaciones de muestreo. 111

Introducción

Los humedales poseen un relevante valor ecosístemico y ambiental, además de constituirse como sistemas complejos debido a que sus condiciones responden a factores como: precipitación, la altura y la geomorfología entre otros (Weilhoefer y Pan, 2007).

Por lo tanto, su conservación en el contexto del manejo de los cambios ambientales que se han generado por el deterioro del capital natural, se hace indispensable. Para este fin se deben optimizar herramientas que contribuyan al monitoreo de dichos sistemas y en consecuencia se logre optimizar la adopción de medidas que permitan su rehabilitación y/o restauración.

De acuerdo con lo anterior y con miras al cumplimiento de la política nacional para aplicar los compromisos de la Convención Ramsar (Davis *et al.* 1996), ratificada en Colombia por la Ley 357 de 1997, se requiere generar información sobre líneas básicas para conocer el comportamiento de estos ecosistemas intervenidos. Esto implica entre otros aspectos el entendimiento de las relaciones dinámicas que se presentan, debido a que cada uno de los elementos tanto bióticos como abióticos, que integran la estructura de un sistema de humedal, responde a las condiciones ambientales en función de sus atributos internos (límites de tolerancia ambiental) y externos, tales como las interacciones y los agentes que regulan su comportamiento (pulso de inundación, carga de nutrientes, entre otros).

De este modo, se pueden utilizar componentes del humedal para monitorear su estado, como es el caso de los bioindicadores y trasladar esa condición al estado de salud del humedal. A través de su estudio se pueden dar inferencias de las condiciones generales del ecosistema en diferentes escalas espacio-temporales y así asociarlas eficientemente con un seguimiento general. Tomando esto en cuenta se hace necesaria la selección de un componente que sea útil como bioindicador y

obtener de este modo estimaciones certeras de las condiciones que se presentan en un ecosistema en particular.

Considerando lo anterior y en procura de aportar conocimientos que sean aplicados en la comprensión de la problemática expuesta, se tomó como referencia un humedal urbano (Jaboque), cuya importancia radica en sus características y servicios, no solo en cuanto al sostenimiento de biodiversidad, además por el invaluable valor socio-cultural e histórico de esta zona (Rangel *et al.* 2005). Se utilizó como referente bioindicador la flora diatomológica, gracias a estudios previos sobre su diversidad a nivel paleoecológico, además de otras investigaciones enfocadas en la evaluación trófica, por lo que se cuenta con una visión de la evolución y los procesos que ha sufrido este sistema acuático (Álvarez y Yepes, 2005; González, 2005; Sierra y Monsalve, 2005; Arcos y Gómez, 2006).

En este estudio se retomaron puntos de muestreo comunes a los trabajos anteriormente mencionados. El objetivo primordial fue establecer si la diversidad actual de diatomeas tuvo variaciones a causa de intervenciones como la ejecución del proyecto ENCOR (interceptor Engativa-Cortijo), por parte del acueducto de Bogotá. A su vez se busco evaluar si la composición de estas algas y sus cambios a lo largo de un ciclo anual pueden validar las diatomeas como una herramienta eficiente de monitoreo.

Con este documento se pretende brindar un soporte científico para la investigación y desarrollo de futuros programas de conservación que sirvan al cumplimiento de la meta gubernamental de la recuperación de este humedal, y en consecuencia que permitan incrementar su oferta de servicios ambientales.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Evaluar la comunidad de diatomeas presentes en un humedal urbano de la sabana de Bogotá, así como algunas de sus características limnológicas.

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar un inventario hasta la mayor categoría taxonómica posible de las diatomeas perifiticas presentes en sustratos artificiales y naturales (*Typha latifolia, Lemna gibba* y *Eichornia crassipens*), a lo largo del gradiente de eutrofización en el humedal Jaboque.

- Evaluar la variación espacio-temporal en la estructura del ensamblaje de diatomeas presentes durante el periodo de estudio, su relación con la fluctuación pluviométrica y la influencia de algunas variables físicas y químicas del agua.

- Determinar cambios que se podrían haber presentado en las comunidades de diatomeas del humedal Jaboque, posterior a la puesta en marcha del proyecto ENCOR.

2.Marco Teórico y Antecedentes

Las diatomeas (Bacillariophyceae) constituyen un importante componente de las comunidades acuáticas. Conforman uno de los grupos algales con mayor riqueza específica, de distribución cosmopolita y que puede vivir en una amplia variedad de hábitats, incluso bajo condiciones extremas, desde hielos polares hasta aguas termales (Round *et al*. 1991).

El uso de diatomeas como indicadores de condiciones físicas, químicas y bióticas se remonta a principios del siglo XX (Kolkwitz y Marson, 1908), ya que estas responden a diversos parámetros ambientales como los geológicos (Stevenson, 1997; Pan *et al.* 2000), la velocidad de corriente (Peterson y Stevenson, 1990; Ghosh y Gaur, 1998), los nutrientes (Potapova y Charles, 2007), la contaminación orgánica y por metales (Watanabe *et al.* 1986; Sabater 2000, Gold *et al.* 2002), y los disturbios de origen antrópico (Fore y Grafe 2002), entre otros.

Por esto se han utilizado para el desarrollo de programas de monitoreo, como el de la National Water Quality Assessment en Estados Unidos (Stoermer y Smol 2004).

Los diversos estudios que se han llevado a cabo para establecer las diatomeas como indicadoras se han perfilado principalmente en cuatro metodologías (Lobo *et al.* 2002):

- Índices Bióticos: reflejan un dato numérico que brinda una idea del efecto de la polución sobre las comunidades. Algunos son: SPI Specific Polluosensitivity Index; (Coste 1986); CEC Commission for Economic Community Index (Descy y Coste 1991); LMI Leclercq y Maquet Index (Leclercq y Maquet 1987); SLA Sladecek's Index (Slàdecěk 1986), TDI Trophic diatom index (Kelly y Whitton 1995) y ROTT Trophic metric (Rott *et al.* 1999). Sin embargo los índices más

utilizados son el IDG Generic diatom index (Lecointe *et al.* 2003) y el BDI Biological diatom index (Prygiel y Coste 2000).

- Análisis multivariados: relacionan la comunidad biótica con los parámetros abióticos. Entre los más utilizados están; análisis de componentes principales (ACP), el análisis de correlación (AC) y el análisis de correspondencia canónico (ACC).

- Índices de Diversidad: se fundamentan en que efectos negativos de la contaminación se reflejan en la disminución de la diversidad de especies de la comunidad. Los más utilizados son aquellos que se basan en la teoría de la información, siendo el más frecuente el de Shannon H' (Mason 1991).

- Relación Abundancia-Especies: utiliza toda la información de la biocenosis. Puede describirse en función de cuatro modelos principales: la distribución log-normal, serie geométrica, serie logarítmica y el modelo de bastón roto de MacArthur.

Estos análisis se han aplicado principalmente en países europeos, especialmente en Francia, Bélgica y Luxemburgo. En Francia el IBD se ha puesto a prueba para monitoreos de rutina (Prygiel y Coste 2000). Almeida (2001) encontró en Portugal que el SPI y el CEC fueron más sensibles a diferencias estacionales y que estos presentaron mayor concordancia con respecto a los resultados fisicoquímicos, comparados con el SLA y el LMI. Mientras que Lototskaya *et al.* (2006), en el marco del European project for the Standardisation of River Classifications, al comparar los índices y diversos sustratos, hallaron que el SLAD, LyM y CEC varían dependiendo del hábitat y el número de taxa. Sin embargo el LyM fue el que mostró menos variabilidad en sustratos como macrófitas y sedimentos. Otro factor que mostró considerable variación en los ensambles de diatomeas fueron los fisiográficos, tal como se presentó en ríos catalanos de España (Leira y Sabater 2005).

Además de los índices mencionados anteriormente, se han diseñado otros como el índice de ríos basado en diatomeas (RDI), el que fue puesto a prueba en 23 ríos de Estados Unidos. Este se correlaciono significativamente con mediciones relacionadas al disturbio humano, así como con su área de influencia (Fore y Grafe 2002).

2.1. Antecedentes

En Suramérica los primeros trabajos reportados sobre diatomeas son los realizados por Hustedt (Schmitd *et al*. 1874-1959) y Ehrenberg (1841). Posteriormente en los trabajos de Reichardt (1995) y Krammer (1997), se hacen revisiones taxonómicas. Metzeltin y Lange-Bertalot (1998 y 2007), mencionan que en las regiones tropicales la diatomoflora es muy diferente respecto a las zonas templadas, debido principalmente a la influencia de la altitud. Rumrich *et al*. (2000) presentaron resultados similares en su estudio que contemplo desde los Andes venezolanos hasta Tierra de Fuego, excepto por los taxones endémicos reportados en altas altitudes, en total se documentaron 184 nuevos taxones. De otra parte Metzeltin *et al.* (2005), indican una mayor diversidad de especies, especialmente en el hemisferio sur (Uruguay).

En Colombia son numerosos los registros de taxa de diatomeas en estudios ecológicos de comunidades perifiticas, los que se han llevado a cabo principalmente en sistemas lénticos de Antioquia (Moreno, 1989; Sierra y Ramirez, 2000). En lagos de páramo (Donato *et al.* 1996 y Donato 2010) y en sistemas lóticos se han desarrollado trabajos como los de Ramirez y Viña (1998), Montoya (1998) en el río Medellín y Hernández *et al*. (2005) en la quebrada La Vega- Antioquia

Estos estudios han contribuido a la comprensión de los ensambles de estas comunidades en sustratos artificiales, su distribución espacio-temporal, los procesos de colonización y la sucesión. Zapata y Donato (2005) encuentran en el río Tota que las bajas densidades son promovidas por valores de corriente altos y cuando estos son bajos la abundancia total es alta, mientras que en la zona ritral del río Medellín se presentaron a nivel espacial diferencias en la biomasa, productividad, diversidad y equidad (Montoya y Ramírez 2007). Así como contribuciones sobre la estructura de las asociaciones de las diatomeas perifíticas (Montoya *et al.* 2008). Por otra parte Montoya y Aguirre (2008), en su investigación de las ensambles de diatomeas perifíticas asociadas con raíces de macrófitas de un ambiente cenagoso presentan diferencias de densidad por unidad de área, además de dominancia de diatomeas.

Otros aportes provienen de los estudios ecológicos del fitoplancton que establecen relaciones con los factores morfométricos (Ramírez *et al.* 2000), con las variables físicas y químicas con la productividad. Estos estudios se han realizado principalmente en represas y lagos de Antioquia (Ramírez y Machado 1982; Ramírez y Díaz 1994; Ramírez y Alcaráz 2002), ciénagas como la de Joutaudó en Chocó (Asprilla *et al.* 1998) y de Chucurí en Santander (Plata 2000) y en lagos andinos (Donato 2001).

Las investigaciones paleolimnológicas enfocadas en las diatomeas, constituyen un campo de estudio en Colombia relativamente reciente que se ha combinado con estudios de sedimento y análisis palinológicos. Trabajos como los de Lozano *et al.* (1999) y Vélez *et al.* (2001, 2003; 2005 a-b y 2006), han permitido reconstrucciones basadas en diatomeas, las cuales han sido fundamentales para la comprensión de la ecología actual.

En los estudios sobre la colonización y la sucesión de diatomeas en ríos andinos, se han hallado especies colonizadoras tanto en etapas primarias como intermedias y tardías. Además, se ha visto que la composición, diversidad, densidad y desarrollo de estas comunidades dependen de factores hidrológicos y de cambios estacionales (Martínez y Donato 2003, Plata *et al.* 2008). También se sabe qué factores como el caudal y la conductividad tienen relación con la biomasa, mientras que la velocidad de la corriente y la disponibilidad de nutrientes se relacionan con el biovolumen de las formas de las diatomeas (Castellanos y Donato 2004).

Díaz y Rivera (2004), aplicaron modelos de regresión en 20 ríos de la cuenca alta y media del río Bogotá que indican una relación evidente y cuantificable entre las comunidades de diatomeas y variables ambientales, siendo más relevantes las físicas y químicas respecto a las hidrológicas. De otro lado Ramírez y Plata (2008), además de identificar estas relaciones, encontraron que las diatomeas perifíticas se afectan principalmente por diferencias de hábitat entre tramos de los ríos.

El conocimiento en cuanto a la morfología y taxonomía de las diatomeas de agua dulce es escaso. Sin embargo hay descripciones para algunas especies de alta montaña (Lange-Bertalot y Moser 1994; Lange-Bertalot *et al.* 1996; Metzelin y Lange-Bertalot 1998, 2007; Rumrich *et al.* 2000).

En la Amazonia colombiana se han desarrollado varios trabajos. Duque (1998), publicó el primer estudio florístico de diatomeas; posteriormente Sala *et al.* (1999) incluyeron 10 taxones nuevos. En estudios de diatomeas bénticas y plantónicas Salas *et al.* (2002a) describieron 10 especies y de estas 5 eran nuevas para la zona.

En otras investigaciones realizadas en sistemas lénticos y lóticos de esta región Sala *et al.* (2002b) registraron 21 taxa por primera vez en Colombia y un taxa nuevo para la Amazonia colombiana. En Antioquia, Santander y Chocó, Sala *et al.* (2008) describen y muestran la distribución de 23 taxones, 20 de los cuales son registros nuevos para Colombia y uno para América del Sur.

En la ciudad de Bogotá se encuentran 13 humedales los cuales han sido muy intervenidos debido al crecimiento poblacional propio de una ciudad capital. Esto ha reducido considerablemente la extensión de dichos ecosistemas.

Los estudios en estos humedales enfocados en diatomeas, son muy escasos. Rojas (2005) desarrollo trabajos en tres humedales urbanos y registró 15 géneros y 29 morfoespecies en Guaymaral, 26 morfoespecies y 14 géneros en Santamaría del Lago y 16 morfoespecies y 9 géneros en el humedal de Tibanica. Santamaría del Lago presentó el menor estado de trofismo, Guaymaral intermedio y Tibanica más eutrófico. En este humedal también se registró la mayor productividad. Aunque en diferentes niveles, los tres humedales van de eutróficos a hipereutróficos.

En el humedal Jaboque se han desarrollado estudios de la calidad de aguas como los de: GÓMEZ, CAJIAO y ASOCIADOS CIA. LTDA (1995), IEH-GRUCON LTDA-EAAB (1999) y Álvarez y Yepes (2005). Según estos trabajos se presentaron las siguientes tendencias en cuanto a parámetros físicos y químicos: las grasas, los sólidos (suspendidos, volátiles y sedimentables) y la alcalinidad, registraron incrementos considerables entre 1995 y 1999, especialmente en los sólidos, lo que evidencio procesos acelerados de colmatación en el humedal. En este mismo periodo, el amonio, los nitratos y el fosforo total se redujeron a causa de los altos niveles de saturación de materia orgánica, los que a su vez generaron procesos de descomposición y permitieron perdidas por liberación de gases a la atmosfera (Arcos y Gómez 2006).

En los tres estudios la DQO y la conductividad se incrementaron con el tiempo, posiblemente debido al aumento de vertimientos domésticos. La DQO no presentó una tendencia clara ya, que entre 1995 y 1999 pasó de 6 a 122.7 mg/l, mientras que Álvarez y Yepes (2005), señalaron valores promedio de 20.5 y 16.3 mg/l para la zona canalizada y no canalizada respectivamente. Este último estudio presentó para la zona no canalizada un pH menos básico (6.8) y menor porcentaje de oxígeno, frente a la zona canalizada.

En cuanto a diatomeas se han realizado trabajos a nivel paleoecológico (Sierra 2006) en el que se estudiaron tres escalas temporales (actual, pasado cercano- aprox. 500 años - y pasado lejano –más de 1400 años). La estructura de la comunidad de diatomeas presentó alta variabilidad a nivel temporal y se registró que el ecosistema desde el pasado lejano ha tenido altas concentraciones de nitrógeno y fósforo. En cuanto al estado trófico se encontró alta variabilidad espacial y temporal, así como 30 especies de diatomeas persistentes en los últimos 1500 años, las cuales son indicadoras de sistemas mesotróficos, eutróficos y/o distróficos (Sierra y Monsalve 2005).

González (2005) calificó a las diatomeas como un grupo dominante en Jaboque, de acuerdo a los valores de amonio (entre 2 y 15 mg/L), nitratos (5 a 50 mg/L) y fosfatos (5 a 15 mg/L), clasificó el humedal como eutrófico.

También se han realizado estudios de microalgas perifíticas para evaluar la calidad del agua, como el de Arcos y Gómez (2006), en el que las diatomeas reportaron mayor representatividad y en las zonas menos intervenidas mayor abundancia. Las variables fisicoquímicas del agua no mostraron diferencias estadísticamente significativas ni espacial ni temporalmente y en cuanto la calidad de sus aguas, el humedal se calificó entre aguas medianamente contaminadas a muy contaminadas.

De acuerdo a los estudios mencionados, el humedal Jaboque presentó problemas de contaminación, reducción y fragmentación del ecosistema, modificación de su drenaje natural, construcción de canales perimetrales y recientemente la construcción del Interceptor ENCOR.

Este interceptor entró en funcionamiento en el 2009 y su propósito fundamental es separar las aguas residuales de las aguas lluvias, utilizando el agua lluvia para alimentar tanto al río Bogotá como al humedal Jaboque a través de un sistema subterráneo y conducir las aguas contaminadas que eran vertidas en el humedal o en el Río Bogotá hacia la planta de tratamiento de aguas residuales (PETAR) en el Salitre. Este complejo consiste en una tubería de 4.230 metros instalado mediante un sistema de túnel a 10 metros de profundidad bajo la superficie de un sector norte del humedal. Sin embargo faltando 25 metros de tubo por instalar, se produjo un sifonamiento en el interceptor. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, tomó la decisión de aislar la zona despejándola de su cobertura vegetal, se colocó un tubo de menor diámetro para conectar el túnel de la zona norte, con la zona sur y luego se relleno con arena y 30 metros cúbicos de concreto, lo que pudo producir posibles problemas anexos para la fauna y flora existentes en la zona (EAAB, 2004 y SDA, 2007).

Desde la materialización del proyecto ENCOR solo se ha realizado un estudio en el que Castro (2009) desarrolló un índice biótico basado en diatomeas para evaluar los humedales ubicados en la sabana de Bogotá. En este estudio se contempló un solo punto del humedal Jaboque el cual cuenta con mayor manejo a nivel paisajístico, mantenimiento llevado a cabo por la fundación encargada (ADESSA). Este manejo consiste en la remoción de lodos y vegetación flotante y ha permitido el sostenimiento de un espejo considerable de agua. Como resultado Castro (2009) encontró que esta zona del humedal se clasifico como de contaminación moderada.

3. Metodología

3.1. Área de estudio

El humedal de Jaboque se encuentra a una altura de 2560 msnm, entre los 4º32´0,42" N 74º56´57.53" W y 4º33´10,61" N 73º58´32,33" W. Está ubicado en la ciudad de Bogotá, localidad de Engativá y limita al occidente con el río Bogotá y al sur con los barrios: Engativá, Bolivia y Villa del Mar; al oriente colinda con el barrio Álamos Norte y al norte con el barrio Villas de Granada y con zonas destinadas al cultivo y la ganadería.

En la tabla 1 se muestran las coordenadas de los 7 sitios de muestreo. En la figura 1 se ilustra la ubicación planimétrica de estas zonas, mientras que en la figura 2 se aprecia el recorrido del interceptor ENCOR y la zona del humedal Jaboque que atraviesa. Los sitios se definieron en el trabajo previo de Álvarez (2003). Tres de las estaciones pertenecen a la zona menos perturbada (A, B y C). Las cuatro restantes corresponden al área del humedal más afectada por la urbanización y adecuación en su perímetro de canales de recolección de aguas (D, E, F y G). Estos puntos de muestreo posteriormente fueron utilizados por Álvarez y Yepes (2005), González (2005), Sierra y Monsalve (2005) y Arcos y Gómez (2006), con la finalidad de comparar y reconocer patrones de variación de los diferentes parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en humedal de Jaboque

ESTACIÓN	N	W	ESTACIÓN	N	W
A	4º43´35,33"	74º08´45,11"	E	4º42´42,48"	74º07´47,83"
B	4º43´21,55"	74º08´33,58"	F	4º42´35,92"	74º07´38,41"
C	4º42´58,95"	74º07´53,81"	G	4º42´11,05"	74º07´30,48"

D	4º42´38,57"	74º08´02,57"			

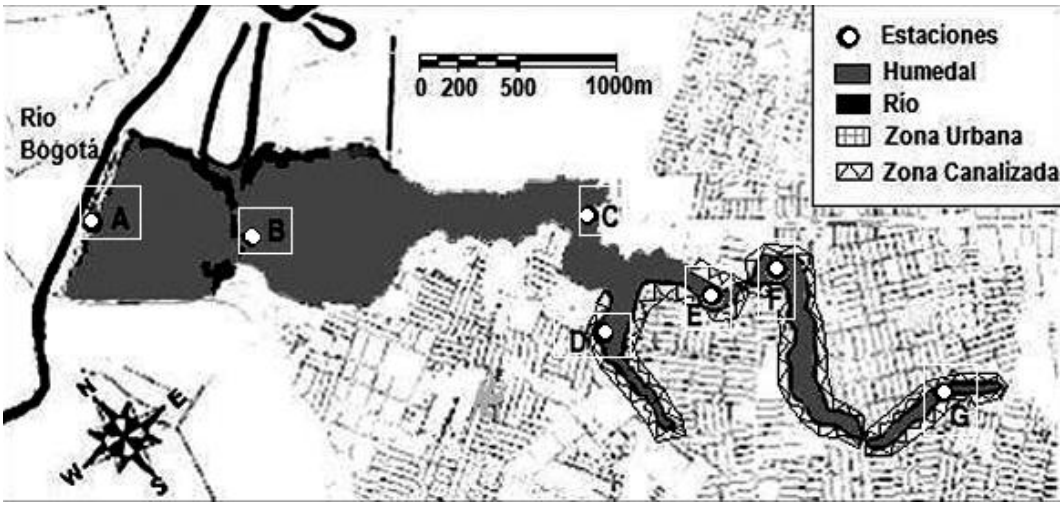


Figura 1. Ubicación estaciones de muestreo: A, B, C, D, E, F y G en el humedal Jaboque (Localidad de Engativá) Tomado de Arcos y Gómez (2006).

Figura 2. Trazado del interceptor Engativa-Cortijo (ENCOR) hacia la PETAR del Salitre (línea roja). Fuente EAAB.

A continuación se hace una descripción de las estaciones de muestreo de acuerdo a Álvarez y Yepes (2005) y Hernández y Rangel (2009) y sus imágenes se aprecian en la figura 3.

Estación A: ubicada en la zona donde el humedal vierte sus aguas hacia el río Bogotá, aunque a veces también es zona de inundación. Básicamente en esta zona se ubica un canal entre dos camellones que presenta una corriente de baja velocidad.

Figura 3. Imágenes de las estaciones de muestreo (Fuente: Google Earth)

Esta zona presentó la mayor diversidad florística de especies y comunidades caracterizándose como la de mayor conservación.

Estación B: Esta zona se caracteriza por presentar un espejo de agua poco profundo Se ubica en el sector aledaño al colegio Torquigua; esta zona puede considerarse como una conexión con el sector intermedio y mejor conservado del humedal. En este sitio también se encuentra un camellón que la atraviesa.

Estación C: Ubicada en el Sector de San José de Engativa, aquí confluyen los brazos del humedal. En su ronda se encuentra un vivero y algunas zonas de cultivo del costado nororiental. También se evidenció que esta zona se utiliza para depositar lodos transportados debido a acciones de manejo en otras zonas del humedal (Observación directa).

Estación D: Se encuentra en el brazo de Villa Gladys, la cual presenta canales perimetrales. Está inmersa en una zona netamente urbanizada que para el momento del estudio fue modificada por la construcción de un playón artificial con el fin de una mejora paisajística.

Estación E: Se encuentra en inmediaciones del barrio La Riviera. Está influenciada por el canal perimetral que ingresa por el costado norte del humedal. Este sitio presenta escaso espejo de agua debido a procesos de colmatación, junto a una densa cobertura vegetal.

Estación F: Esta estación se ubica en el barrio Villas del Dorado de San Antonio. En este punto se presentan canales perimetrales.

Estación G: Se ubica en la zona oriental del humedal entre los barrios Villas del Dorado y El Muelle. También se encuentra influenciada por los canales perimetrales y manejo debido a la remoción de vegetación para visualizar la mira estadimétrica, ubicada en este sitio.

3.2. Muestreos

Se realizaron dos muestreos quincenales durante dos épocas de altas lluvias y dos de bajas lluvias, en el periodo comprendido entre abril-mayo, agosto, octubre-noviembre de 2009 y enero de 2010, para un total de 8 muestreos. De esta manera se cubrió un ciclo hidrológico.

Por campaña de muestreo se tomaron dos muestras para los análisis biológicos (una por sustrato) para un total de 16 por estación y dos de agua por muestreo en cada estación para los análisis fisicoquímicos.

3.3. Fase de campo

Las muestras biológicas se colectaron en sustratos naturales (tallos y raíces de *Typha latifolia, Lemna gibba* y *Eichhornia crassipens*), plantas frecuentes en el humedal, Hernández y Rangel (2009) y sustratos artificiales (laminas de acetato ubicadas verticalmente al sustrato para prevenir alta sedimentación y caída de otros organismos). Estos últimos se utilizaron para complementar el muestreo y se dejaron por tiempo mínimo de un mes según lo sugerido por Cambra *et al.* (2005).

Para la obtención de las diatomeas se removieron 3.14 cm^2 en la biopelícula mediante un tubo muestreador, un pincel y una pipeta. Este tubo consiste en un cilindro de polietileno transparente, con terminación de caucho para permitir una mejor adherencia al sustrato (Porter *et al*., 1993).

El raspado se efectuó con una pipeta plástica Pasteur, se transfirió a un envase plástico y se preservó en solución transeau (1 volumen de formol, 3 etanol, 6 de agua destilada). Se realizó un muestreo integrado de 10 raspados para cada sustrato.
Adicional al muestreo biológico en cada estación se midieron in situ con una sonda multiparametrica marca SCHOTT® los siguientes parámetros: temperatura del agua y del aire (°C), pH (unidades de pH) y conductividad eléctrica del agua (µS/cm) y el oxígeno disuelto (mg/L) se midió con oxímetro marca EXTECH Exstik DO 600. También se tomaron dos muestras de un litro de agua cada una para su posterior análisis en el laboratorio de Analquim Ltda., en donde se realizaron las

determinaciones de nitrógeno total (*mg/L* N) y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5 mg/L O_2). Los demás parámetros los cuales se mencionan más adelante se procesaron en el laboratorio de Ecología del departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

3.4. Fase de laboratorio

Las muestras biológicas se procesaron en el laboratorio de Palinología y Paleoecología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, donde se limpió el material mediante el método de oxidación en peróxido (Díaz y Rivera 2004), siguiendo los pasos descritos por Castro (2009).

Se procedió a realizar dos montajes por laminilla de 8 µL de muestra utilizando una pipeta de precisión y se fijaron los preparados fijos en Naphrax. El registro fotográfico se hizo utilizando un microscopio marca Zeizz-Axiostar plus con cámara Cannon Power Shot A70, mientras que la cuantificación de las diatomeas se realizó usando un microscopio óptico marca Nikon Japan modelo Eclipse E200 (1000x), hasta llegar a 400 valvas de la especie más abundante. La densidad se estimó mediante el método descrito por Lozano *et al.* (1999).

Para la determinación taxonómica se utilizaron las claves y descripciones de Kramer y Lange- Bertalot (1986, 1991), Lange-Bertalot (1993, 1995a, 1995b, 1998, 2000 y 2007) y Rivera *et al.* (1982).

En el laboratorio de Ecología del departamento de Biología de la Universidad Nacional se analizaron con espectrofotómetro HACH© dr/2000 los siguientes parámetros: amonio (mg/L $N\text{-}H_3$) por el método Nessler, nitratos (mg/L $N\text{-}O_3$) por el método de reducción por Cadmio, nitritos (mg/L NO_2) por el método de diazotización y ortofosfátos (mg/L P) por el método de ácido ascórbico. Los sólidos suspendidos se evaluaron mediante filtración (papel filtro de fibra de vidrio de 1,7 µ de poro) y los sólidos totales (disueltos y suspendidos) se analizaron siguiendo la metodología descrita por Standard Methods (APHA *et al.* 1995).

3.5. Análisis de datos

Para evaluar la comunidad de diatomeas se estimo la riqueza específica, el índice de diversidad de Shannon (1949), dominancia de Simpson y equidad de Pielou (1966). Con los datos de abundancias totales se hizo un análisis de aglomeramiento jerárquico (CLUSTER), mediante el método de agrupamiento de Bray Curtis entre las estaciones de muestreo en cada periodo y entre muestreos para establecer posibles patrones de organización. Estos procedimientos se realizaron con el software PAST-PROGRAM, versión 1.78 (Hammer y Ryan 2001).

Para los resultados de las variables físicas y químicas se obtuvo el valor mínimo, máximo, media y la desviación estándar. Para comparar entre muestreos o estaciones, se utilizó la prueba no paramétrica de análisis de varianza de Kruskal Wallis y para identificar cuales grupos presentaron la diferencia se aplicó la prueba de comparación múltiple de Dunn (Sokal y Rohlf 1995). Además se realizó un análisis discriminante para evaluar posibles diferencias significativamente estadísticas entre los sitios de muestreo. En este análisis el valor de p mide la significancia estadística de cada función discriminante y los valores Wilks λ (que van de 0 a 1) muestran la variación entre las observaciones no explicada por las funciones discriminantes, siendo cero una separación perfecta de los grupos.
También se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) sobre la matriz de datos fisicoquímicos para ordenar los diferentes sitios de acuerdo a su similaridad, así como para evidenciar la existencia de gradientes ambientales y cambios espaciotemporales. Las variables incluidas en este análisis se transformaron utilizando el $\log_{10}$ (x+1).

Las relaciones estadísticas entre las variables fisicoquímicas y biológicas se exploraron mediante un análisis de correspondencias canónicas. Para este análisis las abundancias de los taxones se transformaron logarítmicamente.

.

Para efectuar los análisis mencionados se utilizaron los programas SPSS (v 17.0 © 1993-2007 Polar engineerin and Consulting) y CANOCO (v 1.0.8 © 1999-2003 Petr Smilauer)

El estado trófico se determinó según el índice diatómico general (IDG) de Lecointe *et al.* (2003). También se aplicaron los índices de IDHB (índice de diatomeas perifiticas para los humedales bogotanos) y IGDHB (índice a nivel de géneros de diatomeas perifiticas para los humedales bogotanos), desarrollados por Castro (2009).

Para la aplicación de estos índices únicamente se utilizaron las especies que cumplieran las siguientes condiciones: poseer un valor de tolerancia y tener una abundancia relativa mayor al 5%. Se les asigno un valor de 0.001de tolerancia a aquellas especies que solo cumplian la segunda condición, para no afectar los cálculos estadísticos.

4. Resultados

4.1. Comunidad de diatomeas en el humedal Jaboque (generalidades)

En el humedal Jaboque se encontró un total de 96.173 organismos, los cuales como se muestra en la tabla 2, se distribuyeron en 59 especies, 28 géneros, 29 taxones determinados a genero-tipo y 2 morfotipos. Del total de los taxones 34 fueron comunes en los 7 sitios de muestreo, mientras que 6 se hallaron restringidos a un solo sitio de muestreo, dispuestos así: 2 taxones en el sitio F y 1 taxa en A, C, D y E.

En cuanto al tipo de sustrato, un 52.5% de los taxones se encontraron en los sustratos artificiales y el restante en los sustratos naturales. Se evidenció preferencia en cuanto a los sustratos por parte de los siguientes taxones: *Nitzschia* cf. *clausii, Nitzschia* cf. *ampliatum; Nitzschia* cf. *subminuscula, Gomphonema* cf. *lanceolatum y Eunotia sp3*, se registraron exclusivamente en los naturales, mientras que *Epithemia sp1, Eunotia* cf. *krammeri, Cymbella* cf. *naviculiformis y Anomoeneis* cf. *sculpta,* se presentaron únicamente en los artificiales

Del orden Centrales solo se presentaron dos géneros (*Aulacoseira* y *Cyclotella*), mientras que dentro de los géneros restantes pertenecientes al orden Pennales, se registraron los predominantes y de mayor frecuencia.

Los géneros con mayor riqueza específica dentro de la comunidad fueron: *Nitzschia* (17 taxones), *Gomphonema* (11 taxones), *Pinnularia* (10 taxones) y *Eunotia* con 7 taxones. Las estaciones C y D registraron el mayor número de taxones del género *Nitzschia* (17). Por su parte en las estaciones A, C, E, F y G, *Pinnularia* presentó 10 taxones y *Gomphonema* reportó su máximo de taxones en la estación E (Figura

4)Como se muestra en la figura 5, discriminando en rangos de frecuencia relativa, expresados en porcentaje, en los sitios estudiados se observó que el mayor número de taxones se encuentran en menos de un 10%.

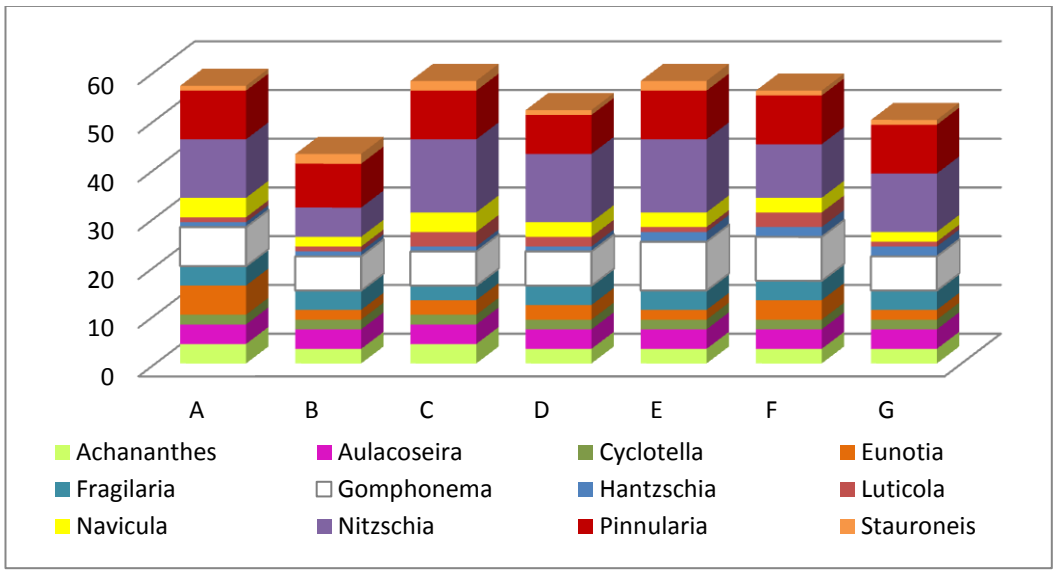


Figura 4. Géneros con mayor número de especies (eje y), en los sitios de muestreo (eje x), durante todo el período de estudio (abril 2009 - enero 2010).

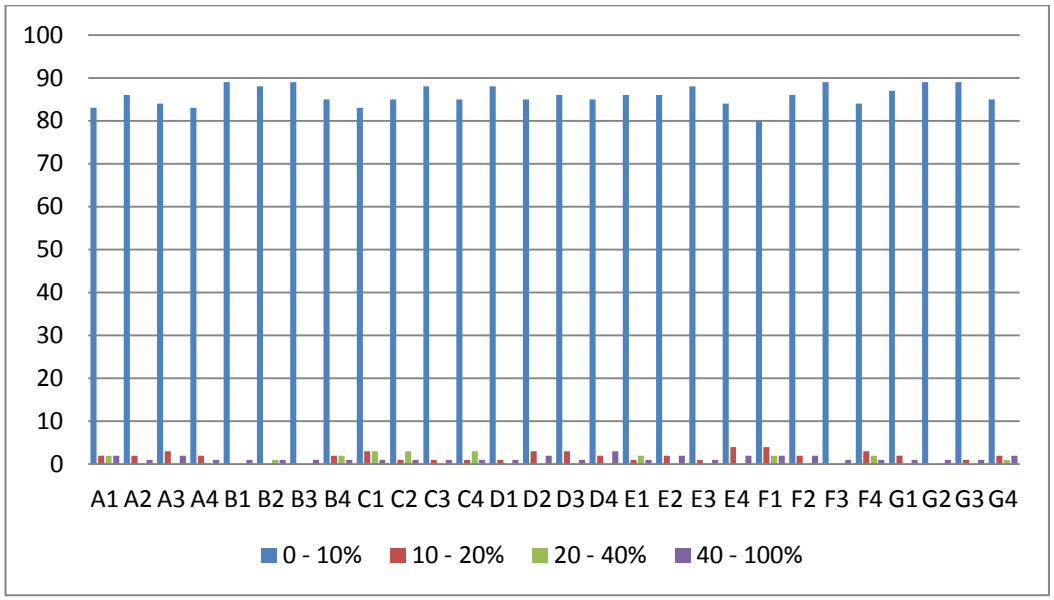


Figura 5. Número de especies (eje y), por rangos de frecuencias relativas (%), en cada estación de muestreo por periodo climático: donde 1 y 3 corresponden a altas lluvias (abril-mayo y octubre-noviembre respectivamente); 2 y 4 a bajas lluvias (agosto y enero).

Tabla 2. Taxones encontrados en el humedal Jaboque, en los sitios y sustratos de muestreo.

TAXON/ESTACION	ARTIFICIAL							NATURAL						
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
CENTRALES														
Aulacoseiraceae														
Aulacoseria granulata (Ehr.) Simonsen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aulacoseria sp1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aulacoseira sp2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aulacoseira sp3	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stephanodiscaceae														
Cyclotella meneghiniana Kütz.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cyclotella stelligera Cleve y Grunow	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PENNALES														
Achananthaceae														
Achnanthes coarctata Grunow			X	X				X	X	X	X	X		
Achnanthes exigua Grunow		X	X		X	X		X					X	X
Achnanthes hungarica Grunow	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Achnanthes lanceolata (Bréb. ex Kütz.) Grun.	X		X			X		X			X		X	X
Achnanthidium														
Achnanthidium cf. minutissimum (Kütz.) Czarn	X			X				X		X			X	
Amphipleuraceae														
Frustulia cf. rhomboides (Ehrenberg) De Toni	X		X					X		X			X	
Anomoeoneidaceae														
Anomoeoneis cf. sculpta (Ehr.) Cleve						X								
Bacillariaceae														
Hantzschia abundans Lange-Bertalot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hantzschia sp1						X	X					X		X
Nitzschia capitellata agg. Hustedt in A. Schmidt			X		X		X							X
Nitzschia cf. accicularis (Kützing) Smith			X	X						X	X	X	X	
Nitzschia cf. clausii Hantzsch								X		X				
Nitzschia cf. umbonata (Ehrenberg) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nitzschia cf.amphibia Grunow		X	X		X	X		X		X	X	X	X	
Nitzschia palea (Kützing) Smith	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) Smith	X	X	X							X	X			
Nitzschia sp1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nitzschia sp2	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Nitzschia sp3	X		X		X	X								X
Nitzschia sp4			X		X					X	X	X		X
Nitzschia sp5	X				X		X				X			
Nitzschia sp6	X		X			X	X	X			X	X		X
Nitzschia sp7	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
Nitzschia sp8	X		X	X		X	X			X	X	X	X	X
Nitzschia sp9			X	X	X	X	X			X		X	X	X
Nitzschia sp10				X	X						X	X		
Catenulaceae														
Amphora sp1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cocconeidaceae														
Cocconeis placentula Ehr.	X		X					X						
Cymbellaceae														
Cymbella cf. naviculiformis (Auerswald) Cleve			X											
Encyonema sp1	X		X			X		X		X	X	X		
Diploneidaceae														
Diploneis cf. elliptica (Kützing) Cleve	X					X		X						
Diploneis sp1			X	X				X		X				
Diadesmidaceae														
Luticola cf. nivalis (Ehrenberg) Mann			X	X		X				X	X			
Luticola cf. ventricosa (Kützing) Mann			X			X				X				
Luticola mutica (Kütz.) Mann in Round, Craw. y Mann	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eunotiaceae														
Eunotia bilunaris (Ehrenberg) Mills	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eunotia cf. krammeri Metz. y Lange-Bert.						X								
Eunotia tridentula Ehrenberg	X			X				X						

Eunotia triodon Ehrenberg	X										X					
Eunotia sp1	X					X								X		
Eunotia sp2	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Eunotia sp3								X								
Fragilariaceae																
Fragilaria acus (kütz.) Lange-Bert. in Kram. y Lange-Bert.				X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
Fragilaria leptostauron (Ehr.) Hustedt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fragilaria pinnata Ehrenberg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fragilaria ulna (Nitzsch) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Gomphonemataceae																
Gomphonema acuminatum Ehrenberg					X	X	X	X	X			X	X			
Gomphonema affine kützing	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X			
Gomphonema angustum Agardh	X					X		X			X		X			
Gomphonema cf. lanceolatum Ehrenberg										X		X				
Gomphonema cf. olivaceum (Hornemann) Brébisson				X	X	X							X			
Gomphonema gracile Ehrenberg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Gomphonema pseudoaugur Lange-Bertalot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Gomphonema truncatum Ehrenberg					X								X			
Gomphonema sp1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Gomphonema sp2	X		X		X	X	X	X	X					X	X	
Naviculaceae																
Caloneis cf. bacillum (Grunow) Cleve				X	X	X	X			X		X	X			
Eolimna cf. tantula (Hustedt) Lange-Bert.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Navicula cf. lanceolata (C. Agardh) Kütz.	X	X	X		X	X		X			X	X	X	X		
Navicula cf. leptostriata E. Jorgensen	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
Navicula cf. subminuscula Manguin								X			X					
Navicula sp1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Neidiaceae																
Neidium cf. ampliatum (Ehrenberg) Krammer													X			
Pinnulariaceae																
Pinnularia brebissonii (Kützing) Rabenhorst	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pinnularia cf. borealis Grunow	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Pinnularia cf. subcapitata W.Gregory	X		X		X	X	X	X				X	X	X	X	
Pinnularia cf. viridis (Nitzsch) Ehrenberg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pinnularia maior (Kützing) Cleve	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X			
Pinnularia microstarum (Ehrenberg) Cleve	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pinnularia sp1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Pinnularia sp2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Pinnularia sp3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pinnularia sp4		X			X	X	X	X	X	X	X			X		
Rhopalodiaceae																
Ephitemia cf. adnata (Kützing) Brébisson					X	X		X							X	
Ephitemia sp1				X												
Sellaphoraceae																
Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkovsky	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Stauroneidaceae																
Craticula ambigua Ehrenberg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Stauroneis cf. phoenicenteron (Nitzsch) Ehr.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Stauroneis sp1		X	X										X			
Surirellaceae																
Surirella linearis Smith	X		X	X	X			X		X	X	X	X			
Tabellariaceae																
Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing	X		X	X				X		X	X	X	X	X		
Indeterminadas																
Sp1	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Sp2					X	X		X	X		X		X			

4.1.1. Patrones de similaridad a nivel temporal

4.1.1.1. Composición de especies entre muestreos

La densidad promedio fue ligeramente superior para el primer periodo del estudio de altas lluvia (abril-mayo); éste es similar a los demás periodos en un 75% aproximadamente. Los restantes periodos estudiados también fueron muy similares (Figura 6).

Al analizar el comportamiento temporal de los periodos climáticos estudiados y los muestreos realizados en cada uno en cuanto sus abundancias relativas, se encontró que los periodos correspondientes a bajas lluvias fueron muy similares entre sí con más de un 84%.

De otra parte, los muestreos correspondientes a los periodos de altas lluvias fueron disímiles entre ellos, pero con alta similaridad entre cada periodo, siendo el primer periodo el más afín con un 91%, mientras que el periodo tres fue un 78% similar. Sin embargo el primer periodo correspondiente a aguas altas fue muy similar a los periodos de bajas lluvias en un 80.5% (Figura 7)

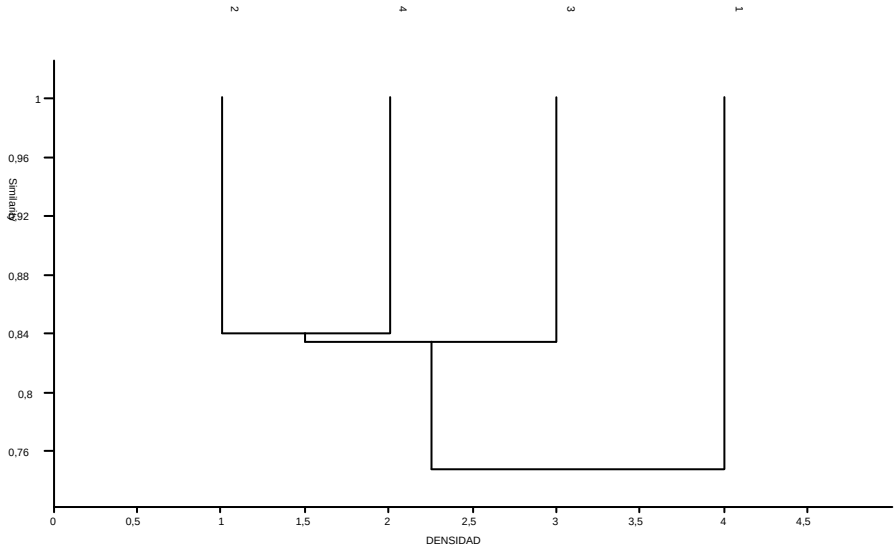


Figura 6. Similitud de Bray-Curtis aplicado a la densidad entre los periodos de altas lluvias 1 y 3 (abril-mayo y octubre-noviembre) y los periodos de bajas lluvias 2 y 4 (agosto y enero).

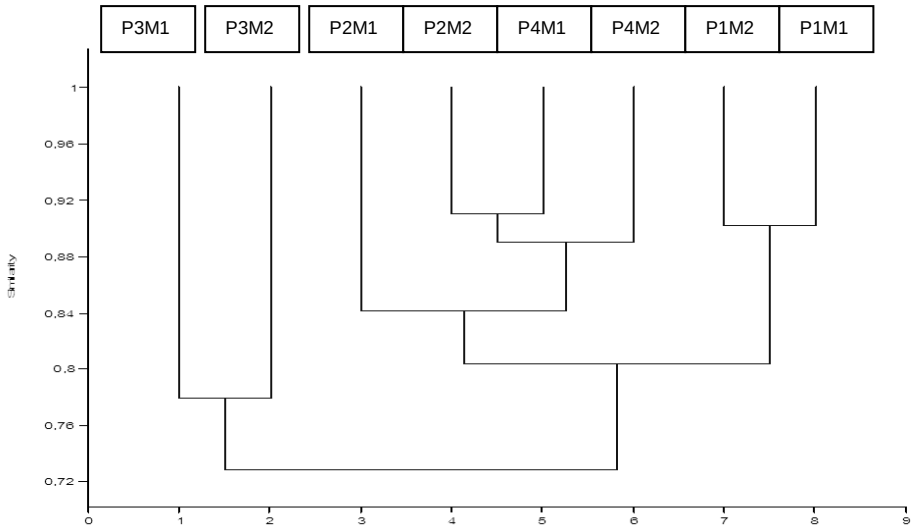


Figura 7. Similitud de Bray-Curtis entre muestreos (M), en cada periodo de altas lluvias (P1 y P3) y los periodos de bajas lluvias (P2 y P4).

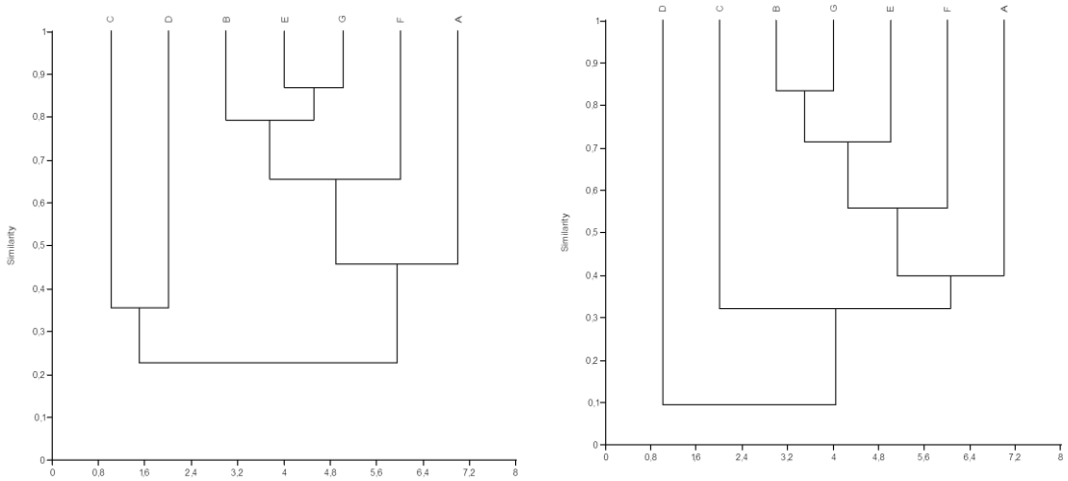
4.1.1.2. Las estaciones de muestreo por periodo climático

Como se muestra en la figura 8, para los muestreos realizados en el primer periodo climático (altas lluvias) se presentó similaridad superior al 80% en el primer muestreo de esta época y 72% en el segundo en las estaciones B, E y G, estas estaciones también se encuentran asociadas a F en un 65% en el primer muestreo y con E en más de un 57,5% en el segundo.

Aunque las estaciones C y D aunque son disimiles frente a las demás estaciones mostraron cierta similaridad entre sí.

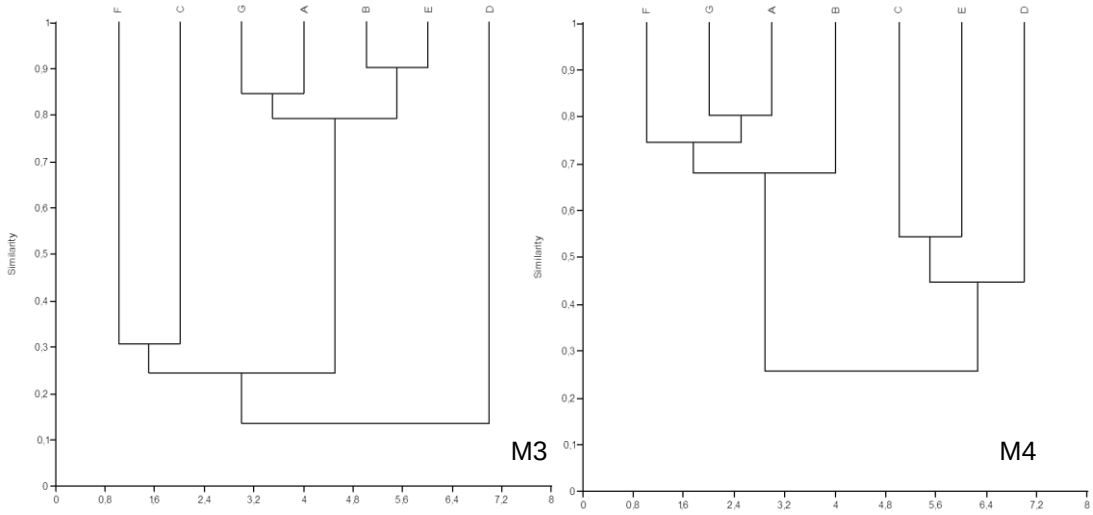
Para el segundo periodo climático (bajas lluvias), en los muestreos realizados hay importante similaridad entre las estaciones A, G, B, en un rango superior al 68%. Al igual que en el primer periodo climático, la estación D se destaca por ser la de menor similaridad. Sin embargo para el segundo muestreo de este periodo registro un 44% de similaridad con las estación C y E, mientras que en el primero tiene solo un 24.5% de similaridad con las estaciones G y F.

Esta última estación para este periodo cambió entre los muestreos, ya que en el primer muestreo solo se asemeja en un 24.5% a las estaciones A, B y G mientras que para el segundo, la similaridad incrementa hasta un 68.5%, (Figura 9).



M1 M2

Figura 8. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones, para el primer muestreo (M1) y el segundo (M2), del primer periodo climático de altas lluvias (abril-mayo/2009).



M3 M4

Figura 9. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones para el primer (M3) y segundo muestreo (M4), correspondientes al segundo periodo climático (agosto 2009).

En el tercer periodo (altas lluvias) se presentó una similaridad superior al 76% entre las estaciones B, E, F y G, siendo más estrecha esta similaridad en el segundo muestreo con un 85%. La estación D es la más disímil en los muestreos de esta temporada. La estación C es poco similar al conjunto de estaciones que presentan similaridad en el primer muestreo de este periodo, entre tanto que en el segundo es similar en un 61% a la estación A (Figura 10).

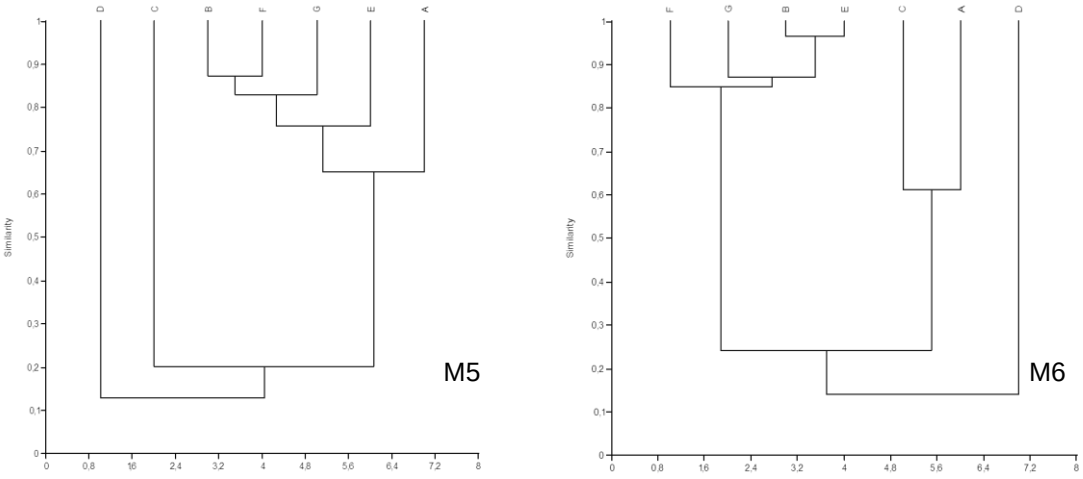


Figura 10. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones para el muestreo 1 (M5) y 2 (M6), correspondientes al tercer periodo climático de altas lluvias (octubre-noviembre).

En la cuarto periodo (bajas lluvias), las estaciones A, B, E y F son muy similares con 64% en el primer muestreo de este periodo y 86% en el segundo. En el primer muestreo la estación G es similar a C en un 50%, mientras que en el segundo muestreo, la estación C tiene un 62.5% de similitud con D. Esta última estación se diferenció totalmente de las demás en el primer muestreo de esta época (Figura 11)

En lo que respecta a la densidad el primer periodo climático y las estaciones F y D se destacaron como las más densas, mientras que las estaciones menos densas son A y la G.

En el segundo periodo correspondiente a bajas lluvias la estación B y F se caracterizaron por ser las más densas, mientras que G fue la registro menor densidad. Para el tercer periodo la estación D obtuvo la máxima densidad junto a la estación F, de otra parte la menor densidad la presentó la estación A.

Para el último periodo la estación G, y luego la B presentaron la mayor densidad, mientras que la E registró la menor densidad. (Figura 12).

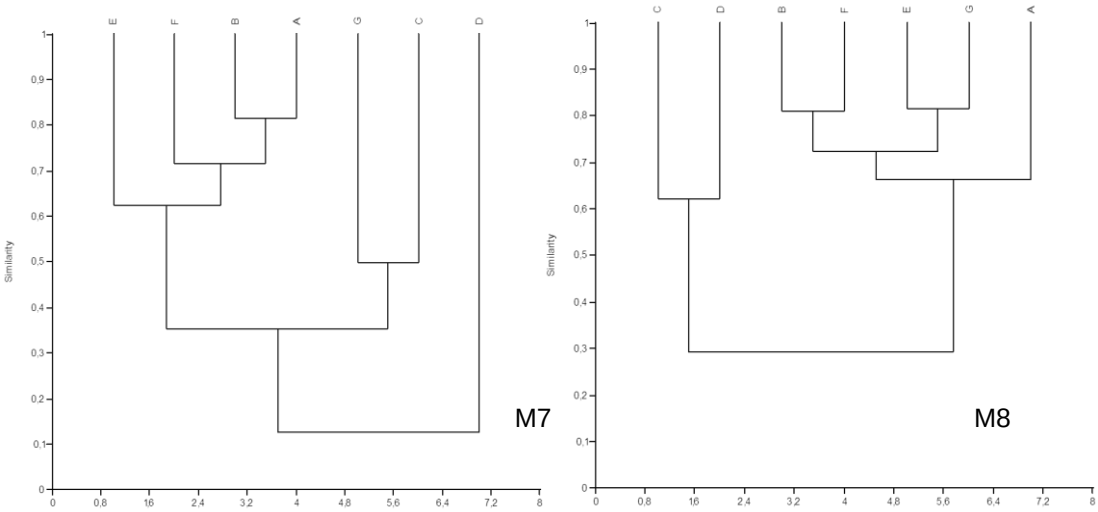


Figura 11. Similitud de Bray-Curtis entre las estaciones para el primer (M7) y segundo (M8) muestreo correspondientes al cuarto periodo climático de bajas lluvias (enero/2010).

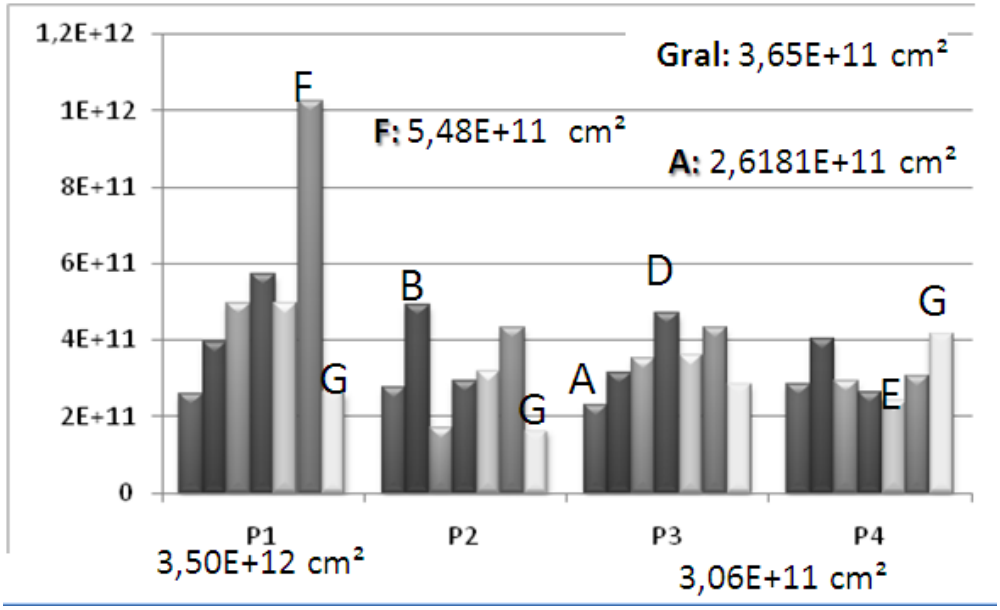


Figura 12. Densidad de diatomeas (valvas.cm²) en los diversos periodos y estaciones de muestreo. Letras simbolizan las estaciones con mayor y menor densidad por periodo. Valores en la parte inferior Max y Min por periodo. Valor junto a la letra Max y Min por estación.

4.1.2. Diversidad, riqueza específica, equidad y dominancia

Como es de esperarse en sistemas intervenidos, los valores en cuanto a diversidad, riqueza específica y equidad propenden a ser bajas y altas las dominancias. Esta tendencia fue evidente en el humedal tal como se muestra en la figura 13 y en el anexo 2, donde se presentan las tablas con los valores de los diversos índices.

Tomando el conjunto de estaciones por periodo de muestreo, el periodo 2 correspondiente a bajas lluvias, exhibe la mayor diversidad mientras que en el periodo 3 (altas lluvias) se presentó el menor.

Al comparar las estaciones independientemente del muestreo, la C y la D fueron las más diversas en los 4 periodos, donde alcanzó su máximo en el primer muestreo del segundo periodo correspondiente a bajas lluvias. De otro lado, la estación que presentó menor diversidad fue la B, con el valor más bajo en el segundo muestreo del primer periodo de altas lluvias.

En cuanto la riqueza especifica en el periodo 4 correspondiente a bajas lluvias, al igual que en la diversidad, se registraron los mayores valores en conjunto. La mayor cantidad de taxones se encontró en la estación A, seguida por la C, con la mayor cantidad de taxones en el periodo 1 y en el periodo 2 respectivamente. La estación B con la menor riqueza específica en el segundo muestreo del cuarto periodo registró su máximo valor, mientras que en el segundo muestreo del primer periodo de muestreo solo presentó 9 taxones.

El cuarto periodo correspondiente a bajas lluvias se destacó como el de mayor equidad en el estudio, las estaciones C y D, presentaron los máximos valores. De otro lado, el segundo periodo (bajas lluvias) fue el que obtuvo el menor valor de igual forma que la estación B, con los mínimos valores los registrados para el segundo muestreo realizado en abril-mayo y agosto.

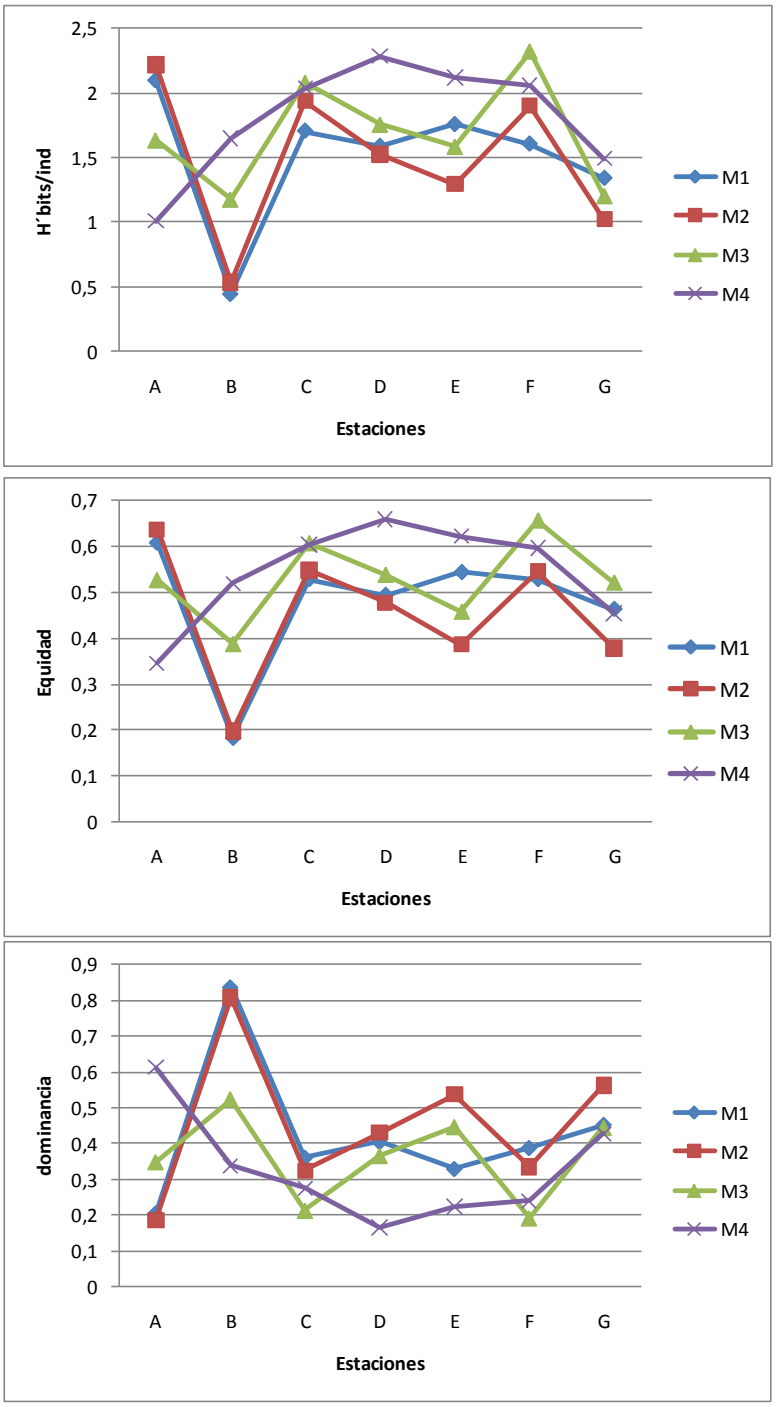


Figura 13. Índices de diversidad de Shannon (H´), equidad Pielou (J) y dominancia (D), aplicados a la comunidad de diatomeas del humedal Jaboque. M1: mayo-abril, M2: agosto, M3: octubre-noviembre y M4: enero.

En el tercer periodo de muestreo (altas lluvias) la dominancia presentó los mayores valores en conjunto y los máximos del estudio, ambos correspondientes a la estación B, la que a su vez fue la que mostró mayor dominancia en 5 de los 8 muestreos. El tercer periodo (altas lluvias) y el cuarto periodo (bajas lluvias), registraron la menor dominancia, mientras que la estación C presentó la menor dominancia en general y la mínima del estudio en el primer muestreo del segundo periodo (bajas lluvias).

En todo el estudio la dominancia estuvo claramente liderada por *Achnanthes hungarica*, la cual obtuvo una frecuencia del 32.5% en los sustratos naturales, seguida por *Gomphonema parvulum* (15.6%), *Sellaphora pupula* (7.2%), *Nitzschia palea* (7.1%), *Cyclotella stelligera* (6.2%), *Fragilaria pinnata* (5.2%) y *Cyclotella meneghiniana* (4%). 78 de las especies estudiadas se encontraron con menos del 1% de frecuencia y entre todas no suman más del 12%, lo que evidencia la importante dominancia de las especies mencionandas (Figura 14)

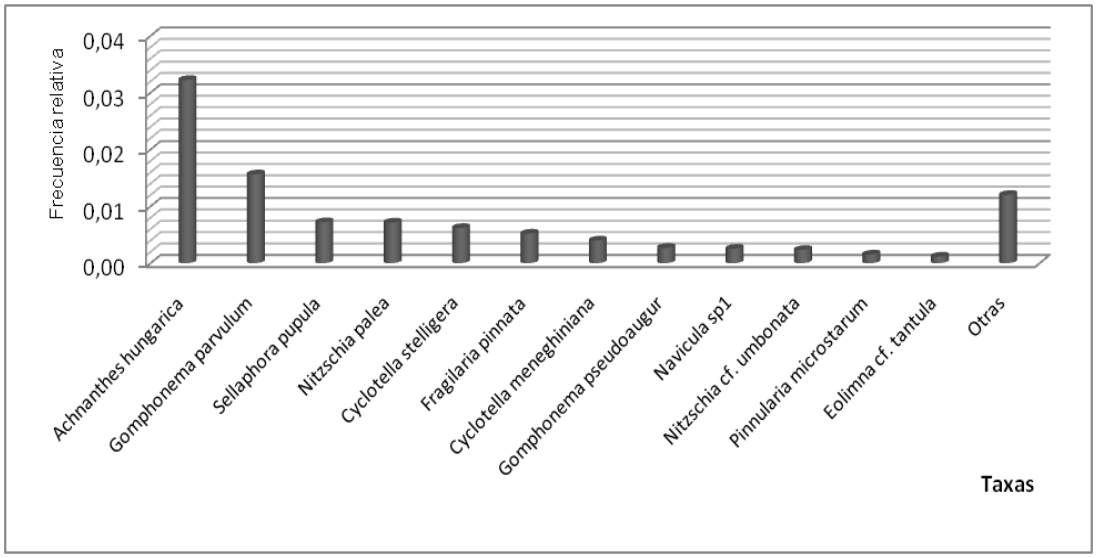


Figura 14. Distribución de las especies dominantes encontradas en el humedal Jaboque a través de todo el estudio.

En cuanto los sitios de muestreo a continuación se referencia el comportamiento de los taxones dominantes (Anexo 3):

La estación A presentó dominancia de *Achnanthes hungarica*, excepto en el primer periodo (abril-mayo), donde dominó *Fragilaria pinnata*. *Gomphonema parvulum* se mostró como codominante en todos los periodos menos el primero donde *A. hungarica*

fue codominante. También se destacaron *Nitzschia palea* y *Gomphonema pseudoaugur*. Entre tanto el sitio B mostró una dominancia absoluta de *A. hungarica*, codominada con una muy baja frecuencia relativa por *G. parvulum*, salvo en el periodo 4 (enero), cuando fue reemplaza por *F. pinnata.*

Las estaciones C y D mostraron un comportamiento atípico respecto a los demás sitios de muestreo, puesto que hubo una alternancia en la especie dominante. En la estación C, en los dos primeros periodos (abril-mayo y agosto), la especie que dómino fue *Sellaphora pupula,* mientras que *Cyclotella stelligera* en el primer periodo y *Nitzschia palea* en el segundo fueron codominantes. De otra parte, en los periodos 3 y 4 (octubre-noviembre y enero), *Gomphonema parvulum* fue dominante, con *S. pupula* y *N. palea* como codominantes. En cuanto la estación D, *Cyclotella stelligera* dominó en todo el estudio y como codominantes se registraron *Gomphonema parvulum* en los periodos de bajas lluvias y *Aulacoseira sp1* en los periodos de altas lluvias.

En la estación E, al igual que en la mayoría de los sitios, dominó *Achnanthes hungarica*. En los periodos de bajas lluvias y en el primero de altas lluvias (abril-mayo) codominó *Gomphonema parvulum* y luego fue remplazada en tercer periodo (octubre-noviembre) por *Nitzschia palea*. Entre tanto la estación F que presentó la misma especie dominante, registro como codominante a *Cyclotella meneghiniana* en los periodos de bajas lluvias y en el primero de altas lluvias (abril-mayo), mientras que en el tercer periodo (octubre-noviembre), lo fue *Nitzschia palea.*

La estación G presentó una alternancia en la especie dominante, ya que aunque *Achnanthes hungarica* dominó en los periodos de altas lluvias y en el primero de bajas lluvia (agosto), fue sustituida por *Gomphonema parvulum* para el segundo periodo de bajas lluvias (enero). Las mismas especies mencionadas anteriormente se mostraron como codominantes.

4.2. Evaluación Fisicoquímica del agua en las estaciones de muestreo ubicadas en el humedal Jaboque

A continuación se presentan las características generales de las aguas del humedal Jaboque a nivel fisicoquímico, así como de la precipitación. Además se describe brevemente el comportamiento de cada parámetro, evaluado en las 7 estaciones estudiadas, en dos periodos de altas y bajas lluvias durante un ciclo anual.

4.2.1. Comportamiento de la precipitación

Al analizar los diversos periodos en los cuales se realizó el estudio, se registraron las mayores precipitaciones en los meses de octubre y noviembre con valores de 129.1 mm y 95.1mm respectivamente. Los meses que registraron menor precipitación fueron agosto, septiembre y enero, con valores mensuales totales de 28.4 mm, 21.5 mm y 6mm respectivamente. Cabe aclarar que aunque el valor total en mayo fue uno de los menores, debido a la cantidad de datos faltantes para este mes (Figura 15)

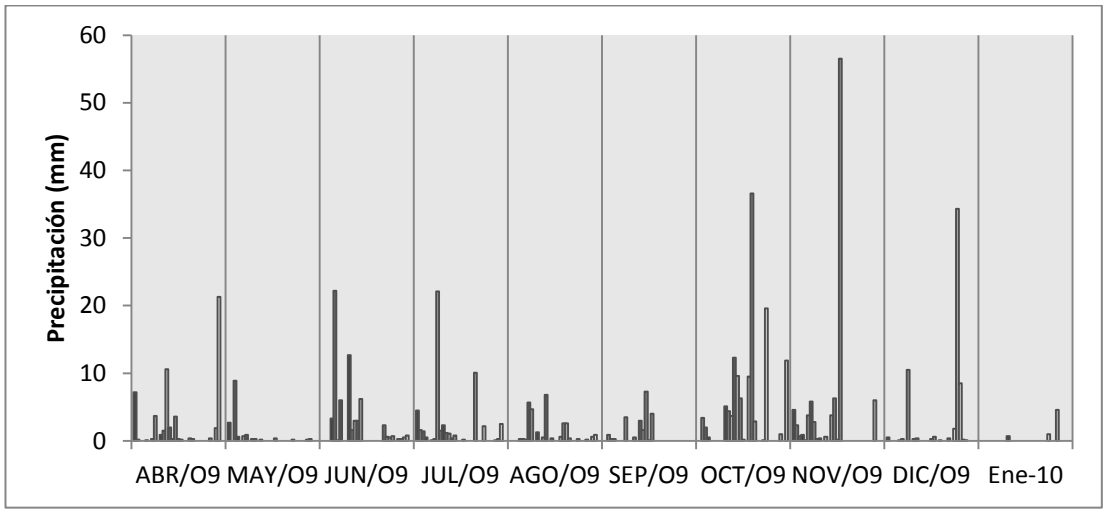


Figura 15. Precipitación diaria estación Aeropuerto el dorado entre los meses abril de 2009 – Enero de 2010 (Fuente IDEAM).

4.2.2. Oxígeno Disuelto

A nivel espacio-temporal el periodo donde se presentó el mayor valor fue el primero, correspondiente a abril-mayo (altas lluvias), mientras que para el cuarto periodo, época de bajas lluvias, se presentaron los mínimos niveles. Sin embargo, en un contexto general el humedal presentó valores bajos con una media general de 1.02 mg/L (Tabla 3)

En general las estaciones de muestreo evidenciaron mayores valores para la época de lluvias. A nivel espacial se presentaron diferencias significativas (test K-W, $p<0.05$) entre la estación C con respecto a los sitios G, B, A y el sitio G comparado con los lugares D, E, F como se observa en la figura 16 y en el anexo 13. La estación G registro los mayores valores de este parámetro en todos los muestreos con su máximo de 3,5 mg/L O_2 para el segundo muestreo del primer periodo. Los mínimos niveles de OD se midieron en la estación C (Anexo 4). Las estaciones D, E y F, las cuales se encuentran en zonas urbanizadas con mayor intervención, mostraron un comportamiento similar. Las estaciones A y B, consideradas como las más conservadas, también presentaron bajos valores de este gas disuelto.

Tabla 3. Valores máximo, mínimo, promedio ($\bar{\chi}$) y desviación estándar (σ), de los diversos parámetros fisicoquímicos medidos en los 4 periodos de muestreo.

	PERIODO 1				PERIODO 2				PERIODO 3				PERIODO 4				
PARAMETRO/PERIODO	Min	Max	$\bar{\chi}$ n=14	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$ n=14	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$ n=14	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$ n=14	σ	$\bar{\chi}$ n=56
OD mg/L O	0,48	3,1	1,39	1,0	0,36	2,96	1,16	0,9	0,425	2,82	1,42	0,87	0,22	2,7	0,99	0,9	1,03
SST mg/L	11	96	41,94	31,3	9,5	100	37,50	31,3	13,5	82	40,94	28,00	12	109,5	38,13	32,4	42,39
ST mg/L	69	373,5	159,31	99,7	66	413	152,94	112,5	69	386,5	162,75	101,67	69	443	158,00	120,3	169,51
TAGUA (superficial ºC)	12,75	17,8	14,54	1,5	12,85	17,8	15,46	1,6	12	17,8	13,96	1,74	12,6	18,85	15,84	2,2	14,54
TAIRE (ºC)	14,35	20	16,13	1,8	13,9	20,75	17,86	2,2	13,45	20	15,49	2,09	13,9	20,85	18,83	2,5	16,63
ORTOFOSFATOS mg/L P	0,445	2,32	1,13	0,7	0,53	5,065	1,99	1,7	0,34	4	1,44	1,32	0,47	5,565	1,96	2,1	1,77
N. AMONIACAL mg/L	1,705	21,6	7,55	8,2	1,165	5,73	2,68	1,6	1,17	8,08	3,17	2,40	1,31	24,3	7,07	8,6	5,53
NITRATOS mg/L NO_2	1,605	7,8	4,90	2,2	3,6	17,55	7,81	5,2	2,65	15,7	5,93	4,19	3,935	18,15	8,78	6,0	7,03
NITRITOS mg/L NO	0,011	0,012	0,007	0,006	0,002	0,011	0,005	0,0	0,002	0,016	0,006	0,005	0,003	0,016	0,006	0,004	0,006
pH	6,09	6,63	6,40	0,2	5,92	6,52	6,33	0,2	6,21	7,13	6,47	0,30	5,94	7,20	6,51	0,4	6,45
AMONIO mg/L NH	0,59	15,95	4,33	5,2	1,61	8,21	5,80	2,1	1,00	16,35	4,75	5,09	2,93	10,30	6,73	2,4	5,20
CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	186,5	414,5	283,4	73,8	219,5	520,0	352,7	114,0	185,0	404,0	280,7	66,74	234,5	385,0	280,6	49,2	302,2
DBO mg/L O	12	298,5	106,4	112,4	5,5	236	52,94	77,4	7,5	181	61,69	64,44	14,5	275,5	105,4	106,4	87,21

Periodo 1: abril-mayo, Periodo 2: agosto, Periodo 3: octubre-noviembre y Periodo 4: agosto.

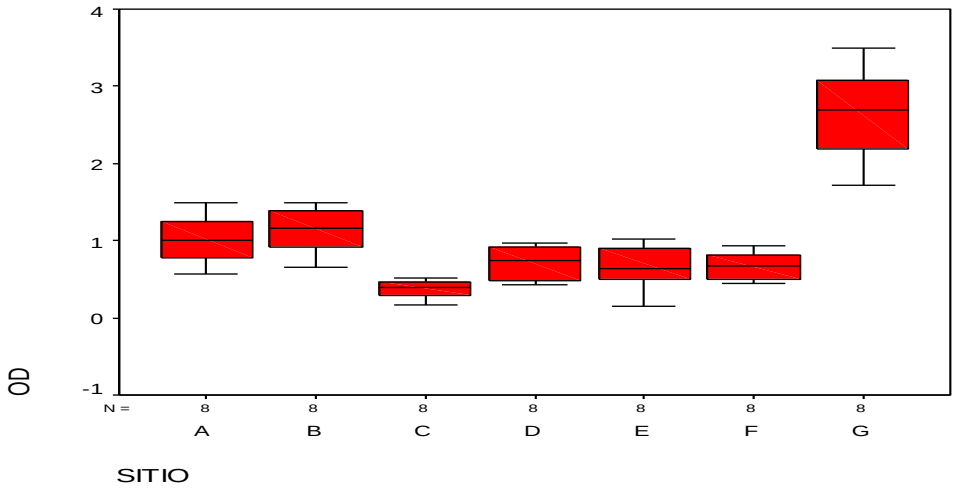


Figura 16. Variación espacial del oxígeno disuelto expresado en mg/L O_2 en las estaciones A-G del humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero 2010.

4.2.3. Demanda biológica de oxígeno

Tal como se muestra en la figura 17, este parámetro en el humedal presentó una marcada tendencia, según la cual las estaciones C, E y D mostraron diferencias significativas con respecto a las estaciones A y B (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13). Estas estaciones se caracterizaron por tener los valores más altos de estudio, especialmente en el primer y cuarto periodo climático (Tabla 3).

Las medias entre periodos oscilaron entre 5,5 y 298,5 mg/l, con una media general de 87,21mg/l de DBO. El máximo valor de 321 mg/l, se presentó en la estación C en el primer muestreo del primer periodo de altas lluvias (abril-mayo). El mínimo se midio en la estación A en el primer muestreo del tercer periodo de estudio que corresponde a altas lluvias (Anexo 4).

4.2.4. Ortofosfátos

La figura 18 muestra las variaciones espaciales de los ortofosfátos a lo largo del estudio. Se aprecian diferencias, las cuales fueron significativas en las estaciones D, E y C con respecto a las estaciones F y G (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13). La estación C registro los máximos valores en el primer muestreo del periodo 2 (agosto). En

contraste, la estación G mostró los niveles más bajos, con el menor registro para el primer muestreo de altas lluvias del periodo 3 (octubre-noviembre) con valor de 0,29 mg/L P.

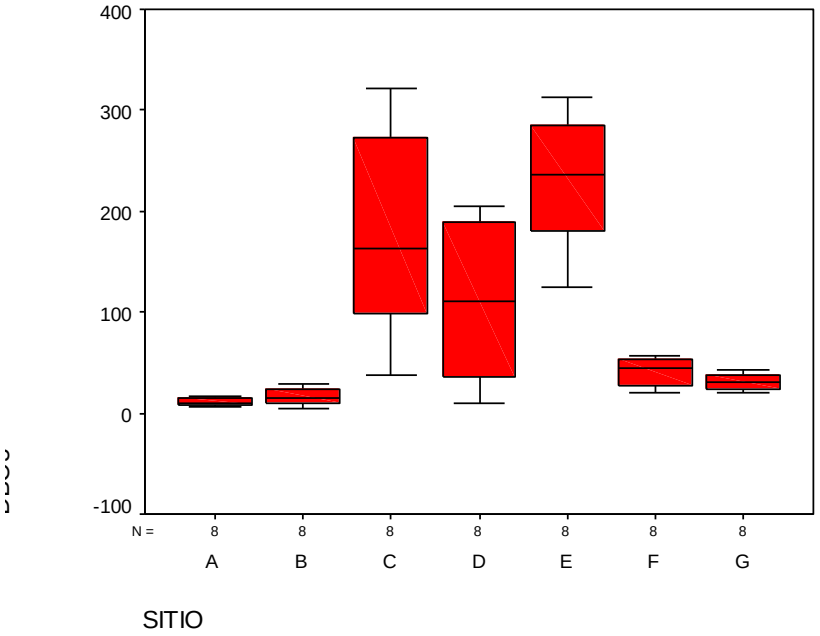


Figura 17. Variación espacial de la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días expresado en mg/l, tomadas entre abril de 2009 y enero de 2010 en el humedal Jaboque.

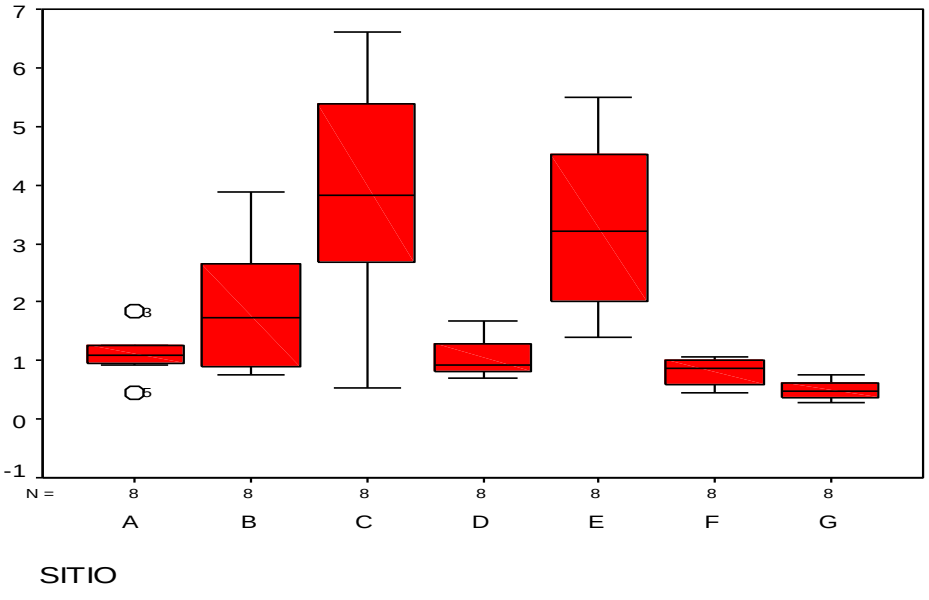


Figura 18. Variación espacial de los ortofosfátos en el humedal Jaboque expresado en mg/l P registrados entre abril de 2009 y enero de 2010 en el humedal Jaboque.

A nivel temporal, el primer periodo de altas lluvias presentó una concentración inferior con respecto los demás periodos. De otra parte los periodos de bajas lluvias (agosto y enero) mostraron un comportamiento homogéneo y los mayores valores en conjunto (Tabla 3).

4.2.5. Amonio

Los periodos correspondientes a las épocas de bajas lluvias (agosto y enero), presentaron las máximas concentraciones y en general el humedal presentó altos valores, con una media de 5,2 mg/l de $N\text{-}H_4$ (Tabla 3).

Entre muestreos los valores oscilaron entre 0.2 y 19.5 mg/L de $N\text{-}H_4$, con máximo obtenido en la estación C en el primer muestreo del primer periodo (altas lluvias). Este sitio también presentó diferencias significativas con las estaciones A y F (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13). Además, el sitio C se destacó por presentar mayores concentraciones en los periodos correspondientes a altas lluvias. Entre tanto, la estación F presentó los menores valores y las demás mostraron un comportamiento similar (Figura 19 y anexo 4)

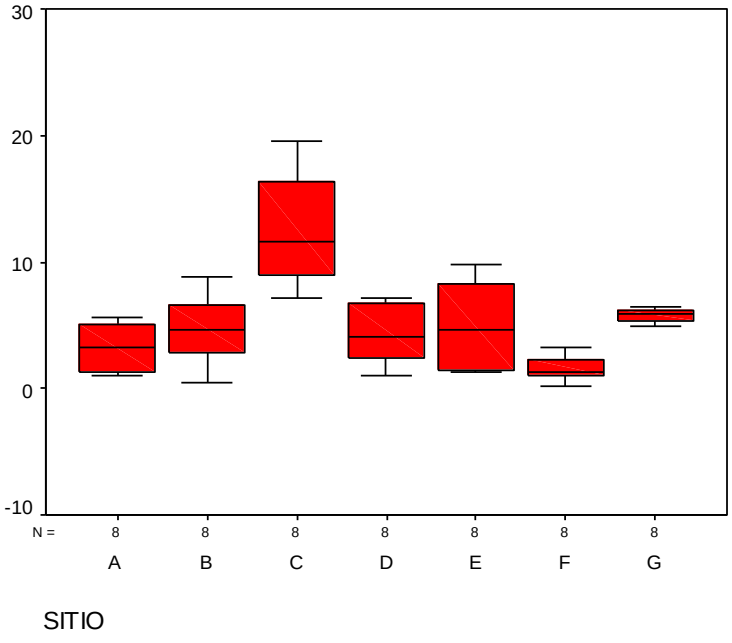


Figura 19. Comportamiento espacial de los amonios expresados en mg/l de $N\text{-}H_4$ en el humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero 2010.

4.2.6. Nitratos

Como se observa en la tabla 3, este parámetro mostró concentraciones promedio en las estaciones estudiadas entre 1.6 y 18.15 mg/L de $N\text{-}NO_3$, con una media de 7 mg/L de $N\text{-}NO_3$. Los valores predominantes se presentaron en los periodos de bajas lluvias (agosto y enero).

Como se aprecia en la figura 20, se evidencia una clara separación de la estación C, la cual mostró diferencias significativas con las estaciones A, B y G (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13). En contraste las estaciones A, B, F y G, mostraron valores inferiores y similares entre sí.

La mayor concentración de nitratos (19.5 mg/L de $N\text{-}NO_3$) se encontró en el primer muestreo del segundo periodo correspondiente a bajas lluvias (agosto), mientras que la menor fue de 0.81 mg/L de $N\text{-}NO_3$, registrada en la estación D para el primer muestreo de altas lluvias.

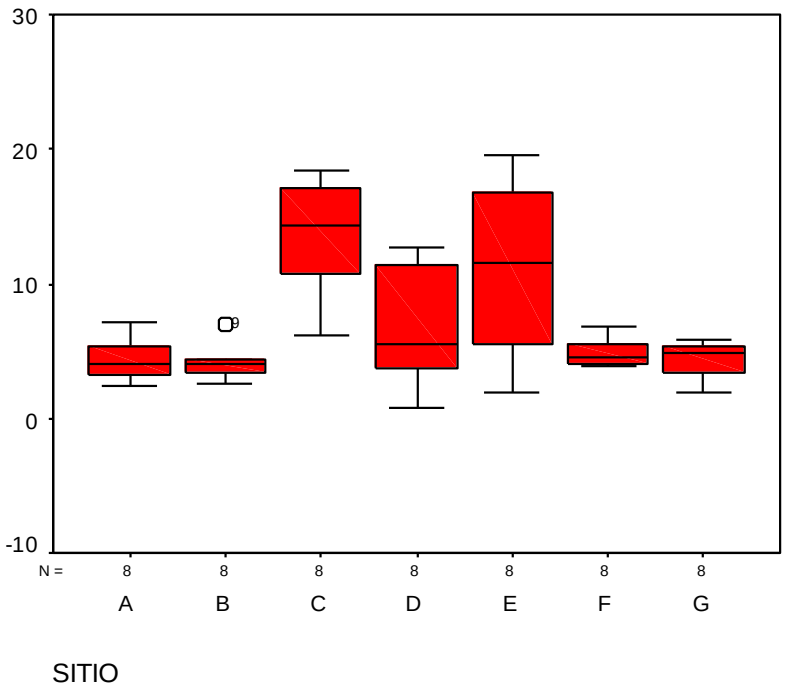


Figura 20. Variación espacial de los nitratos en las estaciones de muestreo ubicadas en el humedal Jaboque, entre abril de 2009 y enero de 2010.

4.2.7. Nitritos

A nivel temporal los diversos periodos climáticos presentaron una tendencia similar en la concentración de nitritos, con una media de 0.006 mg/L. Sin embargo el mayor valor de 0.007 mg/L, se presentó para el primer periodo de altas lluvias (abril-mayo) y el menor de 0.005 mg/L se registró en el segundo periodo correspondiente a bajas lluvias (agosto).

El comportamiento estacional mostrado en la figura 21 denota una evidente separación de la estación C que presentó diferencias significativas con el sitio F (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13). El sitio C reporto el máximo valor del estudio (0.025 mg/L), en el segundo muestreo del cuarto periodo perteneciente a bajas lluvias (enero).

En contraste, las estaciones F y G a nivel espacial y temporal se caracterizaron por presentar menores concentraciones, con los mínimos las registros en el caso de la estación F en el tercer periodo (octubre-noviembre), mientras que para G fue en el periodo de bajas lluvias (agosto),. Ambas reportaron un valor de 0.001mg/L (Anexo 4).

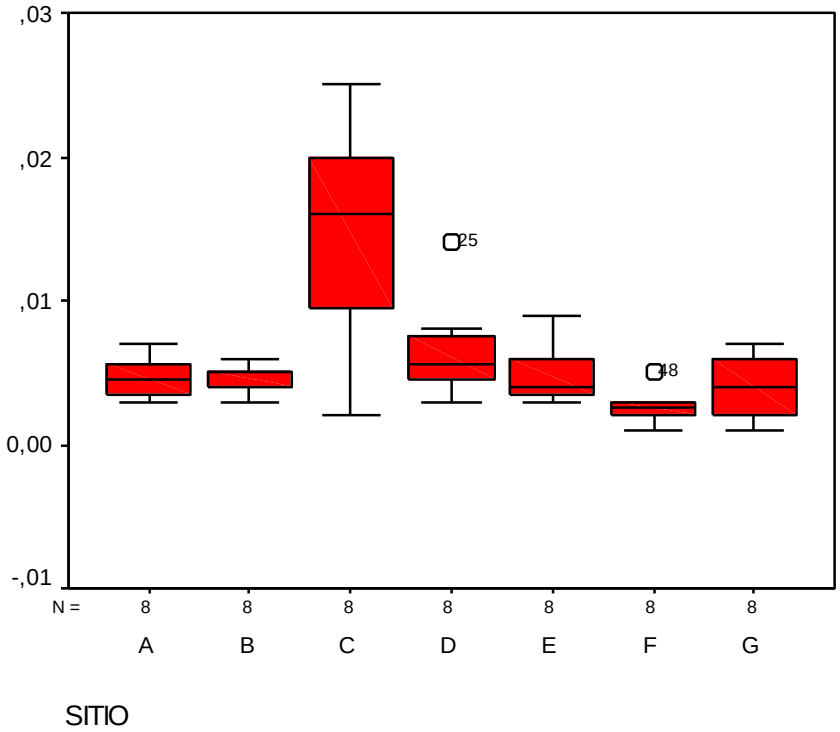


Figura 21. Variación espacial de los Nitritos en el humedal Jaboque. Expresado en mg/L NO_2

4.2.8. pH

Los valores oscilaron entre 5.82 y 7.34. Sin embargo los valores promedio por estación indican que a nivel general el humedal presentó aguas ligeramente acidas.

El primer y segundo periodo, correspondientes a altas y bajas lluvias respectivamente, presentaron las medias mínimas para este parámetro. Entre tanto, la máxima se registró en el cuarto periodo (enero), el cuál fue de bajas lluvias.

En cuanto las estaciones, como se aprecia en la figura 22, los mayores valores se reportaron en la estación C, la que a pesar de presentar una media superior no mostró diferencias significativas.

La estación E se caracterizó por presentar valores bajos, con el menor promedio entre los sitios de muestreo (Tabla 4).

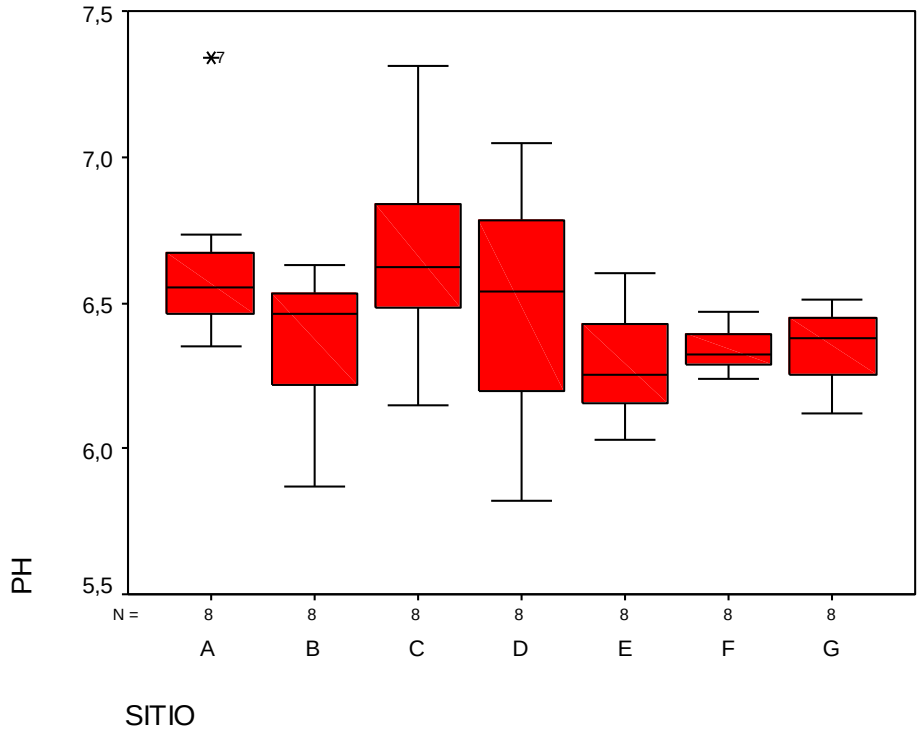


Figura 22. Variación espacial del pH en las estaciones estudiadas en el humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero de 2010.

4.2.9. Temperatura del agua y aíre

La temperatura atmosférica registrada en el estudio (Tabla 4), presentó el siguiente comportamiento: en promedio el periodo 4 (enero), correspondiente a bajas lluvias registro la mayor temperatura del aire seguida en su orden por el periodo 2 (agosto) de bajas lluvias, periodo 1 (abril-mayo) de altas lluvias y con el promedio más bajo el periodo 3 (octubre-noviembre) de altas lluvias. El valor máximo para este parámetro se presentó en la estación G en el primer muestreo del periodo 4 (enero). En cuanto la temperatura del agua, este periodo también se caracterizó por presentar el promedio mayor, en tanto que el menor se registró en el periodo 3 (octubre-noviembre) de bajas lluvias. El máximo también se reportó en el sitio G para el periodo 4 de bajas lluvias (enero) y el mínimo en ambas temperaturas se encontró en la estación A para el segundo muestreo de enero. Sin embargo es de aclarar que posiblemente este resultado esté relacionado con el horario del muestreo, que para esta estación oscilo entre las 6:30 y 7:00 am en todos los muestreos.

4.2.10. Conductividad

El humedal presentó una conductividad promedio de 302.2 µs/cm y osciló entre 163 y 573 µs/cm, registrados respectivamente en la estación A en el periodo tres correspondiente a altas lluvias (octubre-noviembre) y en la estación C en el segundo periodo de bajas lluvias (agosto).

Como se muestra en la figura 23, las estaciones D y C se destacaron por sus altos valores, esta última fue la que registro diferencias significativas con las estaciones A, E y F (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13). También reportó el mayor promedio (429.2 µs/cm), mientras que el menor se encontró en la estación A (248.8 µs/cm). Al comparar entre periodos, el tercero (octubre-noviembre) y el cuarto (enero), con un promedio de 280 µs/cm cada uno, fueron los de menor valor. En contraste el máximo se registró en el segundo periodo (agosto) con 352.7 µs/cm.

4.2.11. Sólidos totales y suspendidos

En el humedal las mayores concentraciones de sólidos se registraron hacia la parte más urbanizada del humedal, con promedios para los sólidos totales de 404, 184 y 153 mg/L y para los suspendidos de 97, 62 y 50 mg/L, en su orden para las estaciones C, E y D respectivamente. Por su parte la estación G presentó el menor promedio con 77 y 12 mg/L para los sólidos totales y suspendidos respectivamente (Figura 24).

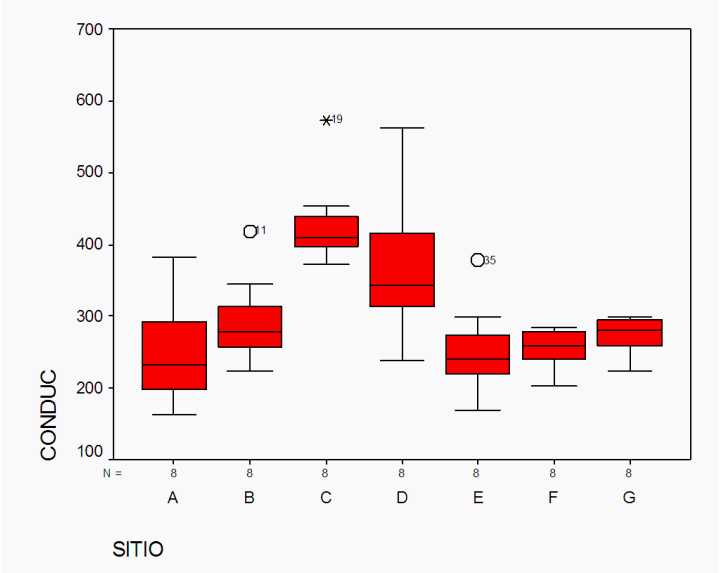


Figura 23. Variación entre las estaciones de muestreo de la conductividad eléctrica del agua, registrada entre abril de 2009 y enero de 2010 en el humedal Jaboque.

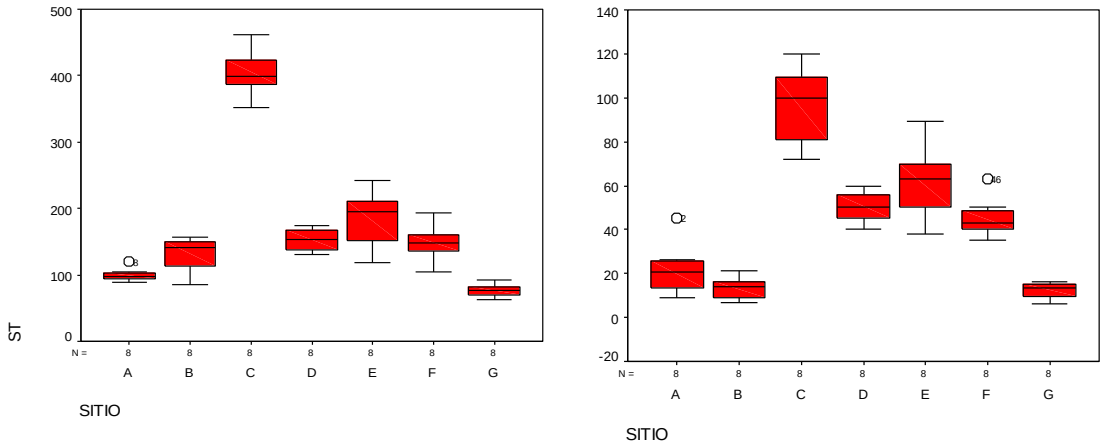


Figura 24. Variación espacial de los sólidos totales (ST) y los sólidos suspendidos (SST).

A nivel general los periodos de bajas lluvias (agosto y enero) presentaron los promedios más bajos de sólidos, mientras que los mayores correspondieron a los periodos de altas lluvias (Tabla 3).

Los valores promedio para los sólidos totales y suspendidos fueron de 169.5 mg/l y 42.4 mg/l respectivamente. Las concentraciones oscilaron para los sólidos totales entre 461 y 63 mg/L, ambos reportados para los periodos de bajas lluvias (en la estación C -enero- y en G –agosto- respectivamente), mientras que para los suspendidos se registraron entre 120 y 6 mg/L en los dos primeros periodos (abril-mayo y agosto), en las estaciones C y G respectivamente. En cuanto a las estaciones, se encontraron diferencias significativas de los sólidos totales entre el sitio C y las estaciones B, A, G y entre la estación G y los sitios D, E y F. Entre tanto, los sólidos suspendidos reportaron diferencias en las estaciones: C (A, B, G), G (D, E) y B (D, E). (Test K-W, $p<0.05$ y anexo 13).

4.2.12. Nitrógeno amoniacal

En el humedal se registró un promedio de 5.53 mg/l de N-NH_3. Los valores oscilaron desde niveles imperceptibles ≤0,56 presentado en la estación E en la primera temporada de altas lluvias (abril-mayo), hasta 27.3 mg/L en la estación C en enero (Figura 25 y Anexo 4).

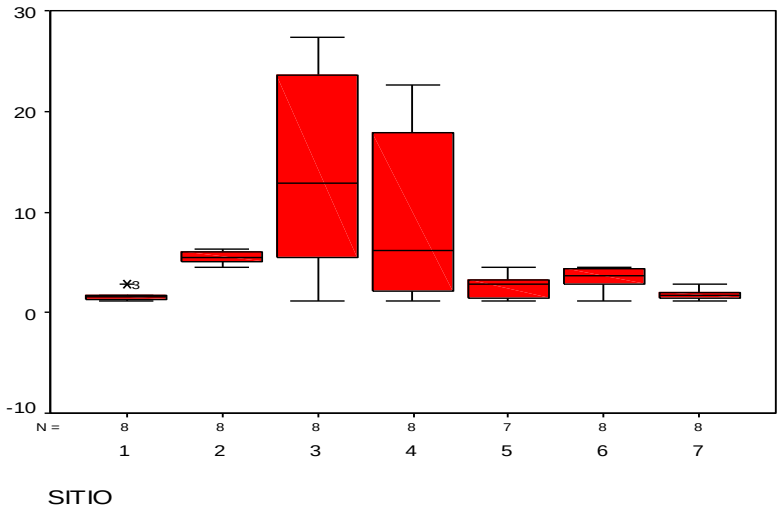


Figura 25. Variación espacial del nitrógeno amoniacal en las estaciones de muestreo evaluadas en el humedal Jaboque entre abril de 2009 y enero de 2010.

De acuerdo al test de K-W con $p<0.05$, se encontraron diferencias significativas en las estaciones C con respecto a las G, A y en la B comparada con A y G (Anexo 13). Al comparar entre periodos se observó incrementos principalmente en la parte media del humedal en el primer periodo (abril-mayo) y el cuarto correspondientes a bajas lluvias (enero).

4.3. Análisis de Discriminante

Los autovalores de las funciones que componen el modelo son desiguales. La primera explica el 66% de la variabilidad disponible de los datos, mientras que la segunda explica el 17.5%. Por tanto se toman estas dos funciones.

La correlación canónica es alta, con el mayor valor para la primera función (0.985). El estadístico Lambda de Wilks permite concluir que el modelo distingue significativamente entre los grupos, ya que tiene un nivel crítico (Sig= 0,000), menor a 0.05 (Anexo 5).

Al contrastar las medias de los grupos en la segunda discriminante, el estadístico Lambda toma un valor muy próximo a cero y un nivel crítico (Sig.=0,000), menor a 0.05, por lo que se puede concluir con certeza que la segunda función permite discriminar entre al menos dos grupos (Anexo 6).

La primera función distingue fundamentalmente las estaciones C y E, debido a que presentan las mayores puntuaciones, al contrastarlas con las demás estaciones (cuyos centroides se ubican en la parte negativa). Además por sus altos niveles de sólidos, especialmente en el sitio C.

La primera función explica en gran parte las diferencias existentes entre las estaciones especialmente la C, E en la parte positiva y A, G en la parte negativa, (al compararlas con el resto de estaciones). Lo que muestra la segunda función es la discriminación entre los demás grupos próximos a estas estaciones, evidenciando que el centroide de las estaciones B y G se sitúan en la parte positiva, mientras que las estaciones E y D, se sitúan en la parte negativa. (Figura 26)

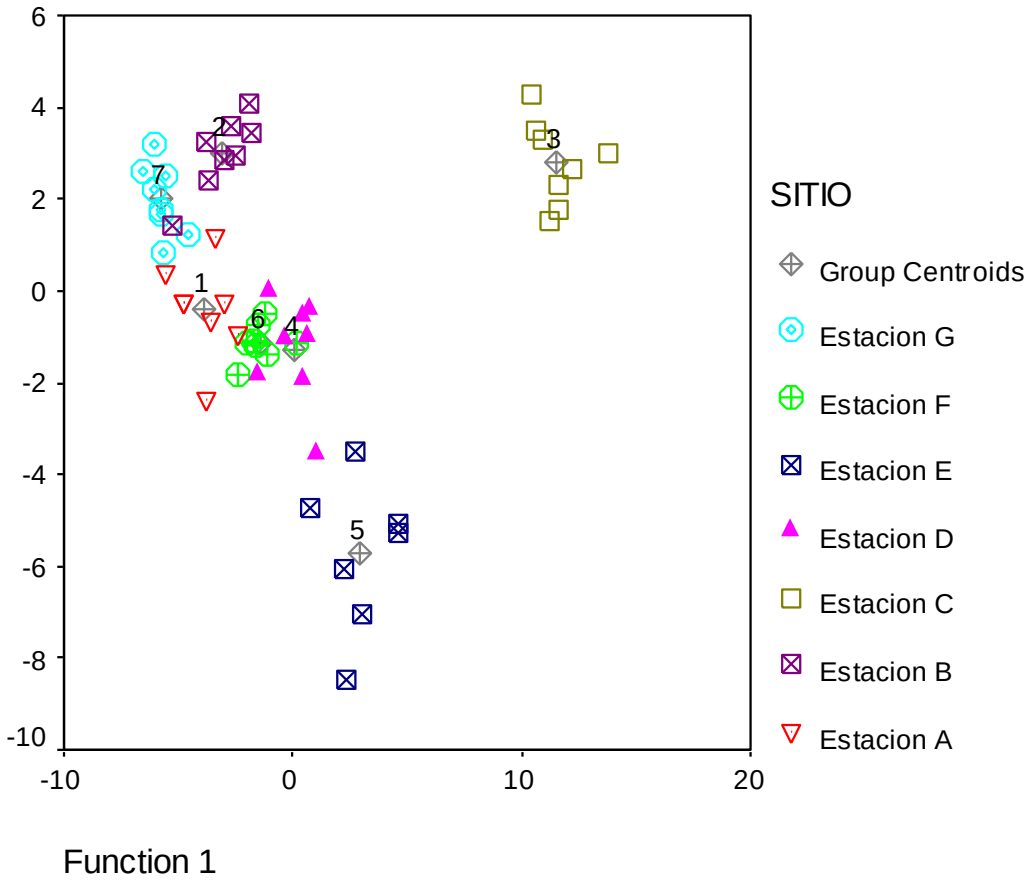


Figura 26. Grafica de las funciones discriminantes, realizada con las variables fisicoquímicas evaluadas en cada estación de muestreo en 4 periodos climáticos.

Los coeficientes valoraron la contribución neta de cada variable a la función discriminante. Teniendo esto en cuenta la variable que más contribuye a diferenciar son los sólidos totales, por tener la mayor puntuación en la función discriminante. Sin embargo al evaluar el conjunto de variables, este análisis permiten inferir la probabilidad de que al ser constantes el resto de variables, en sitios donde se presenten altos valores de sólidos totales, sólidos disueltos, demanda bioquímica de oxígeno y amonios, los valores de oxígeno disuelto serán bajos (Tabla 4).

Además de estas correlaciones, la matriz de estructura muestra que aunque el pH no fue utilizado para construir la discriminante, en sitios que esta variable presenta valores bajos, los sólidos totales y los sólidos suspendidos, tienden a tener mayores valores. (Anexo 7)

Tabla 4. Coeficientes estandarizados de las funciones canonícas de las variables utilizadas para la construcción de las discriminantes.

VARIABLE/FUNCIÓN	1	2
ORTOFOSFATOS	0,04672135	-0,114514743
N. AMONICAL	-0,382447314	1,187895516
O.D	-0,32831083	0,451683863
SST	0,336778411	-1,189861641
ST	0,783710028	1,055498356
T. AMBIENTE	0,013345767	0,267243172
AMONIOS	0,457940348	-0,01348638
CONDUCTIVIDAD	0,275367145	0,217330412
DBO5	0,585192448	-1,151436661

4.4. Análisis de componentes principales

4.4.1. Primer periodo (Altas lluvias)

En este periodo se puede deducir que el primer eje absorbe un 42.3% y 49.7% de la varianza para el primer y segundo muestreo respectivamente y se encuentra relacionado principalmente con los sólidos. El segundo eje absorbe un 27.8% y 25.2% de la varianza respectivamente para cada muestreo. Este se relacionó primordialmente con el pH (Anexo 8).

En los muestreos correspondientes a este periodo, no se presentó una correlación específica entre estaciones que fuese constante en el tiempo. Sin embargo en el primer muestreo las estaciones G, B y en el segundo las F y A mostraron una agrupación muy cercana (Figura 27).

Al analizar las asociaciones por el periodo climático entre cada sitio y las variables fisicoquímicas se registran las estaciones A y G con los mayores valores de oxígeno disuelto, mientras que para el primer muestreo estos lugares y el sitio B, presentaron

altos valores de nitratos. De otra parte las estaciones D y E registraron en el primer muestreo altos valores de sólidos totales, sólidos suspendidos totales, DBO_5 y ortofosfátos.

Separada de las demás estaciones se ubicó el sitio C. En ambos muestreos se caracterizó por sus altos valores de amonios, conductividad, nitrógeno amoniacal, pH y nitritos. La estación D presentó un comportamiento idéntico para el segundo muestreo.

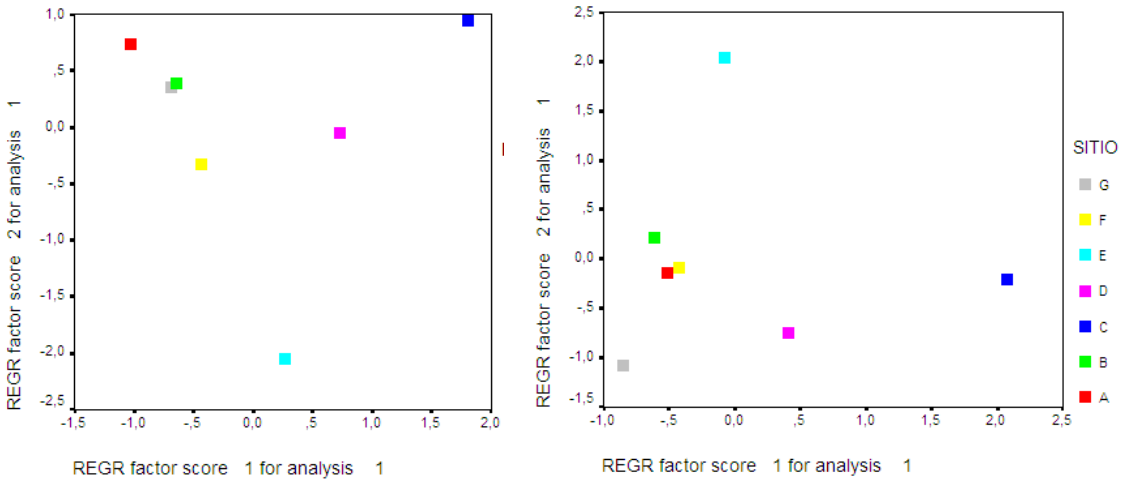


Figura 27. Disposición de las estaciones en el primer periodo de estudio para el primer (izquierda) y segundo muestreo (derecha),en relación con los factores extraídos mediante el PCA.

4.4.2. Segundo periodo (bajas lluvias)

Para este periodo se evidencian diferentes tendencias para cada muestreo realizado. El primer eje absorbe un 40.5% y 50.2% y el segundo eje un 19.2% y 18.2% de la varianza para el primer y segundo muestreo respectivamente (Anexo 9). El primer eje se relacionó con los nitratos en el primer muestreo, mientras que en el segundo lo hizo con los sólidos suspendidos totales. Entre tanto el segundo eje se relacionó con los nitritos (primer muestreo) y la temperatura del aire (segundo muestreo).

Aunque entre los muestreos de esta época se presentan divergencias en sus relaciones con los ejes. En la figura 28 se observan las asociaciones entre las

estaciones A; F y G, las cuales evidenciaron idénticos registros en cuanto a máximos valores de oxígeno disuelto (primer muestreo), temperatura del aire (segundo muestreo) y pH (en ambos muestreos). En los dos muestreos la estación C se destacó por tener los mayores valores de sólidos totales y sólidos suspendidos totales, la estación D los máximos amonios y conductividad, mientras que la estación E mostró altos nitratos (Anexo 9).

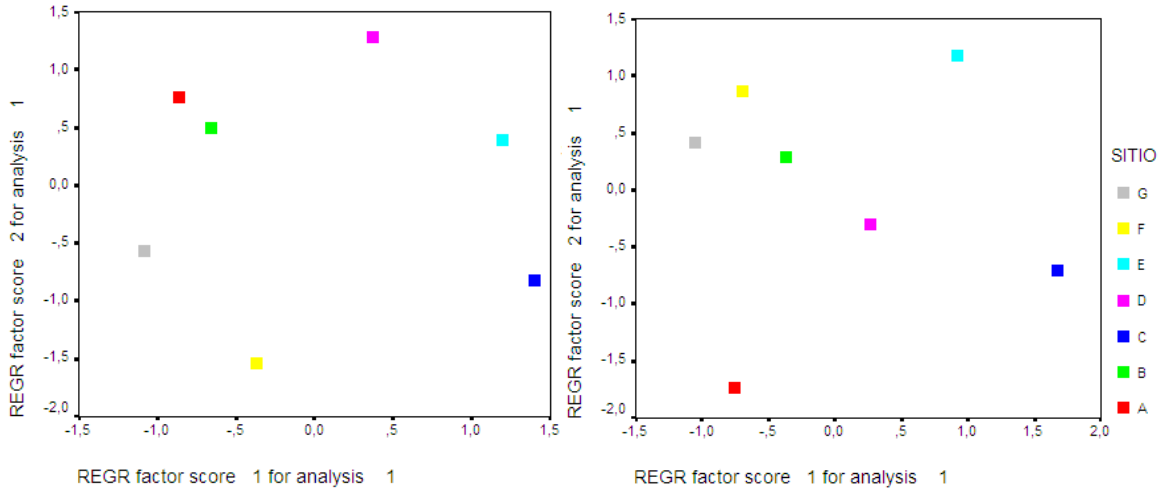


Figura 28. Disposición de las estaciones para el segundo periodo en el primer (izq.) y segundo muestreo (derecha), en relación con los factores extraídos.

4.4.3. Tercer periodo (altas lluvias)

El primer eje se relacionó con los sólidos totales y los nitratos. Absorbe un 56% y 63.2% de la varianza del primer y el segundo eje. El segundo eje se relacionó con la temperatura ambiente y representó un 21.4% y 22.7% de la varianza para el primer y el segundo muestreo respectivamente (Anexo 10). Como se observa en la figura 29, para este periodo se mostró una clara zonación entre los sitios de muestreo. Las estaciones A, B y G, se agrupan en ambos muestreos y se caracterizaron por mostrar los mayores valores de oxígeno disuelto. También las estaciones D y F se asocian con respecto al segundo eje en el primer muestreo.

De otra parte las estación C se apartan claramente de las otras estaciones, destacándose a causa de las altas concentraciones de nitratos y sólidos totales.

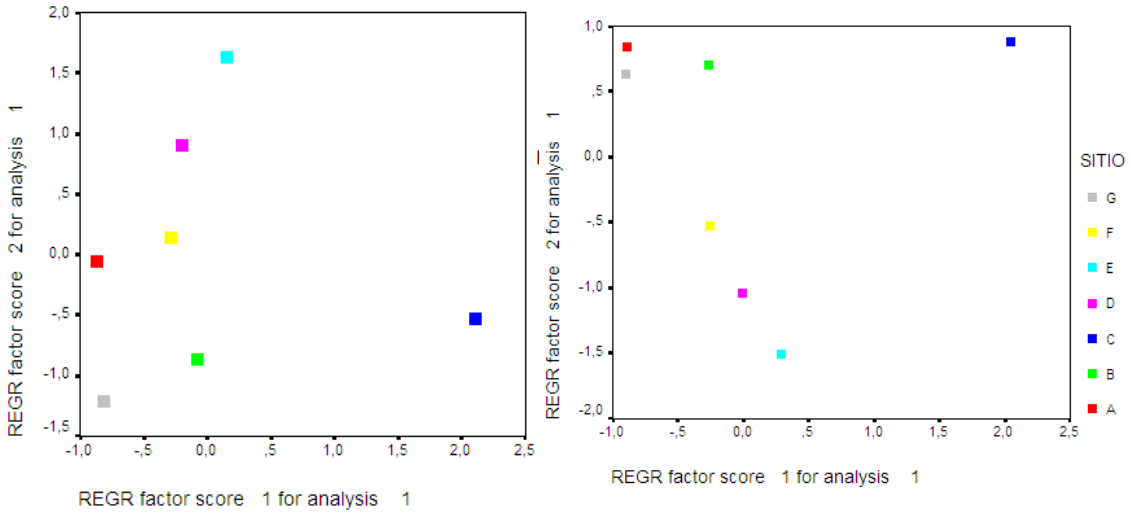


Figura 29. Disposición de las estaciones en el tercer periodo de estudio para el primer (izquierda) y segundo muestreo (derecha),en relación con los factores extraídos mediante el APC.

4.4.4. Cuarto periodo (bajas lluvias)

Para este periodo los sólidos suspendidos totales se relacionaron con el primer eje, el cual absorbe un 46.6% y 60.1% de la varianza para el primer y segundo muestreo de este periodo.

El segundo eje se relacionó con la temperatura ambiente y representó un 22.8% y 16.7% de la varianza para el primer y segundo muestreo respectivamente (Anexo 11).

Como se observa en la figura 30, entre los muestreos se presentaron diferencias en cuanto la organización de las estaciones entre los componentes. En general (a pesar de la diferenciación que se registra), las estaciones G y F se encuentran muy cercanos al segundo eje. Además presentaron altos valores de oxígeno disuelto para el segundo muestreo de este periodo.

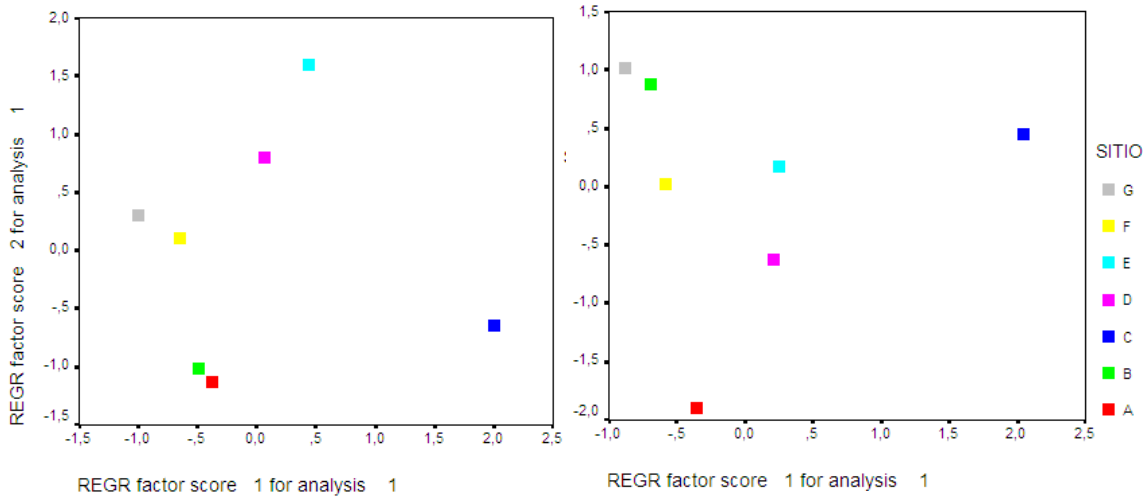


Figura 30. Disposición de las estaciones en el cuarto periodo de estudio para el primer (izquierda) y segundo muestreo (derecha), en relación con los factores extraídos.

De otra parte las estaciones D, E y C mostraron en general altos valores en variables que se relacionan con contaminación, pero estos sitios no se agruparon claramente entre sí. En este periodo climático la estación C presentó los mayores valores de sólidos totales, conductividad y nitritos, la estación D los mayores nitratos, DBO5 y la estación E los máximos valores de amonios, nitrógeno amoniacal y ortofosfátos. Las estaciones A y B se caracterizaron por registrar los mayores valores de oxígeno disuelto para el primer muestreo de esta época.

4.5. Relación entre las especies de diatomeas y variables fisicoquímicas en el humedal Jaboque (Análisis de correspondencias canónicas)

Los valores propios de los dos primeros ejes de ordenación canónica explicaron el 43.7% de la varianza. Los dos primeros ejes del modelo explicaron un 32% de la variación total de las especies y el 58.6% de la ordenación conjunta especies - ambiente (Tabla 5).

Tabla 5. Estadísticos del análisis de correspondencia canónica entre las especies de diatomeas encontradas y las variables fisicoquímicas en todos los periodos estudiados.

EJES	1	2	3	4
Valores propios	0.242	0.195	0.065	0.046
Correlación especies - Ambiente	0.735	0.746	0.555	0.578
Porcentaje de variación acumulada especies	11.4	20.6	23.7	25.8
Porcentaje de variación acumulada relación ambiente - especies	38	58.6	78.9	86.1

Las variables asociadas al primer eje fueron la conductividad, el nitrógeno amoniacal, los sólidos totales, los nitritos y los sólidos suspendidos totales, variables que presentaron una correlación positiva con este eje. El segundo eje se asocia con el oxígeno disuelto, los ortofosfátos y los nitratos con una correlación positiva (Anexo 12).

Como se muestra en la figura 31, la composición de especies de diatomeas varia a lo largo de los diversos gradientes. Los taxones *Gomphonema sp1, Gomphonema gracile, Stauroneis* cf. *phoenicenteron, Amphora sp1 y Pinnularia sp2*, son más abundantes en lugares con menores concentraciones de nitritos, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos y sólidos totales. La especie *Achnanthes hungarica* se mostró mayormente influenciada por los sólidos, disminuyendo su abundancia donde estos se incrementan.

En comparación las especies *Nitzschia sigmoidea* y *Nitzschia accicularis* son más abundantes cuando se presentan altos valores de nitritos, mientras que *Luticola* cf. *nivalis* y *Cyclotella stelligera* se muestran como tolerantes en ambientes con altos

niveles de nitrógeno amoniacal y sólidos. En concentraciones elevadas de este ultimo parámetro *Gomphonema* cf. *lanceolatum*, *Encyonema sp1*, *Achnanthes coarctata*, *Surirella linearis* y *Luticola* cf*. nivalis* presentaron abundancias altas.

También se evidenciaron cambios en la distribución de las especies influenciado por la conductividad, por lo que en presencia de altos valores de este parámetro los taxones *Nitzschia sp9, Nitzschia sp5, Nitzschia sp7, Sellaphora pupula, Hantzschia abundans y Aulacoseira sp3* son más abundantes. En contraste, al disminuir la conductividad *Pinnularia cf. viridis, Eunotia sp3, Fragilaria acus* y *Eunotia triodon* incrementan su abundancia.

En cuanto el oxígeno disuelto, los taxones más relacionados cuando se presentan mayores niveles son *Caloneis cf. bacillum*, *Pinnularia brebissonii*, *Gomphonema pseudoaugur* y *Eolimna cf. tantula*. Entre tanto *Achnanthes coarctata, Luticola mutica, Navicula sp1, Tabellaria flocculosa, Pinnularia microstratum, Aulacoseira sp2* parecen resistir bajos niveles de oxígeno disuelto.

Los taxones *Nitzschia sp1, Nitzschia sp7, Sellaphora pupula, Nitzschia sp10, Nitzschia sp8* y *Navicula* cf*. leptostriata* parecen ser tolerantes a condiciones donde se presentan altos de nutrientes y elevada DBO_5. Sin embargo, es considerable la cantidad de especies que logran mayor abundancia cuando los nutrientes y DBO_5 registran menores valores. Esto ocurre con taxones tales como *Fragilaria pinnata, Aulacoseria granulata, Cyclotella meneghiniana, Pinnularia sp3, Fragilaria leptostauron, Fragilaria ulna, Pinnularia sp1, Eunotia tridentula, Coconeis placentula, Achnanthes lanceolata, Gomphonema acuminatum, Eunotia sp1, Gomphonema angustum, Achnanthidium* cf*. minutissimum, Gomphonema sp2, Nitzschia* cf*. clausii, Pinnularia maior, Achnanthes coarctata, Frustulia* cf. *romboides* y *Eunotia sp2*.

En cuanto la distribución de las estaciones en los diferentes muestreos, se hace manifiesto que esta responde a los diversos gradientes, es así como las estaciones G, B, A y F, se caracterizaron por tener valores inferiores de nutrientes, DBO_5, conductividad y sólidos. En comparación las estaciones C y D son particulares debido a sus altos valores en los parámetros mencionados. La estación E, de otra parte, no presentó una tendencia definida entre los muestreos.

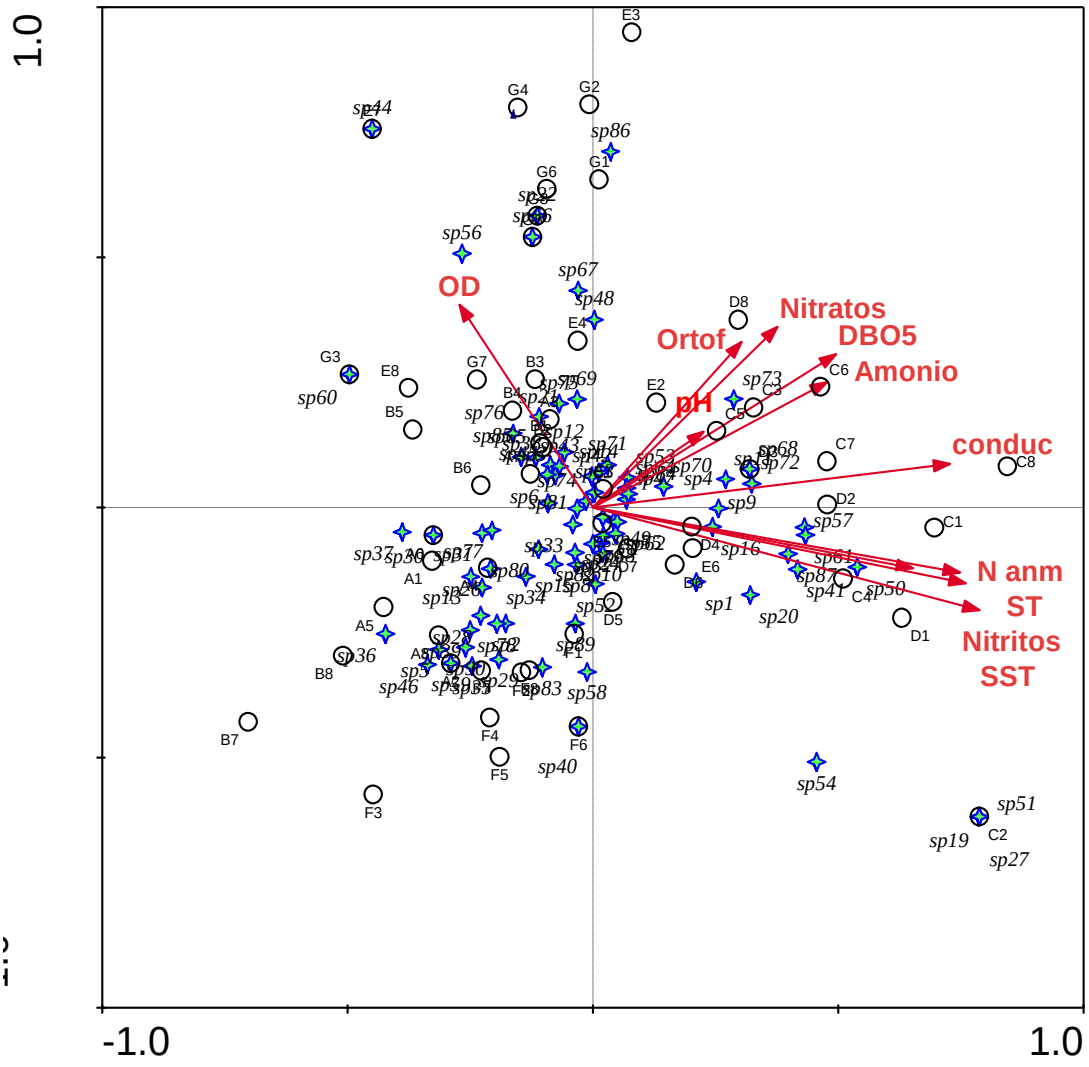


Figura 31. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) donde se presenta la relación de diatomeas con las principales variables fisicoquímicas estudiadas. Letras: estaciones, Números: muestreos, abril-mayo (1-2), agosto (3-4), octubre-noviembre (5-6), enero (7-8). Estrella: ubicación del taxón. Circulo: ubicación estación. Los nombres de las especies se registran en el Anexo 12.

4.6. Diagnostico de la calidad del agua por medio de índices diatomológicos.

Como se observa en las tablas 6 y 7, el IDHB (índice de diatomeas de los humedales bogotanos) y IGDHB (índice de diatomeas a nivel de género en los humedales bogotanos), no discriminan adecuadamente las condiciones de calidad entre las estaciones. El primero da una valoración de aguas fuertemente contaminadas a todos los sitios**,** indicando que el humedal se encuentra con regulares condiciones limnológicas, mientras que el segundo califica todas las estaciones del sistema acuático como severamente contaminadas e indica que se encuentran en malas o deficientes condiciones limnológicas.

Entre periodos el IGDHB reporto idénticos resultados, excepto en la estación B, donde paso de severamente contaminado a fuertemente contaminado en agosto. De otro lado el IDHB presentó mayor variación respecto al anterior índice.

La estación A en los dos primeros periodos del estudio (mayo-abril y agosto), se calificó como de aguas fuertemente contaminadas, mientras que en los periodos restantes (octubre-noviembre y enero), pasó a tener aguas severamente contaminadas. Los sitios D y F desmejoraron su condición al pasar de aguas fuertemente contaminadas a severamente contaminados en el último periodo de estudio (enero), mientras que la estación E registro esta condición en el tercer periodo (octubre-noviembre). Por otra parte, las estaciones B, C y G mantuvieron constante su condición de fuertemente contaminada durante todo el estudio.

El IDG (índice diatómico general), es el que mejor se ajusta a las condiciones generales del humedal al compararse con otros factores como el comportamiento fisicoquímico y diversidad de las especies (Tabla 8).

Las estaciones que registran mayor detrimento son la C y D, mostrándose en todo el estudio como zonas de polución fuerte. De otra parte la estación B a nivel general se calificó con aguas de polución débil, este resultado posiblemente fue influenciado por la alta dominancia (la mayor reportada) y menor diversidad de este sitio, lo cual pudo eventualmente exagerar la condición al darle valores excesivamente buenos. Las

estaciones A, E, F y G, reportaron una polución moderada con aguas eutróficas (Tabla 8).

Tabla 6. Puntaje del IGDHB y clasificación de las estaciones evaluadas.

IGDHB	SITIO A	Estado	SITIO B	Estado	SITIO C	Estado	SITIO D	Estado	SITIO E	Estado	SITIO F	Estado	SITIO G	Estado
P1	32,5	SC	32,8	SC	32,3	SC	32,7	SC	33,1	SC	32,5	SC	32,6	SC
P2	32,4	SC	33,0	FC	32,8	SC	32,7	SC	32,8	SC	32,4	SC	32,5	SC
P3	32,4	SC	32,5	SC	32,8	SC	32,6	SC	32,6	SC	32,7	SC	32,6	SC
P4	32,7	SC	32,9	SC	32,6	SC	32,4	SC	32,7	SC	32,7	SC	32,1	SC
Gral	32,5	SC	32,8	SC	32,6	SC	32,6	SC	32,8	SC	32,6	SC	32,4	SC

Convenciones: SC (severamente contaminado), FC (fuertemente contaminado) y P (periodo).

Tabla 7. Puntaje del IDHB y clasificación de las estaciones evaluadas.

IDHB	SITIO A	Estado	SITIO B	Estado	SITIO C	Estado	SITIO D	Estado	SITIO E	Estado	SITIO F	Estado	SITIO G	Estado
P1	33,4	FC	33,5	FC	33,5	FC	33,0	FC	33,0	FC	33,1	FC	33,3	FC
P2	33,3	FC	34,0	FC	33,6	FC	33,2	FC	33,0	FC	33,0	FC	33,5	FC
P3	32,9	SC	34,0	FC	33,3	FC	33,3	FC	32,3	SC	33,0	FC	33,0	FC
P4	32,3	SC	33,4	FC	33,5	FC	32,5	SC	33,0	FC	33,6	SC	37,7	FC
Gral	33,0	FC	33,7	FC	33,5	FC	33,0	FC	32,8	SC	33,2	FC	34,4	FC

Convenciones: SC (severamente contaminado), FC (fuertemente contaminado) y P (periodo).

Tabla 8. Puntaje del IDG y clasificación de las estaciones evaluadas.

IDG	SITIO A	Estado	SITIO B	Estado	SITIO C	Estado	SITIO D	Estado	SITIO E	Estado	SITIO F	Estado	SITIO G	Estado
P1	3,5	PMO EU	4,5	CBO	2,8	DES PF	2,8	DES PF	3,6	PMO EU	3,5	PMO EU	4,0	PMO EU
P2	4,0	PM EU	4,0	PMO EU	2,8	DES PF	3,1	DES PF	3,4	PM EU	3,5	PM EU	4,3	CN PD
P3	3,5	PM EU	4,9	CBO	2,8	DES PF	2,9	DES PF	4,2	CN PD	4,4	CN PD	4,2	CN PD
P4	4,2	CN PD	3,9	PMO EU	2,9	DES PF	2,9	DES PF	3,5	PM EU	3,6	PMO EU	3,3	PM EU
Gral	3,8	PMO EU	4,4	CN PD	2,8	DES PF	2,9	DES PF	3,7	PMO EU	3,8	PMO EU	4,0	PMO EU

Convenciones: PMO (polución moderada), PM (polución media), PD (polución débil), EU (eutrofia), CN (calidad normal), CBO (calidad biológica optima), DES (desaparición de especies sensibles), PF (polución fuerte) y P (periodo).

Entre periodos se presentó variación en las condiciones de las estaciones excepto pora los sitios C y D, donde no hubo cambios como se menciono anteriormente.

La estación A por su parte en el primer periodo (abril-mayo), pasa de ser de polución moderada a polución media en los dos periodos siguientes (agosto y octubre-

noviembre) y finalmente para el último periodo reporta una polución débil, lo que sugiere una mejora en la zona con el transcurso del tiempo. De otra parte, la estación B en épocas de altas lluvias reporto calidad biológica óptima (sin embargo este resultado pudo ser inducido como se mencionó anteriormente por la dominancia), mientras q en las épocas de bajas lluvias se clasificó como de polución moderada.

La estación E en los periodos de bajas lluvias presentó polución media, mientras que en altas lluvias fue de polución moderada en el primer periodo (abril-mayo) y polución débil en el tercer periodo (octubre-noviembre).

La estación F registró un comportamiento irregular entre los periodos evaluados, siendo de polución moderada en el primer (abril-mayo) y cuarto periodo (enero), polución media en el segundo periodo (agosto) y polución débil en el tercer periodo (octubre-noviembre). De otro lado la estación G pasó de ser de polución moderada en el primer periodo (abril-mayo) a polución débil en el segundo y tercer periodo (agosto y octubre-noviembre) y luego a polución moderada en enero.

5. Discusión

En un contexto general el humedal Jaboque se caracterizó por presentar extensas zonas invadidas por densas comunidades de macrófitas acuáticas, lo cual ha reducido considerablemente el espejo de agua en el humedal. Esta es una situación común en sistemas poco profundos (Esteves 1998, citado por Roldán y Ramírez 2008). Además, por encontrarse en una matriz urbana y hacia la zona céntrica de la ciudad de Bogotá, ha sufrido mayor tiempo de intervención y su estado tiende a ser más crítico que otros sistemas de este tipo en la zona (Van der Hammen *et al.* 2008).

5.1. Ambiente fisicoquímico

A partir de lo antes expuesto es coherente que en este estudio se mencionen bajos contenidos de oxígeno disuelto, causados por el desequilibrio generalizado que presenta el sistema. Este hecho también se hace evidente en las diversas clasificaciones estimadas, donde el humedal desde los rangos de valor obtenidos para parámetros como los ortofosfátos (Henao 1987), la conductividad (Roldán y Ramírez 2008) y el contenido de nitratos y amonios (Vollenweider 1968 referido por Roldán y Ramírez 2008), presentó condiciones que oscilan desde la mesoeutrófia a la eutrofia.

De acuerdo al APC (análisis de componentes principales) y al análisis de discriminantes las estaciones de muestreo registraron una clara segregación relacionada principalmente a la concentración de sólidos y otras variables que se correlacionaron con estos como fue el caso de los nutrientes.

Estos parámetros no parecieron esta afectados por los patrones pluviométricos que normalmente influenciarían aportes de aguas con material suspendido y nutrientes disueltos, como ha sido encontrado en sistemas altoandinos por Donato (1991) y Mora

y Téllez (1991). Este comportamiento esta probablemente relacionado con los efectos del fenómeno de El niño que se dio durante la temporada en la que se llevó a cabo el estudio, evento que posiblemente contribuyo en que no se presentaran diferencias significativas entre los periodos de muestreo (Test KW p> 0,05).

La marcada separación de las estaciones C, E y D (parte media del humedal), parece entre otros aspectos que se mencionan más adelante, estar vinculada al uso del suelo en la zona de ronda, así como por los vertimientos de origen doméstico e industrial. Esto se vincula con altas concentraciones de sólidos y carga de materia orgánica que se refleja en los altos valores de DBO_5, lo que a su vez se relaciona con las altas tasas de nutrientes reportadas en estos sitios.

En el caso de la estación C, el uso del suelo involucra actividades agrícolas y ganaderas. Teniendo en cuenta lo señalado por Ongley (1997), este uso es uno de los causales primordiales de eutroficación en aguas superficiales, ya que se constituye como un factor importante en el enriquecimiento de nutrientes, tales como el fosforo y principalmente los nitratos, provenientes del uso intensivo de fertilizantes químicos, lo que implica la modificación del flujo de nutrientes hacia el cuerpo de agua, lo que finalmente contribuye a incrementar y acelerar el enriquecimiento del sistema

Otra circunstancia compleja que se observó en este sitio fue su uso como reservorio final de lodos, los cuales son extraídos de una zona aledaña como parte de labores de manejo y adecuación, lo que es dirigido por la fundación encargada del humedal (ADESSA).

Para las estaciones D y E, el factor incidente es la presión urbanística. La zona de ronda ha sido reemplazada por diversas obras de infraestructura como ciclo rutas, senderos peatonales y urbanizaciones, lo que inevitablemente ha generado entre otros aspectos la inadecuada disposición de residuos y vertimientos de origen doméstico e industrial. Esto contribuye significativamente a potenciar procesos de eutroficación.

Los sitios ubicados hacia la parte media del humedal evaluados a partir de los nutrientes, muestran que la estación C se clasificó como eutrófica y se encuentra en la condición más crítica. Estos sitios en conjunto se pueden considerar como los que presentan mayor grado de contaminación y eutroficación. En contraste, las estaciones

ubicadas hacia la parte alta (F y G) y baja (A y B) del humedal se caracterizaron por presentar una menor carga de nutrientes e incrementos en el oxígeno disuelto.

El amonio; los nitratos y los ortofosfátos fueron de las pocas variables que mostraron cierta tendencia estacional, ya que se registraron incrementos en los periodos de bajas lluvias. Esto probablemente se relacionó con los bajos niveles de oxígeno disuelto, inducidos por los altas descargas de materia orgánica, lo que pudo generar condiciones reductoras que permitieron eventualmente una mayor liberación de nutrientes (Vásquez *et al.* 2006).

Los nitritos fue la forma menos abundante de nitrógeno alcanzando inclusive valores imperceptibles para el método aplicado. Esto puede corresponder por un lado a que los nitritos no son químicamente estables en humedales (generalmente se encuentra en bajas concentraciones, Kadlec y Knight, 1996) y por otra parte debido a la acción de las bacterias que convierten rápidamente nitritos en nitratos (Flores, 2002).

De otra parte, el comportamiento de las formas amoniacales y los nitratos, aunque fue heterogéneo a nivel temporal, a nivel espacial tiende a presentar incrementos en la parte media del humedal y disminuir hacia la parte baja, (reflejando la zonación arrojada por el APC). Este evento puede explicarse en parte por la capacidad del sistema para depurar los altos niveles de estos nutrientes.

Aunque la parte media presentó los incrementos más importantes en estas formas de nitrógeno, también se evidenció una reducción de los nitratos frente a las formas amoniacales. Lo que pudo ocurrir por reducción de nitratos a amonios, provocada por la acción de bacterias que utilizan el nitrato como aceptor de electrones (Cole y Brown 1980). Sin embargo, teniendo en cuenta que en esta zona se encontraron los mayores incrementos de nitratos, se podría inferir que el proceso de reducción está acompañado de mayores aportes de nutrientes y además de la posibilidad que exista cierto equilibrio entre los procesos de descomposición de materia orgánica y oxidación tal como lo plantean Medina *et al.* (2005).

La reducción de los nitratos hacia la parte baja puede estar asociada a factores como la adsorción de estos por la vegetación, sumado a procesos de desnitrificación, mecanismo que se considera como el dominante en la disminución de nitratos en los

humedales (Ingersoll y Baker 1998). La remoción de amonio puede también estar relacionada con su uso como fuente de nutrientes por parte de la vegetación y de las algas, así como por microorganismos, los cuales cumplen procesos de oxidación y en consecuencia disminuye de las formas amoniacales (Charles 1993).

Una tendencia espacial similar a la de las formas nitrogenadas se registró también para el fosforo soluble (ortofosfátos), que se encuentra directamente relacionado con vertimientos de origen doméstico (detergentes) y agrícolas (fertilizantes), además por posible liberación de este nutriente debido a las condiciones de hipoxia y anoxia del sedimento, mientras que su disminución hacia la parte baja puede deberse a procesos de sedimentación y adsorción.

Aunque en general los sólidos y la conductividad presentaron valores altos, mostraron un incremento hacia la zona media del humedal, especialmente en la estación C, lo cual eventualmente indicaría aceleración en los procesos de colmatación. Lo que está probablemente relacionado con la acumulación de sólidos provenientes de aguas residuales efluentes y el uso de esta zona como depósito de lodos extraídos de otros sectores del humedal como labor de manejo.

5.2. Comunidad de diatomeas

En este estudio se estableció que factores como los nutrientes, los sólidos y la conductividad modelaron el comportamiento de algunas especies de diatomeas presentes en el humedal Jaboque. A pesar de estar inmersas en ambientes urbanos cuya tendencia es la eutroficación (razón por la cual sea de esperarse que los taxones presentes sean tolerantes a niveles considerables de contaminación, de acuerdo con lo señalado en la literatura), las especies de bacillarioficeas mostraron variaciones en función de su sensibilidad a diversos niveles de estrés, como se explica más adelante.

La flora diatomológica encontrada en el humedal Jaboque corresponden en su mayoría especies cosmopolitas, las cuales presentaron divergencias en su abundancia influenciadas claramente por su nivel de tolerancia a las circunstancias particulares de los ambientes estudiados.

Las zonas evaluadas en el humedal no evidenciaron un patrón espacial claro en cuanto su diversidad y riqueza. A nivel temporal se presentó cierta estabilidad excepto en el cuarto periodo (enero), donde la mayoría de estaciones registraron leves incrementos en sólidos y nutrientes. Este comportamiento al parecer se encuentra relacionado con el aumento en los niveles de nutrientes y además por efectos del fenómeno de El Niño, que probablemente contribuyó a sostener condiciones hidrológicas relativamente constantes.

En general, los ensambles de diatomeas se caracterizaron por presentar pocas especies de abundancia alta. Esto parece ser común en este tipo de ambientes intervenidos donde las condiciones extremas permiten el desarrollo de unas pocas especies dominantes (Lobo 1983; Margalef 1983).

Los análisis de similitud y ordenación, así como los taxones dominantes demarcaron una clara zonificación en tres grupos. Uno corresponde a la parte alta y baja del humedal (estaciones G, F y A, B), otro en la parte media (sitios C y D) y el último (estación E), se puede considerar de transición puesto que mostró características compartidas de los dos primeros.

El primer grupo corresponde a la parte alta y baja donde *Achnanthes hungarica* fue dominante. Esta especie es reportada por Kramer y Lange Bertalot (1991) como mesosaprobica, generalmente epifita y de distribución cosmopolita. Según los resultados obtenidos en este estudio, este taxa es sensible a altos niveles de sólidos y conductividad. Sin embargo de acuerdo a lo señalado por Almeida y Gil (2001), se encontró preferencias de este grupo por altos valores de conductividad. Por tanto se puede deducir que el ente que dirige la distribución espacial de esta especie en el humedal Jaboque son los sólidos. Esto explicaría la drástica disminución de su abundancia en la zona media del humedal, donde las concentraciones de sólidos fueron mayores.

Aunque *Achnanthes hungarica* fue generalmente dominante en la zona alta y baja, como se mencionó anteriormente, las estaciones ubicadas en estas zonas presentaron ciertas variaciones en la composición y abundancia de los taxones como se expone a continuación. En la estación A, para el primer periodo (abril-mayo), la especie

dominante fue *Fragilaria pinnata*, lo cual posiblemente se debe a un incremento en los niveles de oxígeno disuelto, evento que favoreció a esta especie que es menos tolerante a la contaminación (Castro 2009). Esta situación está de acuerdo con lo encontrado en el estudio.

La estación B en el cuarto periodo (enero), presentó incremento en la diversidad y variación en la especie codominante. Esto tal vez se relaciona con factores como la disminución en los niveles de pH, la menor conductividad y ortofosfátos, lo que eventualmente ofreció condiciones menos estresantes que permitieron el establecimiento de otras especies. *Fragilaria pinnata* aparece para este periodo como grupo codominante, lo que posiblemente es una respuesta a la mejora del medio.

La estación F en el tercer periodo (octubre-noviembre) mostró una considerable disminución en la abundancia de *Cyclotella meneghiniana*, lo que puede estar relacionado con un incremento en el nitrógeno amoniacal que favoreció incremento de *Nitzschia palea*. Esta última es más tolerante a altas concentraciones de nutrientes. Caso contrario (de acuerdo al análisis de correspondencias canonícas) ocurre con *C. meneghiniana*.

La estación G en el cuarto periodo (enero), presentó cambio en la especie dominante, de manera que *A. hungarica* fue sustituida por *Gomphonema parvulum*. Para este periodo se registraron en este sitio las máximas concentraciones de amonios y nitrógeno amoniacal. Debe tenerse en cuenta que *G. parvulum* es reconocido como taxa tolerante a la contaminación orgánica, y en general indicador condiciones polisapróbicas (Lange Bertalot 1979; Lobo *et al.* 1996; Oliva *et al.* 2005). Además esta especie suele abundar en ambientes ricos en nutrientes (Patrick y Reimer 1975). Se puede inferir que *A. hungarica* (referida en la literatura como mesosapróbica, Kramer y Lange Bertalot 1991), es más sensible y por tanto al aumentar los niveles de esos nutrientes se pudo ver afectada su abundancia.

En el segundo grupo (parte media del humedal), *Gomphonema parvulum, Sellaphora pupula* y *Cyclotella stelligera* fueron las especies dominantes. Son cosmopolitas, de ambientes eutróficos y tolerantes a la contaminación orgánica (Lowe 1974, Lange Bertalot 1979; Round *et al.* 1991; Lobo *et al.* 1996; Reynolds *et al.* 2002). Lo anterior explica su tolerancia a estos ambientes que son los más críticos del humedal.

Sin embargo y como se observó en el primer grupo, hubo algunas diferencias en la composición de las especies a nivel temporal. Es así como en la estación C, durante los dos primeros periodos del estudio (abril-mayo y agosto), *Sellaphora pupula* fue la especie dominante, y en los siguientes periodos (octubre-noviembre y enero), fue reemplazada por *Gomphonema parvulum*. Esta situación aparentemente se debe a una disminución en la conductividad, lo que influencio un incremento en la abundancia de *G. parvulum*.

En este estudio se detectó a través de los análisis de ordenación que *Sellaphora pupula* tiende a incrementar sus abundancias ante altos valores de conductividad. De acuerdo lo reportado por Lobo *et al.* (2004), las diatomeas son extremadamente abundantes en presencia de altas concentraciones de nutrientes. Esto puede limitar la competencia intraespecífica y explicaría la abundancia de *S. pupula* en los dos primeros periodos de muestreo. En consecuencia, al disminuir estos recursos presumiblemente se disminuye su abundancia.

En la estación D, el género *Aulacoseria* se encontró representado en los tres primeros periodos de muestreo, pero fue desplazada en el cuarto periodo (enero), por *Nitzschia palea,* la cual incremento su abundancia. Como lo deja ver el análisis de correspondencias canónico, obedece a que en ese periodo para este sitio se presentan las mayores concentraciones de iones, amonios, nitratos y DBO_5, lo que favorece a *N. palea*. Los datos parecen evidenciar sensibilidad del genero *Aulacoseira* ante alguno de estos factores, a pesar que ha sido reportada en sistemas lénticos eutróficos (Bort *et al.* 2005). Para el presente estudio, este taxón registró tolerancia a bajos niveles de oxígeno disuelto, lo que puede explicar su clasificación como especie tolerante.

En el tercer grupo se ubica la estación E, que comparte características con las demás estaciones, por lo que se podría decir que es una estación que presentó diversos grados de intervención durante el estudio, condicionados posiblemente por las variaciones en el vertimiento de aguas residuales. Esto se hace manifiesto ya que aunque *Achnanthes hungarica* es dominante en todos los periodos, también se presentan abundancias representativas de especies dominantes en la zona media del humedal como *Gomphonema parvulum, Sellaphora pupula y Nitzschia palea,* especies

encontradas de forma abundante en sistemas acuáticos urbanos con alta contaminación (Lobo *et al.* 2010).

5.3. Humedal Jaboque después de la ejecución del proyecto ENCOR

Para estimar los posibles efectos de este proyecto de infraestructura en el humedal a continuación se procede a hacer una relación de estudios previos a la ejecución de dicho proyecto, comparándolos con los resultados obtenidos en el presente estudio.

A nivel fisicoquímico (Figura 32), al comparar con el estudio llevado a cabo por Álvarez y Yepes (2005), se encontró que en un contexto general hay condiciones que se han sostenido en el tiempo. Es así como las bajas concentraciones de oxígeno disuelto se conservan como una característica del humedal, registrándose en ambos estudios la zona media como la más crítica.

Sin embargo, para este estudio la estación G mostró un incremento del oxígeno disuelto con respecto al de Álvarez y Yepes (2005), lo cual puede estar relacionado por una parte con la mayor trasparencia del agua (observación en campo) y con el manejo que actualmente se le da a las aguas provenientes de los canales Carmelo y los Ángeles, las cuales son desviados hacia la estación de Villa Gladys y de allí al complejo del ENCOR. No obstante es importante reseñar que debido a que no se registraron incrementos importantes en la precipitación, se reduce la posibilidad de que se hubiese presentado mezcla con el agua de estos efluentes. Es posible que en medio de fenómenos climáticos como La Niña, se pueda dar mezcla de estos vertimientos y en consecuencia afectarse negativamente los niveles de oxígeno.

Otro aspecto que tal vez ha contribuido a los resultados encontrados en esta zona, es la remoción de macrófitas que se hace de forma constante como labor de manejo de la mira estadimétrica que allí se encuentra. Esta acción posiblemente favoreció que en ausencia de esta cobertura vegetal, la transmisión de la luz fuese suficiente y la fotosíntesis compensase el consumo de oxígeno por respiración, generando

situaciones óxicas en la columna de agua, como lo señalan en su investigación O'Farrell et al. 2008.

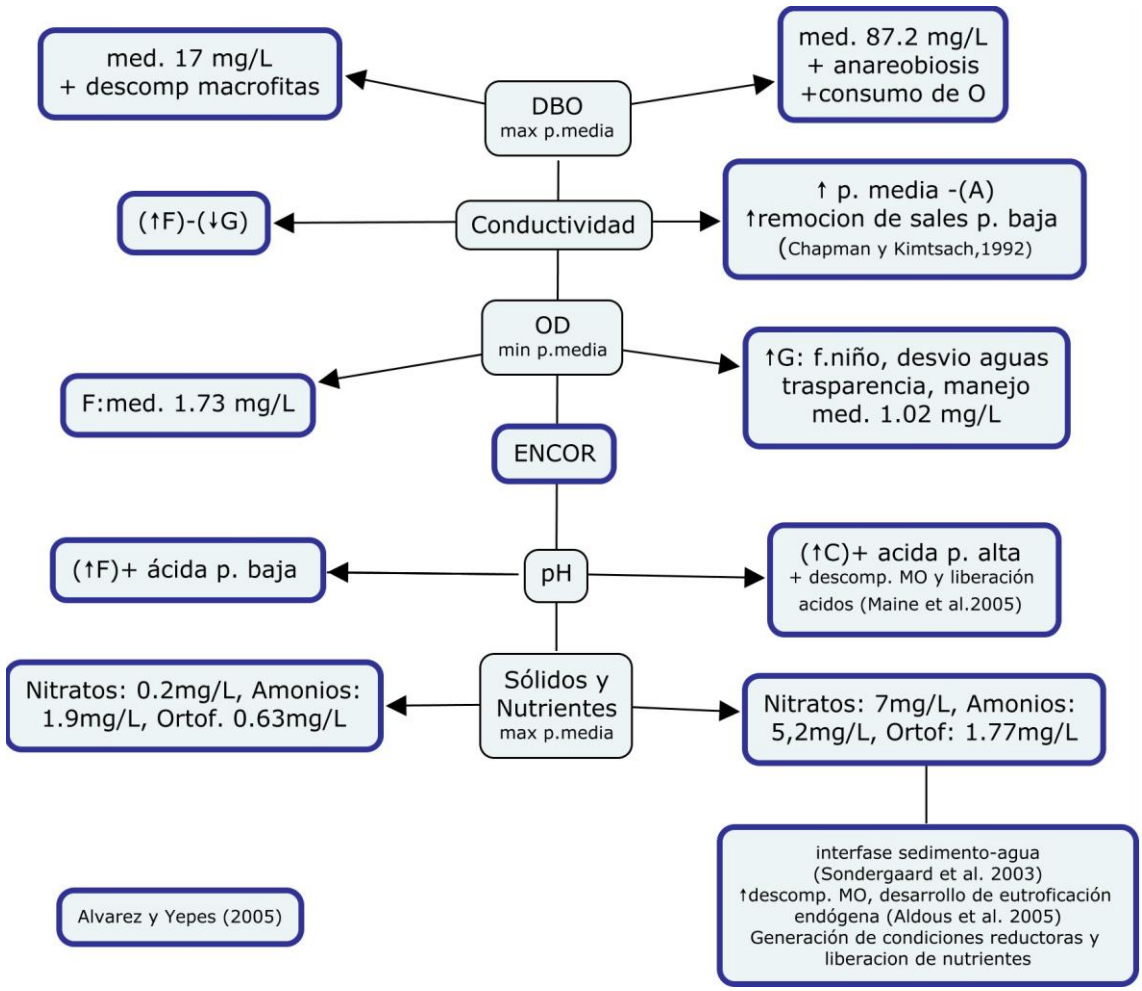


Figura 32. Variación del componente físico y químico, antes y después de la construcción y puesta en marcha del ENCOR en el humedal Jaboque.

En cuanto el pH, las aguas continúan siendo ligeramente acidas, la estación F fue desplazada por la estación C por presentar actualmente los mayores incrementos en este parámetro, que muy probablemente se presenta en respuesta a los aportes externos de contaminantes específicos que han podido modificar esta variable. En contraparte la zona baja del sistema (estaciones A y B) anteriormente eran reportadas como la parte más acida. Ahora lo es la parte alta de humedal, presentando el menor promedio la estación E. Este comportamiento está directamente relacionado con el

incremento de los procesos de descomposición de materia orgánica y en consecuencia la liberación de ácidos (Maine *et al.* 2005).

En cuanto a la conductividad, se han presentado incrementos importantes. Es así como la estación F, antes era la zona con mayor mineralización y actualmente este parámetro registró mayor valor hacia la parte media y luego tiende a decrecer al pasar por el flujo del humedal, obteniendo sus mínimos registros en la estación A. De acuerdo a lo señalado por Chapman y Kimtsach (1992), quienes establecen que a mayor nivel de conductividad, más altos los contenidos de sales, se puede inferir que el humedal ha optimizado su importante papel en la remoción de estas sales especialmente en la parte baja antes de depositar sus aguas en el río Bogotá.

La moderada carga de DBO en la parte media del humedal fue un factor común en los estudios realizados hasta la fecha. Sin embargo es de notar un considerable incremento en las concentraciones de este parámetro, pasando en promedio de 17 a 87.21 mg/ l. Este aumento acelerado denota un elevado deterioro en la calidad hídrica y refleja una posible oxidación de la materia nitrogenada a nitratos, lo que resulta en una alta contaminación. Si se tiene en cuenta los procesos de anaerobiosis, significa que si sigue aumentando la DBO, se consumiría más oxígeno del agua, haciendo más críticos los procesos relacionados con condiciones anóxicas, como la flotación de lodos en la superficie y la generación de olores insoportables. Lo que no solo va en detrimento del ecosistema sino de los asentamientos humanos aledaños.

Los estudios llevados a cabo hasta la fecha en el humedal Jaboque coinciden en señalar la zona media como la de mayores concentraciones de sólidos y nutrientes, especialmente en cuanto los nitratos, amonio y ortofosfátos. Este resultado puede estar influenciado, excluyendo los vertimientos de contaminantes, por la solubilización de estos nutrientes en condiciones anóxicas, lo cual conlleva al desarrollo de eutroficación endógena (Aldous *et al.* 2005).

Muy seguramente ha contribuido a estos incrementos la generación de condiciones reductoras que permiten la liberación de nutrientes, la proliferación de bacterias anaeróbicas y la aparición de efectos indeseados para la salud ambiental y humana. De otra parte el incremento de sólidos, especialmente en la zona media, se ha

agudizado sobretodo en la estación C potenciado por el vertimiento directo de lodos, denotando una acelerada colmatación del sistema.

En síntesis desde la ejecución de las obras de construcción y funcionamiento del ENCOR (en el aspecto fisicoquímico) se ha presentado una reducción de los valores de conductividad y el volumen de nutrientes en la zona baja del humedal, lo que se puede relacionar a la disminución de descargas que actualmente son desviadas hacia la PETAR del salitre.

De otra parte, debe tomarse en consideración un posible aumento en la capacidad del humedal en la remoción de nutrientes y sales, lo cual pudo ser influenciado directamente por el fenómeno de El Niño, porque al no presentarse incrementos significativos en la precipitación, el río Bogotá no aportó aguas al humedal contribuyendo a los resultados encontrados.

En la parte biológica (Tabla 9), los estudios basados en fitoplancton, realizados por Álvarez y Yepes (2005) y Arcos y Gómez (2006) durante un ciclo anual de precipitación, no registran patrones estacionales, lo cual es adjudicado a la inestabilidad hidrodinámica a causa de la intervención humana. De otra parte, Sierra (2006), trabajo en un solo periodo climático diatomeas actuales y también a nivel paleoecológico. Estos trabajos reportan en común los mayores niveles de riqueza en la parte baja del humedal y en la parte media los menores.

Álvarez y Yepes (2005) y Sierra (2006), coinciden en que los taxones *Nitszchia palea* y *Gomphonema parvulum* presentaron una considerable distribución y abundancia. Sin embargo, en el último estudio referido se reporta *Achnanthes hungarica* como la especie más representativa en el humedal desde un pasado lejano. En este estudio los taxones mencionados también se encontraron como los mayormente distribuidos, con abundancias importantes. Igualmente es persistente la falta de patrones influidos por la precipitación.

En lo que difieren los estudios antes mencionados con respecto al presente trabajo es en el comportamiento opuesto en cuanto la distribución de la riqueza y la diversidad. Para este estudio la mayor diversidad se encontró en la parte media (siendo mayor en la estación C), seguida por la estación A y a esto se le suma un drástico cambio en el

comportamiento de la estación B (la zona más próxima a la zona que el ENCOR atraviesa por debajo el humedal), que paso de ser una de las más ricas y diversas a presentar la mayor dominancia y por tanto las menores equidad y diversidad.

El incremento de la diversidad y riqueza en la parte media puede responder a que esta zona, al ser la más crítica del humedal, registra una alta carga de nutrientes ofreciendo condiciones propicias para que ocurra una disminución en la herbívora por parte del zooplancton, favoreciendo la dispersión y abundancia de las especies fitoplanctónicas y perifíticas (Sondergaard *et al.* 2003; Chukwuka y Uka 2007).

En ambientes con enriquecimiento de nutrientes pueden darse aumentos de la diversidad y uniformidad en la comunidad en comparación con sistemas con menor carga de nutrientes (Marcus 1980), lo cual es coincidente con lo encontrado en las estaciones C y D que registraron respectivamente a nivel general la mayor diversidad y equidad. Con base en las abundancias registradas en la zona media se ratifica el alto contenido de nutrientes, ya que de acuerdo con Whitmore (1989) y Stoermer y Andresen (1992), cuando hay aumento en las abundancia de las diatomeas, se presenta normalmente un incremento de nutrientes.

El conjunto de situaciones planteadas anteriormente explican el comportamiento de la parte media del humedal. Sin embargo, al analizar lo ocurrido a nivel fisicoquímico en la parte baja, específicamente en la estación B, no se registran cambios importantes en las variables evaluadas en los diferentes estudios que expliquen la fuerte dominancia de *Achnanthes hungarica* y la mínima abundancia de las especies acompañantes. Entre tanto, el análisis de similaridad relacionó el sitio B más con la parte media del humedal que con la estación A. Estos dos sitios, a pesar de ser aledaños, presentaron comportamientos opuestos en cuanto sus patrones de diversidad. Al procurar explicar la razón de estos resultados con las características del hábitat, se encuentra que a pesar de que el sitio B durante todo el estudio registró densas extensiones de *Lemna gibba*, no se justifica la baja diversidad ya que como ha sido señalado en la literatura, las diatomeas son tolerantes a bajos niveles de luz y por tanto esta cobertura no puede constituirse como un posible limitante. Por lo contrario este grupo se favorece al disponer de sustratos para su colonización (Roldán y Ramírez 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, este comportamiento probablemente es ocasionado por factores no evaluados en los diversos estudios adelantados en el humedal, como metales pesados y otros componentes en los sedimentos, u otros factores. Además, al considerar que la especie dominante es mesotrófica, con tolerancia intermedia de acuerdo a los rangos encontrados por Castro (2009), el factor que haya alterado la estructura de la comunidad en esta zona no debe estar relacionado con ambientes hipertróficos.

A pesar de no poderse determinar la causa, es claro que el sitio B refleja un evento que ha modificado completamente el ensamble y estructura de la comunidad de diatomeas, lo cual podría estar relacionado con la intervención de los sustratos sedimentarios motivada por la ejecución del proyecto ENCOR considerando su proximidad. Sin embargo se hace necesario adelantar futuras investigaciones que permitan esclarecer qué está ocurriendo en la zona y si estos efectos son localizados o residuales por la construcción del ENCOR.

Tabla 9. Variación del componente biológico antes de después de la ejecución y puesta en marcha del interceptor Engativa-Cortijo (ENCOR).

ITEM Álvarez y Yepes (2005), Arcos y Gómez (2006), Sierra (2006)	ANTES	DESPUES	RAZÓN POSIBLE
•Variabilidad (precipitación)	No	No	Fenómeno del niño
•Mayor diversidad y riqueza	Parte baja (A-B)	Parte media (C)	Enriquecimiento de nutrientes: ✓↓herbívoria (Sondergard et al. 2003, Chukwuka y Uka 2007) ✓↑ Diversidad y uniformidad (Marcus 1980) ✓Mayor abundancia (Whitmore 1989, Stoermer & Andersen 1992)
•Menor diversidad y riqueza	Parte media (C-D)	Parte baja (B)	•Efectos localizados y/o residuales a la construcción del ENCOR •Intervención de sedimentos
• Sp mayor distribución y abundancia	*N. palea* *G. parvulum* *A. hungarica*	*A. hungarica*	✓Tolerantes a contaminación ✓relacionados con altos vertimientos (Round *et al.* 1991; Stoermer y Smol 2004)
•Géneros con mayor distribución y riqueza	*Nitzschia* *Achnanthes*	*Nitzschia* *Gomphonema*	

Otra variación encontrada con respecto al estudio de Sierra (2006), ha sido la disminución en la riqueza del genero *Achnanthes*, el cual actualmente fue

reemplazado por los géneros *Gomphonema y Pinnularia*, mientras que *Nitszchia* continuó invariable como el género con mayor riqueza. Es probable que este cambio corresponda a un mayor detrimento del sistema, puesto que los géneros que actualmente presentan mayor riqueza se han relacionado con altos vertimientos de aguas de origen doméstico e industrial (Round *et al.* 1991; Stoermer y Smol 2004).

5.4. Jaboque y otros humedales de la sabana de Bogotá

Castro (2009) realizó una evaluación trófica en cinco humedales de Bogotá, incluyendo el humedal Jaboque. Para este sistema en particular reportó condiciones que difieren mucho del presente estudio, debido a que solo tomó un punto de muestreo. Este corresponde a la zona que presenta mayor intervención debido a las actividades encaminadas a un mejoramiento paisajístico realizado por la fundación ADESSA. En este sitio hay remoción permanente de lodos y plantas flotantes acuáticas, lo que ha permitido la formación un considerable espejo de agua y por medio de dragados se ha aumentado paulatinamente su profundidad.

A estas condiciones modificadas se le puede atribuir la diferencia de todos los estudios previos mencionados anteriormente con respecto al trabajo de Castro (2009), quien midió altas concentraciones de oxígeno disuelto (siendo inclusive superior a los demás humedales evaluados en su estudio), baja conductividad y reducida DBO_5, un pH promedio de 8 y además de concentraciones mínimas de nutrientes. Estos son algunos de los parámetros que reflejan la gran transformación del sistema en esta zona y motivan la divergencia en los resultados.

Al tomar en consideración los resultados registrados por Castro (2009) en los demás humedales de la sabana y las condiciones del humedal Jaboque halladas en el presente estudio, se podría relacionar más a Jaboque a humedales como Juan Amarillo, Tibaníca y Guaymaral, los cuales se caracterizaron por sus bajas concentraciones de oxígeno disuelto, niveles altos de nutrientes, elevada conductividad y altos sólidos. La composición de la comunidad de diatomeas en dichos humedales no se especifica en el mencionado trabajo, por lo cual no se pueden establecer patrones.

Hernández *et al.* (2005) hacen una recopilación de la información disponible sobre los humedales y registraron altos niveles de DBO, los cuales oscilaron entre 1.020 y 44 mg/l, en orden descendente corresponden a: Córdoba, Torca, El Burro, Techo, Jaboque, Capellanía, Santa María del Lago y La Conejera. Todos los humedales presentaron altas demandas biológicas lo que corresponde más al caudal de aguas residuales que reciben y a la matriz urbana en que se encuentran, que a procesos naturales. Al comparar lo encontrado por Hernandez *et al.* (2005) para Jaboque (183 mg/l), con el promedio general obtenido en este estudio (87.21 mg/L), seria obvio inferir una recuperación en el sistema. Sin embargo, en dicho informe no se menciona el sitio y diseño de muestreo, así que no se puede establecer una comparación. Pero si es claro que los humedales de la sabana registran avanzados procesos de contaminación.

Rojas (2005), hizo una evaluación en un solo periodo climático (época seca), de los humedales Guaymaral, Santa María del Lago y Tibaníca. Señalo que los géneros *Nitzschia* y *Gomphonema*, fueron los mejor distribuidos y de mayor riqueza, en los tres sistemas. Esto es común al humedal Jaboque para este estudio. La tendencia está influenciada por la tolerancia de estos géneros a resistir altos niveles de contaminación, factor característico en los humedales inmersos en la ciudad de Bogotá.

Aunque son pocos los trabajos publicados basados en diatomeas y el comportamiento limnológico, llevados a cabo en la capital, es evidente que debido a la presión antropogénica, lo común en los sistemas allí ubicados es que presenten niveles considerables de alteración, así como la modificación de sus sistemas hidráulicos. Lo anterior se ve reflejado en sus altos niveles de nutrientes, aguas que tienden a la anoxia, procesos acelerados de colmatación, altos niveles de dominancia y el establecimiento de taxones cosmopolitas tolerantes a la contaminación.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Como producto de este trabajo se obtuvo un inventario de la diatomoflora del humedal consistente en 59 especies, 28 géneros y 29 taxones determinados a genero-tipo y 2 morfotipos. Del total de los taxones 34 fueron comunes en los siete sitios de muestreo.

- El humedal Jaboque mostró variación a nivel espacial, expresado en una zonación donde la parte alta y baja del humedal corresponden a condiciones mesotróficas, mientras que en la zona media se llega incluso a la eutrofia. Esta variación entre la parte media y baja hace visible la capacidad de remoción del humedal, resaltándose el importante papel del sistema en el manejo de sedimentos, exceso de nutrientes y otros contaminantes.

- La comunidad de diatomeas se caracterizo por presentar pocos taxones con altas abundancias, siendo *Achnanthes hungarica* la especie dominante en la mayor parte del humedal y los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Pinnularia* los más ampliamente distribuidos y con mayor riqueza.

- De acuerdo a los análisis estadísticos aplicados es notoria la marcada influencia de los sólidos, con un rol menor la disponibilidad de nutrientes y la DBO como factores modeladores de la distribución y abundancia de los taxones, lo que se muestra incluso en la alternancia de la especie dominante según cambian las condiciones del sistema.

- En el humedal posiblemente se han potenciado procesos de eutroficación debido al uso del suelo en la zona de ronda del humedal, la cual ha sido afectada por la

implementación de obras de infraestructura que han conducido a la modificación hidráulica del humedal, además del avanzado nivel de antropización que se presenta especialmente en la parte media donde la intervención es mayor.

- Este estudio, al ser comparado con otros previos a la construcción y posterior funcionamiento del interceptor ENCOR, hizo evidente dos procesos importantes. Por una parte la comunidad de diatomeas reflejó un disturbio en la parte baja del humedal, manifestado a través de drásticos cambios en los patrones de diversidad. Por otro lado en la parte alta se registró un cambio positivo expresado en el leve incremento de la oxigenación del agua.

6.2. Recomendaciones

- Adelantar investigaciones con diatomeas a nivel específico para evaluar el comportamiento de cada grupo en ambientes de humedal y de esta forma identificar los parámetros a los cuales responden, ya que a pesar de ser clasificados como tolerantes, en este estudio la diversidad y abundancia se vio afectada por factores particulares, razón que hace necesario verificar si la tendencia encontrada en esta investigación corresponde a un evento local o si se extiende a uno regional.

- Desistir del vertimiento de lodos en la estación C, práctica que responde a medidas de manejo en otras zonas del humedal, hecho que se hace prioritario, puesto que este sitio es el que presenta la condición más crítica y requiere urgentemente de medidas de amortiguación.

- Se sugiere evaluar la dinámica de los nutrientes en el humedal, cuya finalidad sea generar criterios y estrategias eficientes que permitan una optimización en las actividades encaminadas a la restauración ecológica del sistema, así como el entendimiento de sus procesos bioquímicos. Anexo a esto es relevante estudiar la capacidad de remoción que tiene el medio y sus factores modeladores.

- Es relevante realizar estudios en diversos campos para esclarecer el evento que ha modificado los patrones de diversidad en la estación B, así como determinar si las obras o el funcionamiento del ENCOR han influido sobre la actual composición de diatomeas en este sitio.

7. Bibliografía

ALDOUS, A., P. McCORMICK., C. FERGUSON., S. GRAHAM y C. CRAFT. 2005. Hydrologic reime controls soil phosphorus fluxes in restoration and undisturbed wetlands. Restoration Ecology. 13 (2): 341-347.

ALMEIDA, S. F. y M. C, GIL. 2001. Ecology of freshwater diatoms from the central region of Portuga1. Cryptogamie Algologie, 22 (1):109-126.

ALMEIDA, S.F. 2001. Use of diatoms for freshwater quality evaluation in Portugal. Limnetica 20(2): 205-213.

ALVAREZ, J. 2003. Caracterización limnológica de humedal de Jaboqué. Informe final proyecto: Capacitación en recursos ambientales utilizando como modelo los humedales de Engativá. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Ciencias Naturales – Alcaldía local de Engativá.

ALVAREZ, J y F, YEPES. 2005. Evaluación del estado trófico del humedal de Jaboqué: Análisis espacial y temporal de las características fisicoquímicas del agua y de la comunidad planctónica. En Rangel-Ch., J.O (Compilador). Investigación aplicada en restauración ecológica en el humedal de Jaboqué. Convenio Acueducto de Bogotá-Universidad Nacional de Colombia, Informe final, 215-235 pp.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPF) 1995. Standard methods for examination of water and wastewater. 19th edition, Victor Graphics, Baltimore, USA.

ARCOS, M. y A.C. GOMEZ. 2006. Microalgas perifiticas como bioindicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboqué, Bogotá D.C., Colombia NOVA, Vol. 4 (6): 60-79.

ASPRILLA, S., J.J. RAMÍREZ y G. ROLDAN. 1998. Caracterización limnológica de la ciénaga de Joutaudó (Chocó, Colombia). Actualidades Biológicas. 20: 87-107.

BORT, S., C. ROJO, M.A. RODRIGO y N. MAIDANA. 2005. El fitoplancton de Lagunas de Ruidera (Parque Natural, Ciudad Real, España). Limnetica, 24(1-2): 33-46.

CASTELLANOS, L. y J.C. DONATO. 2004. Disturbios naturales y sucesión de diatomeas en un río andino (Tota, Boyacá, Colombia). Acta Biológica Colombiana, Vol. 9 No. 2, 2004.

CASTRO, D. 2009. Desarrollo de un índice de diatomeas perifíticas para evaluar el estado de los humedales de Bogotá. Tesis de grado. Maestría. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.

CHAPMAN, D. y V. KIMTSACH. 1992. Selection of water quality variables. En: D. Chapman (ed.). Water quality assessments. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization, United Nations Environment Programme, E y FN Spon, Londres. Pp. 59-126.

CHARLES, M. 1993. Remoción de los compuestos nitrogenados en un sistema piloto de estabilización. Tesis de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniera. División de postgrado.

COLE, J.A. y C. BROWN. 1980. Nitrate reduction to ammonia by fermentative bacteria: a short circuit in the biological nitrogen cycle. FEMS Microbiology Letters, 7, 65-72.

COSTE, M. 1986. Les methodes microfloristiques d'evaluation de la qualite des euux. Cemagref, Bordeaux. 25 pp.

DAVIS, T.J., D. BLASCO, y M. CARBONEL. 1996. Manual de la convención de Ramsar. Una guía- a la convención sobre los humedales de importancia internacional. Convención Ramsar y Ministerio del Medio Ambiente de España.

DESCY, J P. y M. COSTE. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verh. Internat. Yerein. Limnol.,* 24: 21 12 - 21 16.

DIAZ, C. y C.A. RIVERA. 2004. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. Caldasia 26(2): 381-394.

DONATO, J.C., 1991. Fitoplancton y aspectos físicos y químicos de la Laguna de Chingaza en Cundinamarca. Colombia. Caldasia 16 (79): 489-500.

DONATO, J.C., L.E. GONZÁLEZ y C.L. RODRÍGUEZ. 1996. Ecología de dos sistemas acuáticos de Páramo. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Javier Álvarez Lleras 9, Bogotá, Colombia.

DONATO, J. 2001. Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica (Colombia). Composición y factores de distribución. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales., Colección Jorge Álvarez Lleras 19, 1 – 232.

DONATO, J. 2010. Phytoplankton of Andean Lakes in Northern South America (Colombia). Diatom Monographs Vol. 11. 185 pp.

DUQUE, S.R. 1998. Estudio de humedales en la Amazonia Colombiana. En: Guerrero, E (ed). Gestión de humedales en Colombia. Fondo FEN Colombia – UICN. Santa Fé de Bogotá. 73-91pp.

EAAB. 2004. Interceptor Engativa - El Cortijo: Informe hidráulico, producto nro. 3. SIR.

EHRENBERG, C.G. 1841. Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd - und Nord-Amerika. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin,S.139-144.

FLORES, F. 2002. Procesos ecológicos en humedales. Capitulo 5. En: F. J. Abarca y M. Herzig (eds.). Manual para el manejo y la conservación de los

humedales de México. Tercera edición. Publicación especial bajo colaboración de la Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, Arizona Game and Fish Department, North American Wetland Conservation Act, U.S. Fish and Wildlife Service.

FORE, L.S. y C. GRAFE. 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.). Freshwater Biology 47, 2015–2037.

GHOSH, M. y J.P. GAUR. 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton comunities. Aquatic Botany 60: 1-10.

GOLD, C., A.F. MAZELA, M. COSTEB y A. BOUDOU. 2002. Field transfer of periphytic diatom communities to assess short-term structural effects of metals (Cd, Zn) in rivers. Water Research 36: 3654–3664.

GÓMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA-DAMA. 1995. Plan de manejo ambiental y control de la contaminación en el humedal Jaboqué. Anexos Temáticos – Análisis ecológico del sistema. Volumen VI (primera revisión). Santa Fe de Bogotá.

GONZALÉZ, C. 2005. Determinación del efecto de la remoción de la capa superficial de materia orgánica y macrófitas asociadas sobre la sucesión del plancton en limnocorrales ubicados en el humedal de Jaboqué. En Rangel-Ch., J.O (Compilador). Investigación aplicada en restauración ecológica en el humedal de Jaboqué. Convenio Acueducto de Bogotá-Universidad Nacional de Colombia, Informe final, 488-520 pp.

HAMMER, D. A. y P.D, RYAN. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. Paleontología Electrónica 4(1): 9 pp. Disponible en http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HENAO de U.A. 1987. El disco secchi y el estado trófico. Ainsa 12: 67-79.

HERNÁNDEZ, E., N.J. AGUIRRE y J.A. PALACIO. 2005. Variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de algas perifiticas en la microcuenca de la quebrada la vega, municipio de San Roque (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas* 27(82): 67-77.

HERNANDEZ, C., H. ARGÜELLO y J. NATES. 2005. “Componente Físico, Componente Ecológico, Problemática Ambiental, Valoración del Humedal y Evaluación” en el “Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica”. Secretaria del Medio Ambiente e IDEA. Bogotá, Colombia. Disponible en http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/php/decide.php?patron=03.131303

HERNANDEZ, J y J. RANGEL. 2009. La vegetación del humedal Jaboqué (Bogotá, D.C). Caldasia 31 (2): 355 – 379.

IEH/GRUCON LTDA-EAAB 1999. Actualización y complementación de los diseños del sistema de drenaje pluvial y sanitario. Jaboqué II-Estudio del Impacto Ambiental.

INGERSOLL, T.L y L.A, BAKER. 1998. Nitrate removal in wetland microcosms. Water research 32 (3): 677-684.

KADLEC, R. H. y R.L. KNIGHT. 1996.Treatment Wetlands. CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 893 pp. Transformactions of Nutrients in Natural and Construted Wetlands. Editado por Jan Vymazal. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2001.

KELLY, M.G., y B.A.WHITTON. 1995. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. Journal of Applied Phycology. 7, 433–444.

KOLKWITZ, R. y M. MARSON. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 26a:505–519.

KRAMMER, K y H. LANGE-BERTALOT. 1991. SËßwasserflora von Mitleleeuropa. 3Teil: centrales, fragilariceae, eunotiaceae. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart.

KRAMMER, K. y H. LANGE-BERTALOT. 1986. SËsswasserflora von Mitleleeuropa. Bacillariophyceae, Teil 1: Naviculaceae. Gustav Ficher Verlag.

KRAMMER, K. 1997. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema part. Bibliotheca Diatomologica Band 36. J. Cramer, Stuttgart. 382 pp.

LANGE BERTALOT, H. 1979. Pollution and tolerance of diatoms as criterion of water quality estimation. Nova Hedwigia, 64: 285-304.

LANGE-BERTALOT, H. 1993. 85 new taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to SËßwasserflora von Mitleleeuropa. Vol. 2. J. Cramer. Berlins Stuttgart.

LANGE-BERTALOT, H. 1995a. Iconographia diatomologica, annotated diatoms micrographs. Vol. 1. Taxonomy. Koeltz Scientific Books.

LANGE-BERTALOT, H. 1995b. Iconographia diatomologica, annotated diatoms micrographs. Vol. 6. Phytogeographtdiversity-Taxonomy. ARG. Gantner Verlag K.G.

LANGE-BERTALOT, H. 1998. Iconographia diatomologica, annotated diatoms micrographs. Vol. 5. Diversity-Taxonomy-Geobotany. Koeltz Scientific Books

LANGE-BERTALOT, H 2000. Iconographia diatomologica, Volume 9. Diatoms of the Andes. Koeltz Scientific Books. A.R.G GanterVerlag K.G.

LANGE-BERTALOT, H 2007. Iconographia diatomologica, Volume 18. Tropical diatoms of SouthAmerica II. Koeltz Scientific Books. A.R.G GanterVerlag K.G.

LANGE-BERTALOT, H. y G. MOSER. 1994. Brachysira. Monographie der Gattung. Wichtige Indikator –Species für das Gewässer- Monitoring und Naviculadicta nov. gen. Bibliotheca Diatomologica Band 29. J. Cramer, Berlin-Stuttgart, Germany.

LANGE-BERTALOT, H., K. KÜLBS, T. LAUSER, M. NÖRPEL- SCHEMPP y M. WILLMAN. 1996. Diatom taxa introduced by Georg Krasske Documentation and Revision. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Volume 3. Koeltz Scientifi Books, Königstein, Germany.

LECLERCQ, L. y B. MAQUET. 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualite d'eau courante. Application au Samson et a ses affluents. Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocenotiques et diatomiques. Inst. Roy. Sc. Natur: Belg., Documents de Travail, 38: 11 3 pp.

LECOINTE, C., M. COSTE y J. PRYGIEL, 2003. Omnidia 3.2. Diatom Index Software Including Diatom Database with Taxonomic Names, References and Codes of 11645 Diatom Taxa.

LEIRA, M. y S. SABATER. 2005. Diatom assemblages distribution in catalan rivers, NE Spain, in relation to chemical and physiographical factors. Water Research 39: 73–82.

LOBO, E.A., V.L. CALLEGARO, M.A. OLIVEIRA, S.E. SALOMONI, S. SCHULER y K. ASAI. 1996. Pollution tolerant diatoms from lotic systems in the Jacu´ı basin, Río Grande do Sul, Brazil. Iheringia, Serie Botanica 47: 45–52.

LOBO, E.A., V.L.M. CALLEGARO y E.P. BENDER. 2002. Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em rio e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Editora da UNISC. Santa Cruz do Sul. Edunisc. 127p.

LOBO, E. A., V. L. CALLEGARO, G. HERMANY, D. BES, C. E. WETZEL y M. A. OLIVEIRA. 2004. Use of epilithic diatoms as bioindicator from lotic systems in Southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. Acta Limnologica Brasiliensia. Brasil., 16: 25-40.

LOBO, E. A., C. E. WETZEL, L. ECTOR., K. KATOH, S. BLANCO y S. MAYAMA. 2010. Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers. Limnetica, 29 (2): 323-340.

LOBO, L.J. 1983. La base de la ecología. Editorial Fuenlabrada, Acción divulgación S L. Madrid.

LOTOTSKAYA, A.B., F.M. VERDONSCHOT y J.A. SINKELDAM. 2006. Uncertainty in diatom assessment: Sampling, identification and counting variation. Hydrobiologia 566: 247–260.

LOWE, R.L. 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. EPA Report # Epa-6704/74-005, Cincinnat. 333p.

LOZANO, C.G., L.N. PARRA, R.S. MORO y J.J. RAMÍREZ. 1999. Inferencias paleolimnológicas del Holoceno con base en diatomeas en la laguna Puente Largo,

Páramo de Frontino, Antioquia, p. 57-116. In M.T. Flórez y C.G. Lozano (eds.). Silicofósiles altoandinos. Colciencias, Universidad Nacional de Medellín, Comité de Investigaciones Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

MAINE, M. A., N. SUÑE, H. HADAD y G. SÁNCHEZ. 2005. Spatial variation of phosphorus distribution in sediments of a constructed wetland.In Phosphates in Sediments. Proceedings 4th International Symposium on Phosphate in Sediment .H. L. Golterman y L. Serrano. (eds.): 33-42. Backhuys Publishers. Leiden.

MARCUS, M. 1980. Periphytic community response to chronic nutrient enrichment by a reservoir discharge. Ecology, 61 (2) 387 – 399.

MARGALEF, M. R. (ed.). 1983. Limnología Ed. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 1050 pp.

MARTINEZ, L. y J.C. DONATO. 2003. Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). Caldasia 25(2): 337-354

MASON, C. 1991. Biology of freshwater pollution. John Willey y Sons. Inc New York

MEDINA, H., A. CHACON y M. RENDON. 2005. Dinámica de nutrientes en el humedal lacustre del lago de Pátzcuaro, Michoacán. [en línea]. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Laboratorio de Ecología Acuática, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia [citado el 15 de abril 2011]. Disponible en http://www.uaemex.mx/Red Ambientales/docs/memorias/Extenso/QA/EC/QAC-06.pdf

METZELTIN, D. y H. LANGE-BERTALOT. 1998. Tropical diatoms of South America I. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Vol. V. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany.

METZELTIN, D., H. LANGE-BERTALOT y F. GARCÍA-RODRÍGUEZ. 2005. Diatoms of Uruguay. Iconographia Diatomologica. Volume XV. Königstein, Germany.

METZELTIN, D. y H. LANGE-BERTALOT. 2007. Tropical diatoms of the South America II. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Volume XVIII. Königstein, Germany.

MONTOYA, Y. 1998. Estructura de la comunidad perifítica presente en dos estaciones muestreo en la zona de ritral del Río Medellín, Antioquia, Colombia. Trabajo de grado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

MONTOYA M.Y y J.J RAMIREZ. 2007. Variación estructural de la comunidad perifítica colonizadora de sustratos artificiales en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. Rev. Biol. trop. [online], vol.55, no.2.[citado 04 noviembre 2009], p.585-93. Disponible en http://www.vinv.ucr.ac.cr/latindex/rbt-55-2-2007/19-Montoya-Variacion.pdf

MONTOYA, Y. y N. AGUIRRE. 2008. Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical Colombiana. Hidrobiológica 18 (3): 189-198.

MONTOYA, Y., J.J. RAMIREZ y R. SEGENCIN. 2008. Diatomeas perifíticas en la zona ritral del río Medellín (Antioquia), Colombia. Actualidades Biológicas 30 (89): 181-192.

MORA, M y S**.** TELLEZ. 1991. Estudio limnológico del lago de Tota (Boyacá - Colombia). Tesis de grado, Biología. Universidad Nacional de Colombia, Bogota.105 pp.

MORENO, L.F. 1989. Colonización del perifiton en tres embalses del oriente antioqueño. Disertación de Maestría. Universidad de Antioquia, Medellín,Colombia.

O'FARRELL, I., P. DE TEZANOS PINTO., P. RODRÍGUEZ., G. CHAPARRO y H. PIZARRO. 2008. Composición y Diversidad funcional fitoplanctónica en el humedal de Otamendi (llanura de inundación del Río Paraná) en relación a las principales variables ambientales modeladoras. En: Influencia de las macrófitas flotantes en la comunidad fitoplanctónica en un humedal del bajo paraná (reserva natural de otamendi, argentina). Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires. Disponible en www.digital.bl.fcen.uba.ar

OLIVA M.G., J.G. RAMIREZ, G. GARDUÑO., J. CAÑETAS y M. ORTEGA. 2005. Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec – Ixtlahuaca, Estado de México. Hidrobiológica, 15 (1): 1 – 26.

ONGLEY, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO riego y drenaje. Canadá Centre for Inland waters. Canadá 36 pp.

OYARZÚN, C y A, HUBER. 2003. Nitrogen export from forested and agricultural watersheds of southern Chile. Gayana Botanica 60 (1): 63-68.

PAN, Y., R.J. STEVENSON, B.H. HILL, y A.T. HERLIHY. 2000. Ecoregions and benthic diatom assemblages in Mid-Atlantic Highlands streams, USA. J. N. Am. Benthol. Soc. 19, 518–540.

PATRICK, R.R., y C.W. REIMER. 1975. The Diatoms of the United States, Vol. 2, Part 1, Monograph 13. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 213p.

PETERSON, C. G. y R. J. STEVENSON. 1990. Post-spate development of epilithic algal communities in different current environments. Canadian Journal of Botany 68:2092-2102.

PIELOU, E. C. 1966. Species Diversity And Pattern Diversity In The Study Of Ecology Of Ecological Succession. Journal of Theoretical Biology. 1966 10 (2) 370-83.

PLATA, Y. 2000. Distribución horizontal, biomasa y productividad primaria de la comunidad fitoplantónica de la ciénaga de Chucurí (Santander, Colombia). Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

PLATA, Y., J.C. DONATO y R. GAVILAN. 2000. Diatomeas y gradientes tróficos en ríos de bajo orden en Santander. Resumenes del V seminario colombiano de limnologia. Leticia, Colombia.

PORTER, S. D., T. D. CUFFNEY, M. E. GURTZ y M.R. MEADOR. 1993. Methods for collecting algal samples as part the National Water-Quality Assessment Program. U.S. Geological Survey Reporte 93-409.

POTAPOVA, M. y D.F. CHARLES. 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. Ecological Indicators 7 (2007) 48–70

PRYGIEL, J. y M. COSTE. 2000. Guide méthologique pour la mise en oeuvre de l`indice Biologique Diatomées NFT 90-354. Etude Agences de l`Eau- Cemagref Bordeaux, mars 2000, Agences de l`Eau, 134 pp. + clés de determination (90 planches couleurs) + cdrom bilingüe français-anglais (Tax`IBD).

RAMÍREZ A.M y Y. PLATA. 2008. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (páramo de Suanturbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. Acta Biológica Colombiana. Vol. 13 No. 1, 199 – 216.

RAMÍREZ, G.A. y V.G. VIÑA. 1998. Limnología Colombiana. BP Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogota, 292 p.

RAMÍREZ, J.J. y T. MACHADO. 1982. Influencia de la precipitación y los ortofosfatos en el fitoplancton de la represa La Fé. Actualidades Biológicas. 11: 3-21.

RAMÍREZ, J.J. y A. DÍAZ. 1994. Caracterización limnológica y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Hoehnea 21: 7-28.

RAMÍREZ, J.J., C.E. BICUDO, G. ROLDÁN y L.C. GARCÍA. 2000. Temporal and vertical variations on the phytoplankton community structure and its relation with some morphometric factors in four colombian reservoirs. Caldasia 22: 108-126.

RAMÍREZ, J. y H. ALCARÁZ. 2002. Dinámica de la producción primaria fitoplanctónica en un sistema eutrófico tropical: Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Caldasia.;24(2):411-423.

RANGEL-CH, J.O, L.N. PARRA y C, GONZALEZ. 2005. (eds). Biodiversidad del humedal Jaboqué hacia su restauración ecológica. Convenio ICN/UNC/EAAB. Investigación aplicada en restauración ecológica en el Humedal de Jaboqué. ISBN. 958-33-8446-1

REICHARDT, E. 1995. Die Diatomeen (Bacillariophyceae) in Ehrenberg´s Material von Cayenne, Guyana Gallica (1843). Koeltz Scientific Books. Germany. 107 pp.

REYNOLDS, C., V. HUSZAR, C. KRUK, L. NASELLI y S. MELO. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research 24: 417-428.

RIVERA, P., O. PARRA, M. GONZALEZ, V. DELLAROSA y M. ORELLANA. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. IV Bacillariopyaceae. Universidad de Concepción. Chile.

ROJAS, M.P. 2005. Evaluación de las diatomeas de la comunidad del perifíton como bioindicadoras en relación al estado trófico de tres humedales en época seca, en Bogotá, Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.

ROLDAN, G y J. RAMIREZ. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

ROTT, E., P. PFISTER, H. VAN DAM, E. PIPP, K. PALL, N. BINDER y K. ORTLER. 1999. Indikationslisten fu¨ r aufwuchsalgen. Wien. Bundesministerium fuer Land - und Forstwirtschaft. Wien, Austria. 248pp.

ROUND, F.E., R.M. CRAWFORD y D.G. MANN. 1991. The diatoms: Biology and morphology of the genera. - Cambridge University Press, Cambridge. 213 pp.

RUMRICH, U., H. LANGE-BERTALOT y M. RUMRICH. 2000. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/ Feuerland Und zwei weitere Beiträge. A.R.G. Gantner K.G., Germany.

SABATER, S. 2000. Diatom communities as indicators of environmental stress in the Guardiamar River, S-W. Spain, following a major mine tailings spill. Journal of Applied Phycology 12(2):113–24.

SALA, S.E., S. DUQUE, M. NUÑÉZ y A. LAMARO. 1999. Nuevos registros de diatomeas (Bacillariophyceae) de la Amazonia Colombiana. Caldasia 21: 26-37.

SALA, S., S. DUQUE, M. NÚÑEZ y A. LAMARO. 2002a. Diatoms from the Colombian Amazonia. Cryptog. Algol. 23: 75-99.

SALA, S., S.R. DUQUE, M. NÚÑEZ-AVELLANEDA y A.A. LAMARO. 2002b. Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus Eunotia (Bacillaryophyceae). Acta Amazon. 32: 589-603. Disponible en http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/32-4/PDF/v32n4a05pdf.

SALA, S., J.J. RAMÍREZ y Y. PLATA. 2008. Diatoms from lentic and lotic systems in Antioquia, Chocó and Santander Departments in Colombia. Rev Biol Trop. Vol. 56 (3): 1159-1178.

SCHMITD, A., M. SCHMIDT, F. FRICKE, H. HEIDEN, O. MÜLLER. y H. HUSTEDT. 1874-1959. Atlas der Diatomaceen Kunde, R. Reisland, Leipzig. 472 p.

SDA. 2007. Control interno a la gestión de residuos de ecosistemas estratégicos y biodiversidad de la secretaria distrital de ambiente. Concepto técnico número número 1185 del 16 de octubre de 2007. Disponible en http://190.27.245.106/BLA/resoluciones/RESOLUCIONES%202007/RES%202007%204001%20AL%204100/RESOLUCION%204065%20DE%202007.pdf.

SHANNON, C y W, WEINNER. 1949. The mathematical of communication. University. Illinois. Urbana. 125pp.

SIERRA, O. y J. RAMÍREZ. 2000. Variación espacio – temporal de biopelículas en la represa La Fe, el Retiro, Antioquia (Colombia). Actualidades Biológicas. 22: 153-168

SIERRA, O.R. y C.A, MONSALVE. 2005. Zonificación trófica del humedal Jaboqué, con base en la familia Bacillariophyceae, Engativá. En Rangel-Ch., J.O (Compilador). Investigación aplicada en restauración ecológica en el humedal de Jaboqué. Convenio Acueducto de Bogotá-Universidad Nacional de Colombia, Informe final, 1-23 pp.

SIERRA, O.R. 2006. Variación espacio-temporal de la familia Bacillariophyceae (diatomeas) en más de 1400 años de evolución del humedal de Jaboqué, Engativa, Cundinamarca. Colombia. Tesis de grado. Maestría. Medellín.

Universidad de Antioquia. Facultad de ciencias exactas y naturales. Instituto de Biología.

SLADECEK, V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 14 (5): 555 - 566.

SOKAL, R. y F. ROHLF. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman. 887 pp. New York.

SONDERGAARD, M., J. P. JENSEN, y E. JEPPESEN. 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. Hydrobiologia 506–509: 135–145.

STEVENSON, R. 1997. Scale-dependent determinants and consequences on benthic algal heterogeneity. Journal of the North American Benthological Society. 16, 248–262.

STOERMER, E.F y N.A, ANDRESEN. 1992. Diatom succession in the recent sediments of Lake Okeechobee, Florida, U.S.A. Diatom research 7: 367-386

STOERMER, E.F. y J.P. SMOL. 2004. The Diatoms Applications for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press. United Kingdom. 482pp

VAN DER HAMMEN, T., G. STILES, L. ROSSELLI,., M. CHISACÁ, G. CAMARGO., G GUILLOT, G. USECHE y D. RIVERA. 2008. Protocolo de restauración y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. Dirección de planeación y gestión ambiental , oficina de ecosistemas estratégicos y biodiversidad. Secretaria Distrital de Ambiente (SDA)

VASQUEZ, C., A. ARIZA y G. PINILLA. 2006. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. Universitas Scientiarum Vol 11, N° 2, 61-75

VÉLEZ, M., M. WILLE, H. HOOGHIEMSTRA, S. METCALFE, J. VANDERBERGHE, y K. VAN DER BORG. 2001. Late Holocene environmental history of southern Chocó region, Pacific Colombia; sediment, diatom and pollen

analysis of core El Caimito. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 173, 197– 214.

VÉLEZ, M.I., H. HOOGHIEMSTRA, S. METCALFE, I. MARTÍNEZ y H. MOMMERSTEEG. 2003. Pollen and diatom based environmental history since the Last Glacial Maximum from the Andean core Fúquene- 7, Colombia. Journal of Quaternary Science. 18, 17– 30.

VÉLEZ, M.I., M. WILLE, H. HOOGHIEMSTRA y S. METCALFE. 2005a. Integrated diatom-pollen based reconstruction of environmental change from Laguna Las Margaritas in the western Colombian savanna area. The Holocene 15, 1184–1198.

VÉLEZ, M.I., J.C. BERRÍO, H. HOOGHIEMSTRA y S. METCALFE. 2005b. Palaeoenvironmental changes during the last ca. 8529 cal yr in the dry forest ecosystem of the Patía Valley. Palaeogeography. Palaeoclimatoogyl. Palaeoecology. Vol. 216, 279– 302.

VÉLEZ, M.I., H. HOOGHIEMSTRA, S. METCALFE, M. WILLE y J.C. BERRÍO. 2006. Late Glacial and Holocene environmental and climatic changes from a limnological transect through Colombia, northern South America. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 234, 81-96.

WATANABE, T., K. ASAI, A. HOUKI, S. TANAKA y T. HIZUKA. 1986. Saprophilous and eurysaprobic diatom taxa to organic water pollution and Diatom Assemblage Index (DAIpo). Diatom, 2, 23–73.

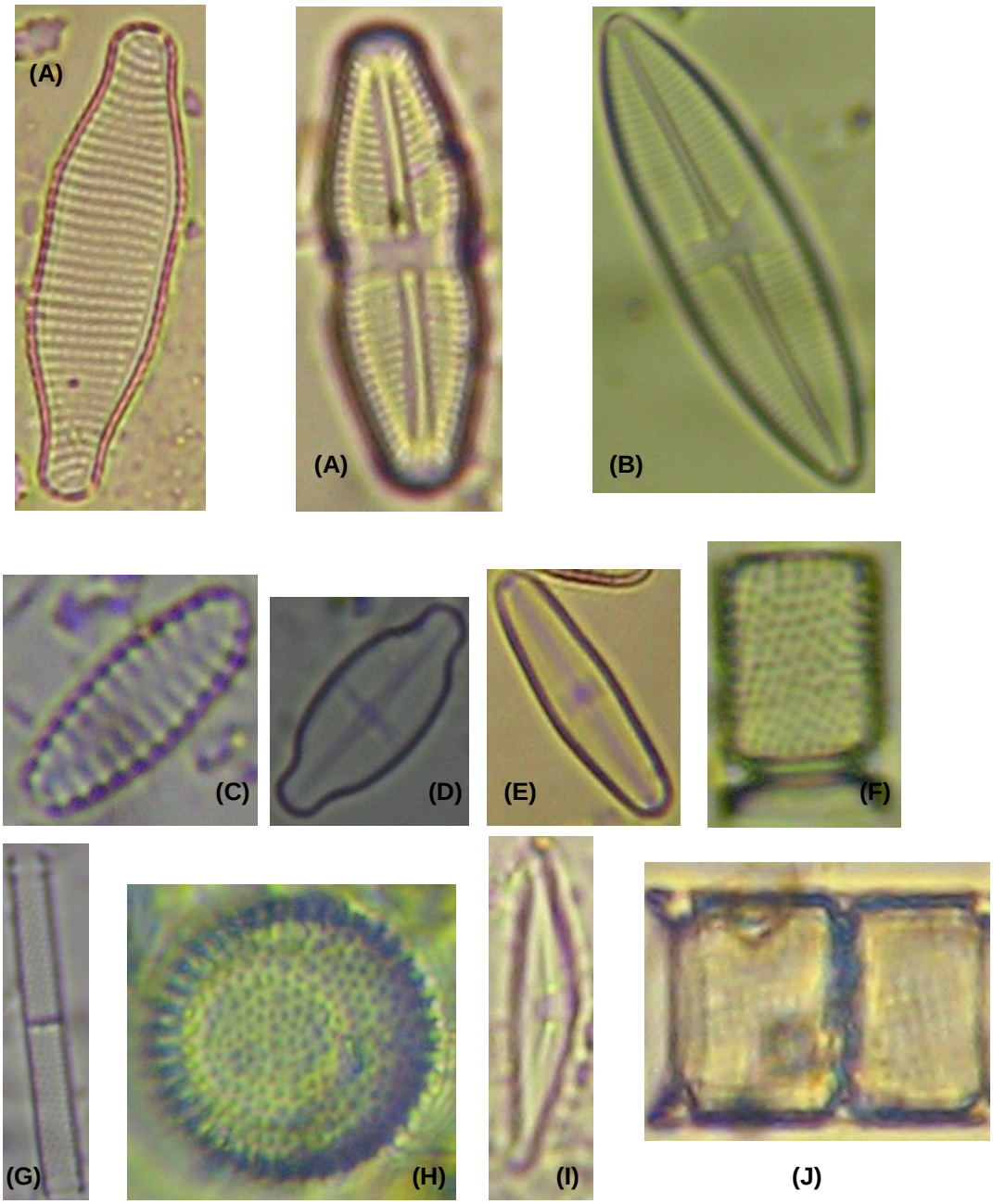
WEILHOEFER, C.L y Y. PAN. 2007. Relationships between diatoms and environmental variables in wetlands in the willamette Valley, Oregon, USA. Wetlands. 27: No. 3.

WHITMORE, T.1989. Florida diatoms assemblages as indicators of trophic state and pH. Limnology and Oceanography 34: 882-895.

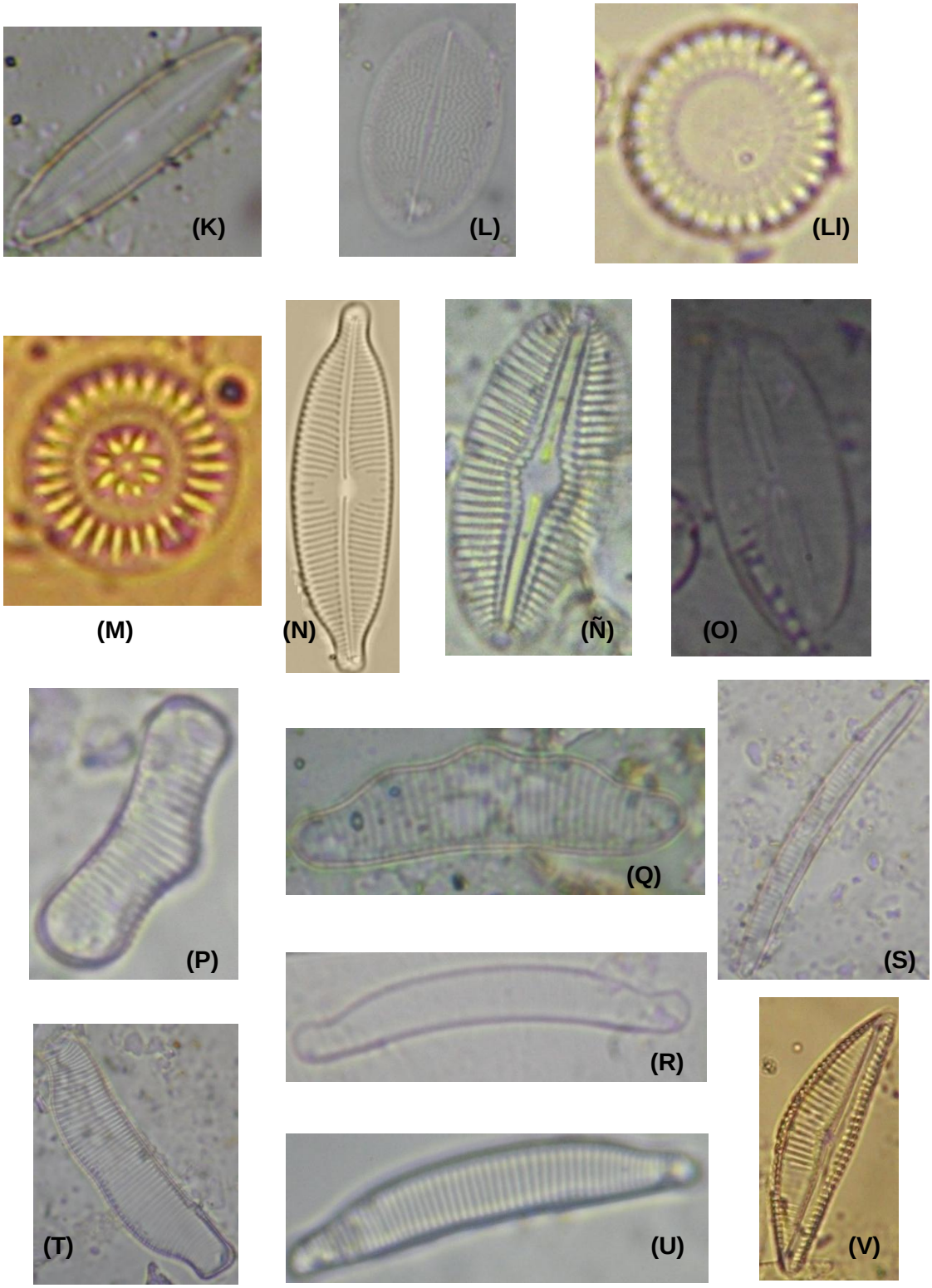
ZAPATA, A.M. y J.C.DONATO. 2005. Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota - Colombia) Limnetica. 24(1-2):327-338.

8. Anexos

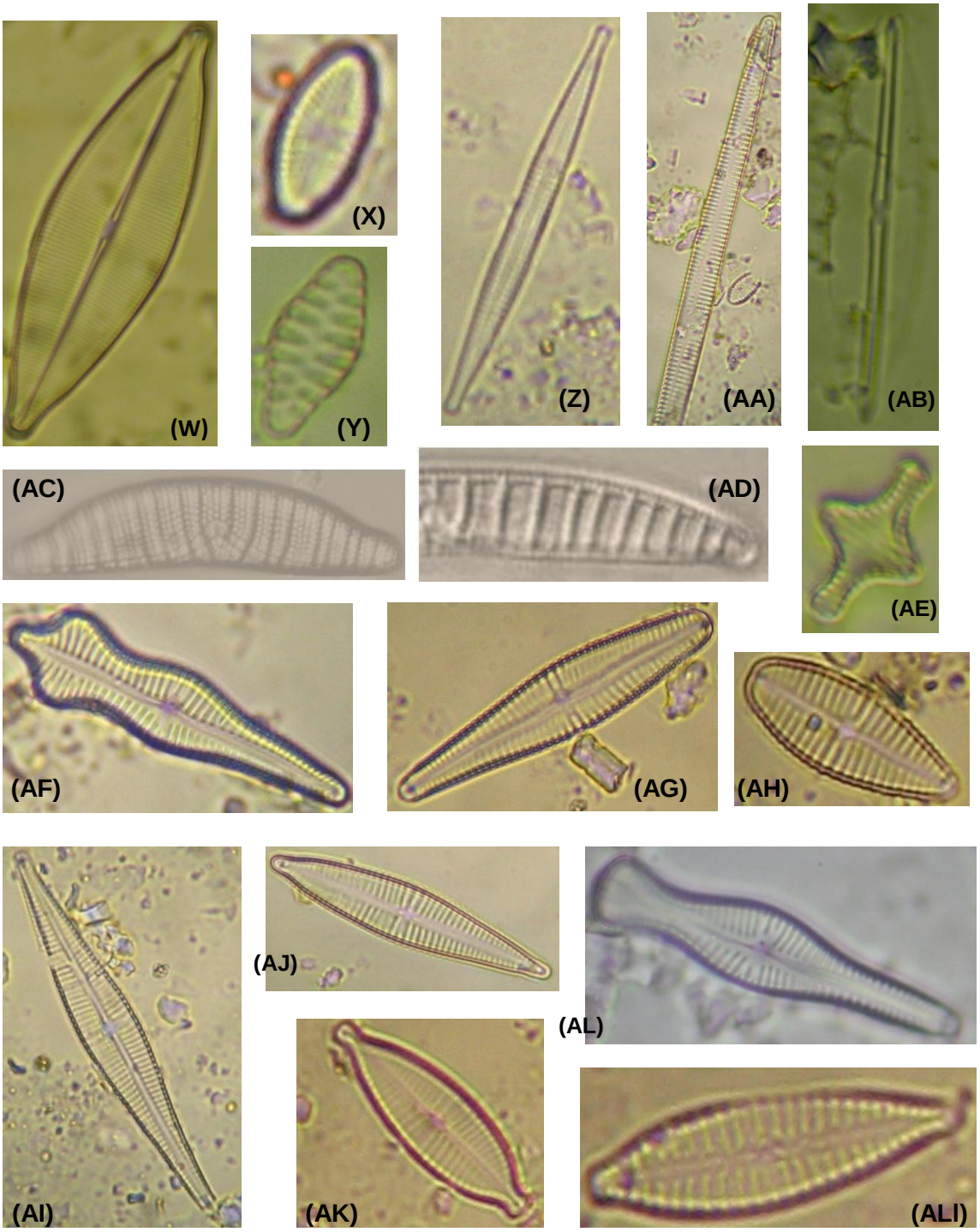
Anexo A. Catálogo fotográfico de las Diatomeas presentes en el Humedal Jaboque



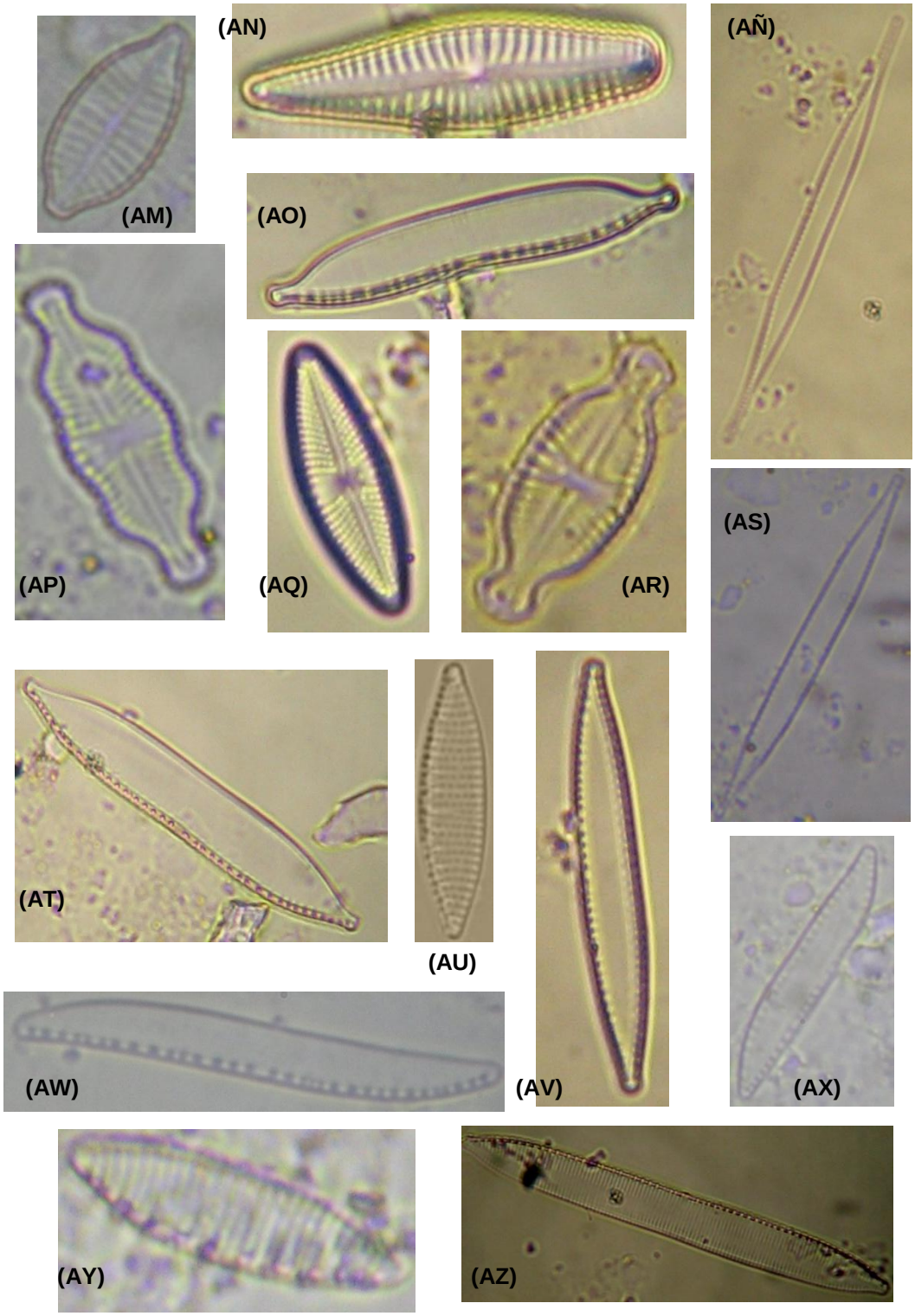
(A) Achnanthes coarctata, (B) *Achnanthes hungarica*, (C) *Achnanthes lanceolata,* (D) *Achnanthes exigua*, (E) *Achnanthidium* cf. *minutissimum*, (F) *Aulacoseira granulata*, (G) *Aulacoseira sp1*, (H) *Aulacoseira sp2,* (I) *Amphora sp1,* (J) *Aulacoseira sp3* (Escala 1µm).



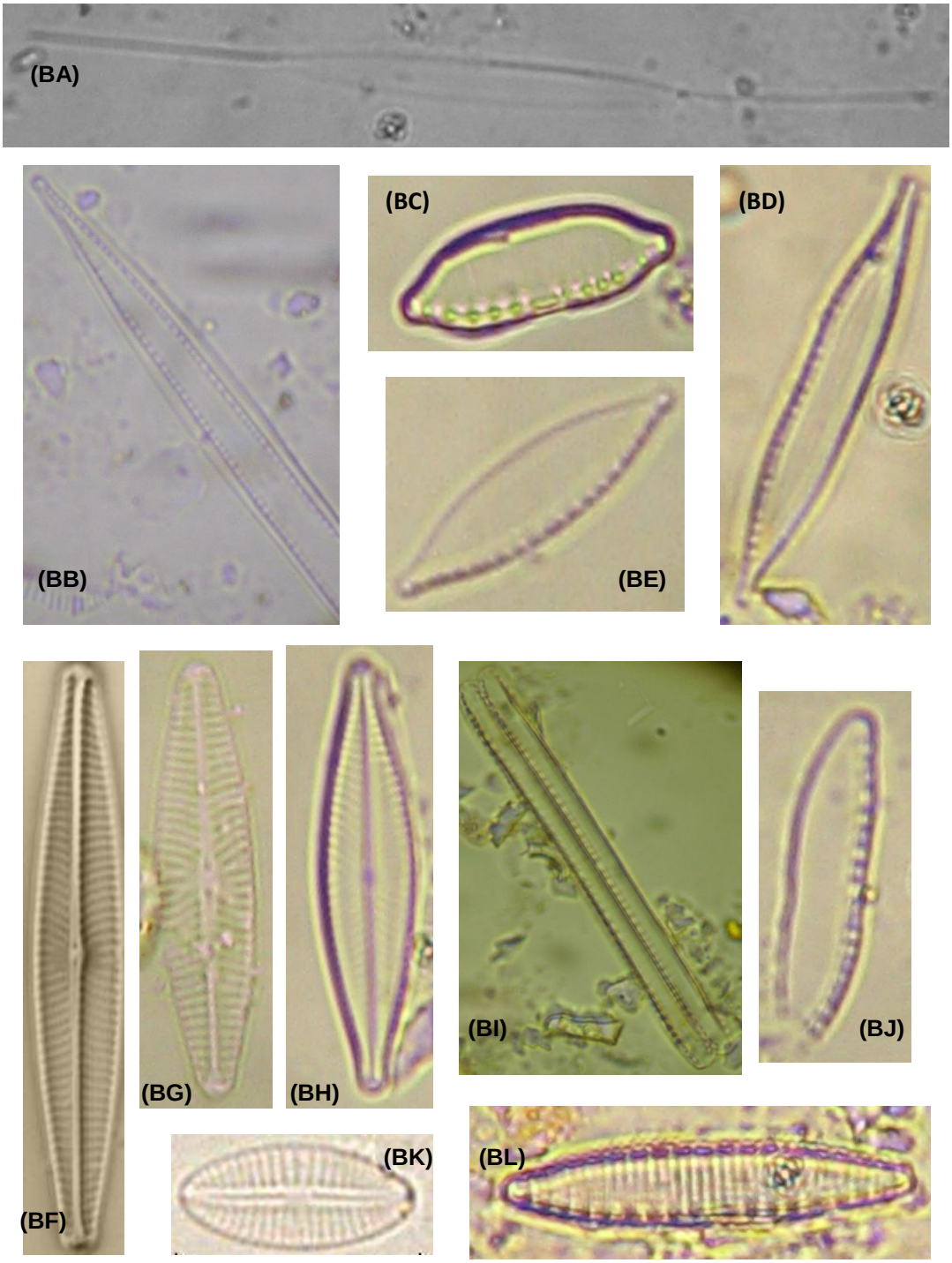
(K) *Caloneis* cf. *bacillum*, (L) *Cocconeis placentula*, (Ll) *Cyclotella meneghiniana*, (M) *Cyclotella stelligera*, (N) *Cymbella* cf. *naviculiformis*, (Ñ) *Diploneis* cf. *elliptica*, (O) *Diploneis sp1*, (P) *Eunotia* cf. *krammeri*, (Q) *Eunotia tridentula*, (R) *Eunotia sp1*, (S) *Eunotia bilunaris*, (T) *Eunotia sp3*, (U) *Eunotia sp3*, (V) *Encyonema sp1* (Escala 1µm).



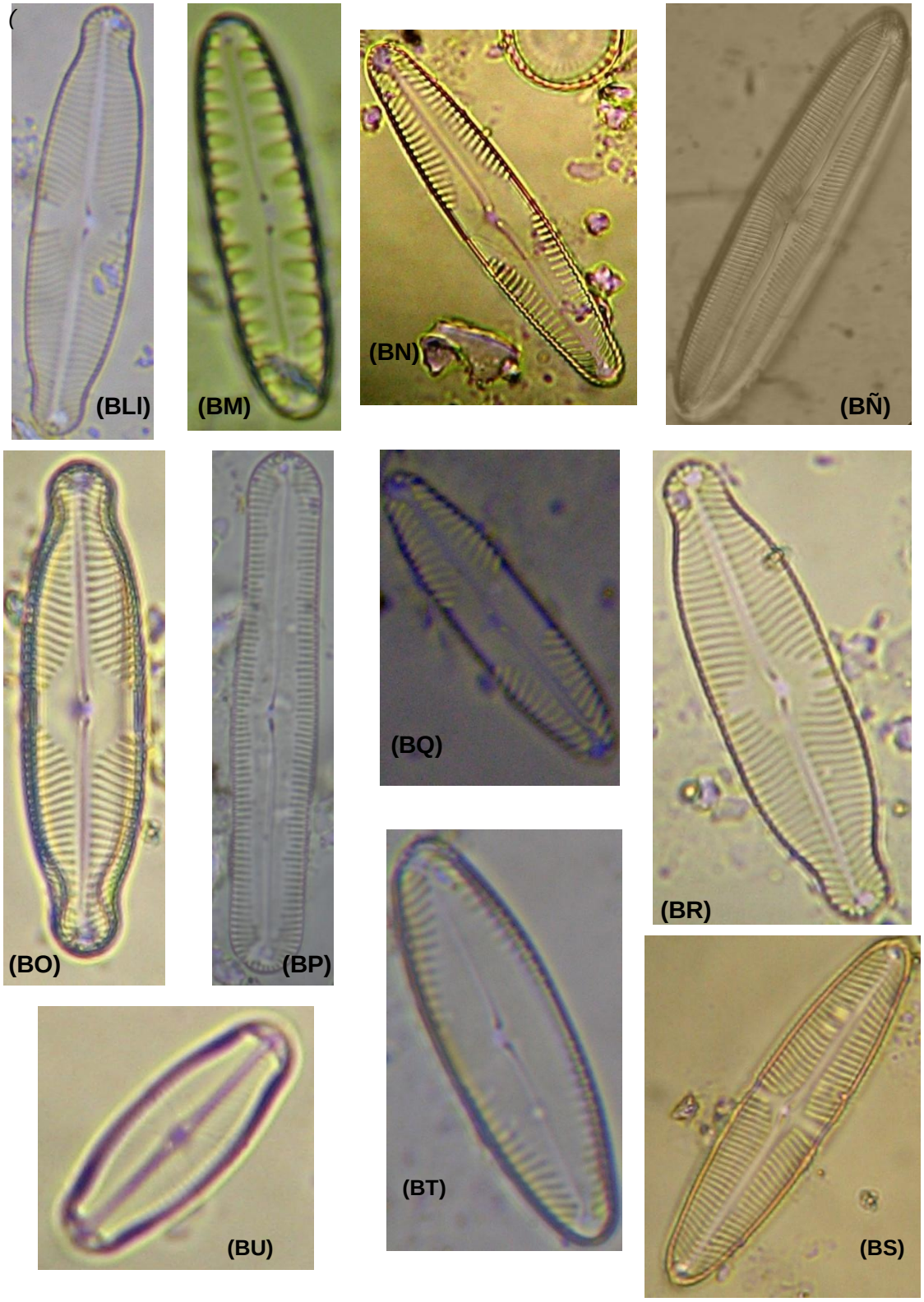
(W) *Craticula ambigua*, (X) *Eolimna* cf. *tantula*, (Y) *Fragilaria pinnata*, (Z) *Fragilaria acus*, (AA) *Fragilaria ulna*, (AB) *Frustulia* cf. *romboides*, (AC) *Ephitemia* cf. *adnata,* (AD) *Ephitemia sp1*, (AE) *Fragilaria leptostauron*, (AF) *Gomphonema acuminatum,* (AG) *Gomphonema affine*, (AH) *Gomphonema* cf. *olivaceum*, (AI) *Gomphonema* cf. *lanceolatum*, (AJ) *Gomphonema gracile*, (AK) *Gomphonema parvulum,* (AL) *Gomphonema truncatum*, (ALl) *Gomphonema pseudoaugur* (Escala 1µm).



(AM) *Gomphonema sp1*, (AN) *Gomphonema sp2,* (AÑ) *Nitzschia* cf. *accicularis*, (AO) *Hantzschia abundans,* (AP) *Luticola* cf. *nivalis*, (AQ) *Luticola mutica*, (AR) *Luticola* cf. *ventricosa*, (AS) *Nitzschia capitellata*, (AT) *Nitzschia* cf. *umbonata*, (AU) *Nitzschia* cf. *amphibia*, (AV) *Nitzschia palea*, (AW) *Nitzschia sigmoidea*, (AX) *Nitzschia* cf. *clausii*, (AY) *Nitzschia sp7*, (AZ) *Nitzschia sp1* (Escala 1µm).

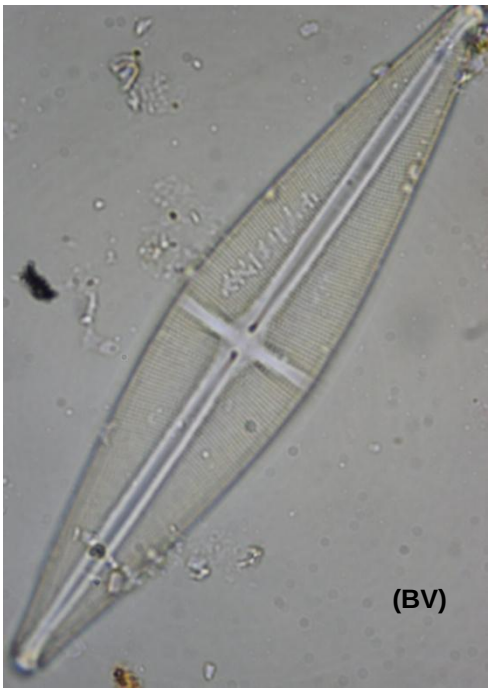


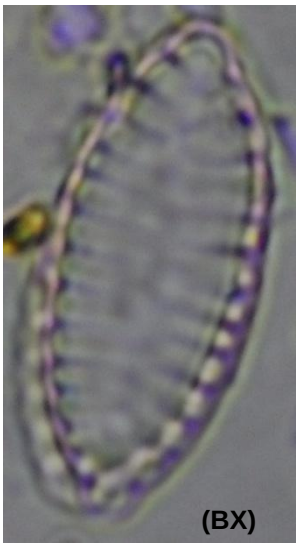
(BA) *Nitzschia sp2*, (BB) *Nitzschia sp8*, (BC) *Nitzschia sp3*, (BD) *Nitzschia sp6*, (BE) *Nitzschia sp4*, (BF) *Navicula* cf. *leptostriata*, (BG) *Navicula* cf. *lanceolata*, (BH) *Navicula sp1,* (BI) *Nitzschia sp9*, (BJ) *Nitzschia sp5*, (BK) *Navicula* cf. *subminuscula*, (BL) *Nitzschia sp10.* (Escala 1µm).

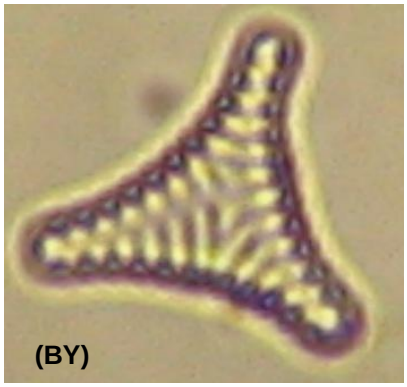


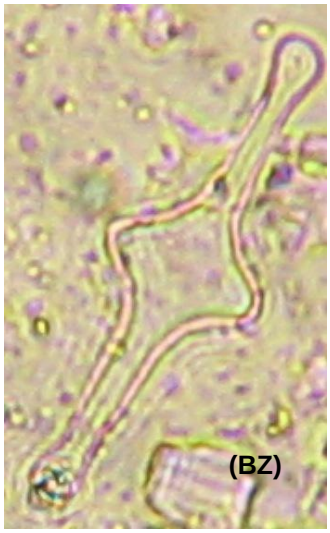
(BLL) *Pinnularia brebissonii*, (BM) *Pinnularia* cf. *borealis*, (BN) *Pinnularia* cf. *subcapitata*, (BÑ) *Pinnularia* cf. *viridis*, (BO) *Pinnularia microstarum*, (BP) *Pinnularia maior*, (BQ) *Pinnularia sp1*,

(BR) *Pinnularia sp2,* (BS) *Pinnularia sp4,* (BT) *Pinnularia sp3*, (BU) *Sellaphora pupula* (Escala 1µm).









(BV) *Stauroneis* cf. *phoenicenteron*, (BW) *Stauroneis sp1* (Escala 25 µm). (BX) *Surirella linearis*, (BY) Sp 1, (BZ) *Tabellaria flocculosa* (Escala 1µm).

Anexo B. Tablas de los condesados de los índices de diversidad de Shannon (H), equidad Pielou (J), dominancia (D) y riqueza especifica (S), aplicados en el estudio por periodo y estación (muestreo 1= $_1$ y muestreo 2= $_2$). Así como el promedio por periodo y estación.

	PERIODO 1				PERIODO 2				PERIODO 3				PERIODO 4			
ESTACION	S	J	H	D	S	J	H	D	S	J	H	D	S	J	H	D
A_1	25	0,58	1,88	0,23	35	0,67	2,37	0,15	20	0,54	1,63	0,36	20	0,42	1,26	0,50
A_2	39	0,63	2,31	0,18	30	0,61	2,07	0,22	25	0,51	1,64	0,34	16	0,27	0,76	0,73
B_1	12	0,27	0,67	0,74	16	0,29	0,82	0,69	20	0,22	0,65	0,77	13	0,42	1,07	0,46
B_2	9	0,10	0,21	0,93	12	0,10	0,25	0,92	21	0,56	1,70	0,28	36	0,62	2,23	0,22
C_1	28	0,59	1,97	0,24	44	0,70	2,64	0,13	25	0,56	1,80	0,27	31	0,71	2,45	0,15
C_2	22	0,46	1,44	0,48	22	0,40	1,24	0,52	37	0,65	2,36	0,15	27	0,49	1,63	0,40
D_1	19	0,40	1,19	0,52	22	0,36	1,13	0,56	28	0,59	1,98	0,28	38	0,63	2,30	0,17
D_2	30	0,58	1,98	0,29	26	0,59	1,93	0,29	24	0,48	1,53	0,45	27	0,69	2,27	0,16
E_1	23	0,56	1,76	0,32	31	0,60	2,07	0,23	21	0,28	0,85	0,71	33	0,66	2,32	0,17
E_2	28	0,52	1,75	0,33	21	0,17	0,52	0,84	38	0,64	2,32	0,18	27	0,58	1,92	0,28
F_1	22	0,66	2,05	0,20	38	0,69	2,51	0,13	35	0,66	2,35	0,20	30	0,58	1,98	0,28
F_2	19	0,39	1,16	0,57	25	0,40	1,30	0,54	34	0,65	2,29	0,19	33	0,61	2,14	0,20
G_1	18	0,52	1,50	0,39	20	0,43	1,29	0,49	21	0,43	1,32	0,48	19	0,35	1,02	0,60
G_2	18	0,41	1,18	0,51	10	0,32	0,75	0,64	6	0,61	1,10	0,41	33	0,56	1,96	0,26

TOTAL PERIODOS				
	S	J	H	D
1	76	0,59	2,57	0,14
2	77	0,61	2,63	0,14
3	67	0,52	2,17	0,22
4	81	0,58	2,57	0,15

TOTAL ESTACIÓN	D	S	J	H
A	0,17	72	0,56	2,38
B	0,58	50	0,32	1,24
C	0,13	71	0,59	2,53
D	0,16	65	0,60	2,49
E	0,19	70	0,56	2,38
F	0,19	71	0,56	2,38
G	0,33	59	0,45	1,83

Anexo C. Frecuencias relativas de los taxones de diatomeas encontrados en el estudio.

TAXON/ESTACIÓN	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
Achnanthes coarctata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Achnanthes exigua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achnanthes hungarica	0,51	1,00	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13	0,20	0,02	0,21	0,01	0,05	0,04	0,13
Achnanthes lanceolata	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Achnanthidium cf. minutissimum	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amphora sp1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Anomoeneis cf. sculpta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aulacoseira sp2	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,13	0,05
Aulacoseira sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,10	0,00	0,00
Aulacoseria granulata	0,02	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,06	0,04	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
Aulacoseria sp1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,13	0,00	0,14	0,03
Caloneis cf. bacillum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coconeis placentula	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Craticula ambigua	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Cyclotella meneghiniana	0,06	0,01	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,23	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,10	0,04	0,04
Cyclotella stelligera	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,30	0,08	0,02	0,05	1,00	1,00	1,00	0,63
Cymbella cf. naviculiformis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diploneis cf. elliptica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diploneis sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Encyonema sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eolimna cf. tantula	0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Epithemia cf. adnata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Epithemia sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia bilunaris	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Eunotia cf. krammeri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia tridentula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia triodon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fragilaria acus	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fragilaria leptostauron	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Fragilaria pinnata	1,00	0,06	0,14	0,13	0,01	0,00	0,00	0,37	0,11	0,18	0,01	0,13	0,01	0,07	0,03	0,02
Fragilaria ulna	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frustulia cf. rhomboides	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema acuminatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema affine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema angustum	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema cf. lanceolatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema cf. olivaceum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema gracile	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01
Gomphonema parvulum	0,32	0,14	0,67	0,14	0,02	0,01	0,00	0,13	0,20	0,27	1,00	1,00	0,01	0,40	0,06	0,51
Gomphonema pseudoaugur	0,14	0,11	0,09	0,04	0,05	0,30	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	0,06	0,00	0,02	0,01	0,04
Gomphonema sp1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema sp2	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema truncatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hantzschia abundans	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
Hantzschia sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luticola cf. nivalis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luticola cf. ventricosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luticola mutica	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,06	0,07	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Navicula cf. lanceolata	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Navicula cf. leptostriata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Navicula cf. subminuscula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Navicula sp1	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,06	0,07	0,09	0,05	0,08	0,03	0,06	0,05	0,09
Neidum cf. ampliatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia capitellata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia cf. accicularis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,02	0,03
Nitzschia cf. clausii	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia cf. umbonata	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	0,07	0,02	0,08	0,02	0,03	0,11	0,08
Nitzschia cf.amphibia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia palea	0,35	0,09	0,20	0,07	0,05	0,00	0,01	0,12	0,28	0,34	0,14	0,23	0,08	0,09	0,04	0,13
Nitzschia sigmoidea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,04	0,03	0,06	0,01	0,01	0,02	0,02
Nitzschia sp10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Nitzschia sp2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Nitzschia sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp6	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
Nitzschia sp7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
Nitzschia sp8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,03

Nitzschia sp9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia brebissonii	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,01
Pinnularia cf. borealis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia cf. subcapitata	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia cf. viridis	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Pinnularia maior	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia microstarum	0,01	0,02	0,06	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,09	0,02	0,01	0,02	0,01	0,15	0,04	0,04
Pinnularia sp1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Pinnularia sp2	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Pinnularia sp3	0,16	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
Pinnularia sp4	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sellaphora pupula	0,03	0,03	0,07	0,01	0,02	0,01	0,00	0,05	1,00	1,00	0,04	0,40	0,03	0,15	0,09	0,40
Sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stauroneis cf. phoenicenteron	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stauroneis sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Surirella linearis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Tabellaria flocculosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Continuación tabla

TAXON/ESTACIÓN	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3	F4	G1	G2	G3	G4
Achnanthes coarctata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achnanthes exigua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Achnanthes hungarica	1,00	0,73	1,00	1,00	1,00	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
Achnanthes lanceolata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Achnanthidium cf. minutissimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amphora sp1	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Anomoeneis cf. sculpta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aulacoseira sp2	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Aulacoseira sp3	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Aulacoseria granulata	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	0,05	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01
Aulacoseria sp1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Caloneis cf. bacillum	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coconeis placentula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Craticula ambigua	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cyclotella meneghiniana	0,03	0,00	0,00	0,02	0,66	0,58	0,04	0,32	0,00	0,01	0,00	0,14
Cyclotella stelligera	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00
Cymbella cf. naviculiformis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diploneis cf. elliptica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diploneis sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Encyonema sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eolimna cf. tantula	0,05	0,03	0,00	0,01	0,00	0,06	0,02	0,08	0,02	0,06	0,03	0,23
Epithemia cf. adnata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Epithemia sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia bilunaris	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia cf. krammeri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia tridentula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eunotia triodon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fragilaria acus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fragilaria leptostauron	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00
Fragilaria pinnata	0,04	0,04	0,05	0,04	0,15	0,08	0,05	0,12	0,02	0,02	0,01	0,03
Fragilaria ulna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frustulia cf. rhomboides	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema acuminatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema affine	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema angustum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema cf. lanceolatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema cf. olivacetum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema gracile	0,01	0,03	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Gomphonema parvulum	0,26	0,50	0,03	0,47	0,23	0,12	0,05	0,17	0,15	0,09	0,19	0,64
Gomphonema pseudoaugur	0,06	0,10	0,01	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03	0,01	0,06
Gomphonema sp1	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
Gomphonema sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema truncatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hantzschia abundans	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Hantzschia sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luticola cf. nivalis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luticola cf. ventricosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luticola mutica	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Navicula cf. lanceolata	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Navicula cf. leptostriata	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Navicula cf. subminuscula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Navicula sp1	0,07	0,07	0,03	0,14	0,08	0,08	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01
Neidum cf. ampliatum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Nitzschia capitellata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia cf. accicularis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia cf. clausii	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia cf. umbonata	0,08	0,06	0,02	0,10	0,15	0,08	0,01	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00
Nitzschia cf.amphibia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia palea	0,22	0,19	0,13	0,15	0,30	0,15	0,06	0,31	0,11	0,07	0,05	0,20
Nitzschia sigmoidea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp1	0,02	0,02	0,00	0,05	0,03	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03
Nitzschia sp10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Nitzschia sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Nitzschia sp5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp6	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Nitzschia sp7	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Nitzschia sp8	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia sp9	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Pinnularia brebissonii	0,01	0,01	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia cf. borealis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia cf. subcapitata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Pinnularia cf. viridis	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia maior	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia microstarum	0,01	0,02	0,00	0,02	0,15	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia sp1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia sp2	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinnularia sp3	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Pinnularia sp4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sellaphora pupula	0,12	0,12	0,07	0,12	0,19	0,07	0,03	0,12	0,10	0,01	0,03	0,02
Sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sp2	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stauroneis cf. phoenicenteron	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stauroneis sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Surirella linearis	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tabellaria flocculosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo D. Valores máximo, mínimo, promedio ($\bar{\chi}$) y desviación estándar (σ), de los diversos parámetros fisicoquímicos medidos en los todos los muestreos.

	P1M1				P1M2				P2M1				P2M2			
variable/muestreo	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ
SST mg/L	7,0	72,0	35,6	27,3	15,0	120,0	48,3	35,4	6,0	97,0	32,9	30,9	13,0	103,0	42,1	31,8
ST mg/L	69,0	352,0	150,5	93,8	69,0	395,0	168,1	105,7	63,0	403,0	140,1	110,1	69,0	423,0	165,8	114,9
T AGUA (superficial ºc)	12,7	17,8	14,6	1,5	12,8	17,8	14,5	1,6	13,6	17,8	15,4	1,5	12,1	17,8	15,6	1,6
T AIRE (ºc)	13,5	20,0	16,0	1,9	15,2	20,0	16,3	1,6	14,1	21,5	18,2	2,5	13,7	20,0	17,5	1,9
ORTOFOSFATOS mg/L P	0,4	1,7	0,8	0,5	0,5	3,0	1,4	0,8	0,5	6,6	2,3	2,1	0,5	3,5	1,7	1,3
N. AMONIACAL mg/L $\bar{N}$	1,7	25,8	8,8	10,1	1,7	17,4	6,3	6,3	1,1	6,2	2,6	1,8	1,2	5,3	2,8	1,3
NITRATOS mg/L NO_3^-	0,8	7,1	4,7	2,6	2,4	8,5	5,1	1,8	3,3	19,5	8,3	5,8	3,9	15,6	7,3	4,6
NITRITOS mg/L $\bar{N}O$	0,019	0,003	0,008	0,005	0,003	0,021	0,007	0,006	0,001	0,007	0,004	0,002	0,002	0,015	0,006	0,004
OD mg/L O	0,5	2,7	1,3	0,9	0,4	3,5	1,5	1,0	0,3	2,7	1,0	0,8	0,4	3,2	1,3	1,0
pH (unidades) $^+$	6,0	6,7	6,4	0,2	6,1	6,6	6,4	0,2	5,8	6,6	6,3	0,2	6,0	6,5	6,3	0,2
AMONIO mg/L NH_4^+	0,2	19,5	4,6	6,4	1,0	12,4	4,1	3,9	1,9	8,1	6,0	1,9	1,3	8,4	5,6	2,3
CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	169,0	406,0	280,5	75,7	204,0	423,0	286,4	71,8	203,0	573,0	377,1	140,5	236,0	467,0	328,3	87,4
DBO mg/L O	16,0	321,0	124,8	130,9	8,0	276,0	88,1	93,9	4,0	257,0	49,1	84,9	7,0	215,0	56,8	69,9
	P3M1				P3M2				P4M1				P4M2			
variable/muestreo	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ
SST mg/L	12	75	35,375	24,4	15	89	46,5	31,6	10	107	34,5	31,7	14	112	41,75	33,1
ST mg/L	69	382	154,875	100,1	69	391	170,625	103,2	69	425	146,75	115,4	69	461	169,25	125,2
T AGUA (superficial ºc)	12,1	17,8	13,875	1,7	11,9	17,8	14,0375	1,7	13,4	19,9	15,9125	2,2	11,8	17,8	15,775	2,3
T AIRE (ºc)	13,1	20	15,3	2,2	13,8	20	15,675	2,0	14,9	21,5	19,3875	2,4	12,9	20,2	18,2625	2,6
ORTOFOSFATOS mg/L P	0,29	3,88	1,425	1,4	0,39	4,12	1,4625	1,3	0,41	5,5	1,975	2,1	0,53	5,63	1,95125	2,1
N. AMONIACAL mg/L $\bar{N}$	1,12	7,84	3,09875	2,4	1,22	8,32	3,24875	2,4	1,1	27,3	8,24125	10,5	1,52	21,3	5,905	6,7
NITRATOS mg/L NO_3^-	2,4	16,2	5,84375	4,4	2,9	15,2	6,0225	4,0	3,85	18,4	8,6	6,0	4,02	17,9	8,95125	6,0
NITRITOS mg/L $\bar{N}O$	0,001	0,014	0,006	0,004	0,002	0,017	0,006	0,005	0,002	0,006	0,004	0,001	0,004	0,025	0,008	0,007
OD mg/L O	0,5	2,7	1,4	0,8	0,4	2,9	1,5	0,9	0,2	2,7	0,9	0,9	0,3	2,7	1,1	1,0
pH (unidades) $^+$	6,2	7,3	6,5	0,4	6,3	6,9	6,5	0,2	5,9	7,3	6,5	0,5	6,0	7,1	6,5	0,3
AMONIO mg/L NH_4^+	0,9	17,8	4,7	5,7	1,1	14,9	4,8	4,5	2,7	9,8	6,9	2,4	3,2	10,8	6,6	2,3
CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	163,0	396,0	275,3	69,6	207,0	412,0	286,1	63,9	223,0	372,0	275,8	49,1	246,0	398,0	285,5	49,3
DBO mg/L O	6,0	167,0	51,4	54,8	9,0	195,0	72,0	74,1	14,0	294,0	117,5	120,1	15,0	257,0	93,4	92,6

P1: primer periodo (abril-mayo), P2: segundo periodo (agosto), P3: periodo 3 (octubre-noviembre), P4: periodo 4 (enero). M1: primer muestreo, M2: segundo muestreo.

Anexo E. Autovalores del análisis discriminante.

Eigenvalues

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	33,438[a]	66,6	66,6	,985
2	8,778[a]	17,5	84,0	,947
3	5,678[a]	11,3	95,3	,922
4	1,567[a]	3,1	98,5	,781
5	,437[a]	,9	99,3	,552
6	,340[a]	,7	100,0	,504

a. First 6 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Anexo F. Estadísticos del Lambda de Wilks. Contraste de las funciones al modelo.

Wilks' Lambda

Step	Number of Variables	Lambda	df1	df2	df3	Exact F				Approximate F			
						Statistic	df1	df2	Sig.	Statistic	df1	df2	Sig.
1	1	,054	1	6	48	139,014	6	48,000	1,322E-28				
2	2	,011	2	6	48	66,166	12	94,000	2,183E-40				
3	3	,003	3	6	48					48,291	18	130,593	,000
4	4	,002	4	6	48					35,546	24	158,196	,000
5	5	,001	5	6	48					28,284	30	178,000	,000
6	6	,001	6	6	48					23,986	36	191,587	,000
7	7	,000	7	6	48					21,191	42	200,450	,000
8	8	,000	8	6	48					19,347	48	205,799	,000
9	9	,000	9	6	48					20,142	54	208,555	,000

Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 6	,000	428,538	54	,000
2 through 6	,003	265,736	40	,000
3 through 6	,030	160,850	28	,000
4 through 6	,202	73,507	18	,000
5 through 6	,519	30,139	10	,001
6	,746	13,458	4	,009

Anexo G. Matriz de estructura del análisis discriminante.

	Function					
	1	2	3	4	5	6
ST	,707*	,264	-,031	-,053	-,347	-,167
SST	,457*	-,164	-,026	,344	-,312	-,331
OD	-,265	,258	,620*	,095	-,119	-,369
FOSFORO	,195	-,057	,081	-,451*	,209	,443
PH [a]	-,138	-,050	,143	-,383*	,202	,026
NITRATOS [a]	,101	-,123	-,043	-,255*	,149	,211
CONDUC	,146	,135	,004	,323	,522*	,081
NAMONI	,125	,109	-,057	,240	,334*	,173
AMONIO	,177	,174	,211	-,094	,317*	-,141
TAMB	,013	-,091	,082	,209	-,358	,631*
TAGUA [a]	,122	,016	,054	,292	-,263	,479*
DBO5	,210	-,235	,192	,036	,293	,342*
NITRITOS [a]	,091	,025	,048	,187	,107	-,268*

Anexo H. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el primer periodo de estudio (abril-mayo).

Autovalores

		Initial Eigenvalues			Extraction Sums		
	Component	Total	% of Variance	Cumulative %	of Squared Loadings	% of Variance	Cumulative %
PERIODO 1 MUESTREO 1	1	5,498	42,290	42,290	5,498	42,290	42,290
	2	3,612	27,783	70,073	3,612	27,783	70,073
	3	1,675	12,882	82,955	1,675	12,882	82,955
	4	1,451	11,164	94,120	1,451	11,164	94,120
PERIODO 1 MUESTREO 2	1	6,460	49,695	49,695	6,460	49,695	49,695
	2	3,282	25,243	74,938	3,282	25,243	74,938
	3	1,319	10,148	85,086	1,319	10,148	85,086
	4	1,128	8,681	93,767	1,128	8,681	93,767

Matriz de Componentes

	Muestreo 1				Muestreo 2			
	componentes				componentes			
variable	1	2	3	4	1	2	3	4
AMONIO	0,78	0,443	0,314	-0,188	0,778	-0,298	0,278	0,273
CONDUCTIVIDAD	0,658	0,572	0,258	0,133	0,880	-0,263	0,288	-0,105
DBO5	0,879	-0,402	-7,13E-04	-3,78E-02	0,467	0,640	0,209	-0,551
ORTOFOSFATOS	0,202	-0,518	-0,62	0,538	0,542	0,784	0,172	-0,151
N AMONIACAL	0,869	0,401	-0,153	0,166	0,884	-0,255	0,126	-0,208
NITRATOS	-0,233	0,481	-0,262	-0,78	0,713	0,216	-0,485	0,449
NITRITOS	0,477	0,799	6,80E-02	0,122	0,915	-0,280	0,143	0,216
OD	-0,492	0,19	0,738	0,375	-0,607	-0,454	0,492	0,032
PH	0,202	0,827	-0,215	0,455	0,395	-0,793	0,329	0,107
SST	0,87	-0,386	-0,201	-8,90E-02	0,929	0,268	-0,196	-0,027
ST	0,946	5,79E-03	-5,50E-03	-0,293	0,922	0,312	0,080	0,131
TAGUA	0,295	-0,67	0,593	-7,88E-02	-0,294	0,643	0,244	0,608
TAMB	0,765	-0,557	0,213	9,16E-02	-0,346	0,702	0,599	0,157

Anexo I. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el segundo periodo (agosto).

Autovalores

		Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Component	Total	% of Variance	Cumulative %		% of Variance	Cumulative %
PERIODO 2 MUESTREO 1	1	5,27	40,54	40,54	5,27	40,54	40,54
	2	2,50	19,23	59,77	2,50	19,23	59,77
	3	2,06	15,86	75,64	2,06	15,86	75,64
	4	1,83	14,08	89,71	1,83	14,08	89,71
PERIODO 2 MUESTREO 2	1	6,52	50,17	50,17	6,52	50,17	50,17
	2	2,41	18,56	68,74	2,41	18,56	68,74
	3	1,42	10,95	79,69	1,42	10,95	79,69
	4	1,23	9,49	89,18	1,23	9,49	89,18

MATRIZ DE COMPONENTES

	Muestreo 1				Muestreo 2			
	componentes				componentes			
variable	1	2	3	4	1	2	3	4
AMONIO	0,509	0,573	0,095	0,364	0,761	-0,073	0,393	0,312
CONDUCTIVIDA	0,621	0,524	-0,549	0,118	0,686	-0,357	-0,275	0,564
DBO5	0,585	0,086	0,773	0,109	0,702	0,448	0,377	-0,277
ORTOFOSFATOS	0,750	-0,172	-0,158	0,609	0,824	0,184	-0,110	-0,381
N AMONIACAL	-0,027	0,559	0,403	0,408	0,343	0,262	-0,821	-0,041
NITRATOS	0,884	0,184	0,355	-0,002	0,886	0,245	0,332	-0,180
NITRITOS	0,094	0,847	-0,170	-0,359	0,835	-0,399	-0,026	-0,070
OD	-0,750	-0,054	0,199	0,272	-0,636	0,090	0,458	0,333
PH	-0,287	-0,295	0,103	0,846	-0,749	0,152	-0,019	-0,544
SST	0,881	-0,298	-0,361	-0,064	0,932	-0,013	0,094	-0,043
ST	0,744	-0,333	-0,539	0,210	0,919	-0,093	-0,065	-0,088
TAGUA	0,833	-0,018	0,472	-0,281	0,151	0,921	-0,176	0,292
TAMB	0,512	-0,712	0,344	-0,297	-0,012	0,932	0,026	0,237

Anexo J. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el tercer periodo de estudio (octubre-noviembre).

Autovalores

		Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Component	Total	% of Variance	Cumulative %		% of Variance	Cumulative %
PERIODO 3 MUESTREO 1	1	7,283	56,023	56,023	7,283	56,023	56,023
	2	2,783	21,411	77,434	2,783	21,411	77,434
	3	1,118	8,601	86,035	1,118	8,601	86,035
PERIODO 3 MUESTREO 2	1	8,211	63,164	63,164	8,211	63,164	63,164
	2	2,949	22,681	85,846	2,949	22,681	85,846

Matriz de Componentes

	Muestreo 1			Muestreo 2	
	componentes			componentes	
variable	1	2	3	1	2
AMONIO	0,871	-0,434	-0,099	0,781	0,569
CONDUCTIVIDAD	0,711	-0,331	-0,204	0,785	0,144
DBO5	0,544	0,598	0,168	0,807	-0,428
ORTOFOSFATOS	0,649	-0,186	0,722	0,908	0,218
N AMONIACAL	0,765	-0,536	-0,044	0,809	0,409
NITRATOS	0,932	-0,092	-0,280	0,950	0,079
NITRITOS	0,889	0,110	0,207	0,948	0,233
OD	-0,602	-0,553	0,074	-0,731	0,298
PH	0,820	-0,268	-0,175	0,608	0,727
SST	0,799	0,471	-0,278	0,779	-0,566
ST	0,988	0,005	-0,098	0,988	-0,015
TAGUA	0,636	0,571	0,432	0,613	-0,716
TAMB	-0,055	0,928	-0,291	0,439	-0,834

Anexo K. Autovalores y matriz de estructura del análisis de componentes principales para el cuarto periodo de estudio (enero).

Autovalores

		Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Component	Total	% of Variance	Cumulative %		% of Variance	Cumulative %
PERIODO 4 MUESTREO 1	1	6,057	46,591	46,591	6,057	46,591	46,591
	2	2,955	22,733	69,324	2,955	22,733	69,324
	3	1,703	13,097	82,421	1,703	13,097	82,421
	4	1,338	10,291	92,711	1,338	10,291	92,711
PERIODO 4 MUESTREO 2	1	7,921	60,931	60,931	7,921	60,931	60,931
	2	2,158	16,603	77,534	2,158	16,603	77,534
	3	1,196	9,199	86,733	1,196	9,199	86,733

Matriz de Componentes

	Muestreo 1				Muestreo 2		
	componentes				componentes		
Variable	1	2	3	4	1	2	3
AMONIO	0,925	0,106	0,243	-0,132	0,721	0,447	-0,233
CONDUCTIVIDA	0,610	-0,574	0,445	-0,055	0,874	0,134	-0,095
DBO5	0,637	0,744	-0,165	-0,033	0,892	0,055	0,377
ORTOFOSFATOS	0,720	0,320	-0,220	-0,540	0,841	0,138	0,086
N AMONIACAL	0,256	0,192	-0,057	0,920	0,903	0,199	-0,130
NITRATOS	0,804	0,570	-0,033	-0,008	0,844	0,098	0,403
NITRITOS	0,844	-0,268	0,433	0,155	0,874	0,253	-0,335
OD	-0,596	-0,369	0,580	-0,057	-0,544	0,490	-0,197
PH	0,414	-0,468	-0,577	0,323	0,466	-0,671	0,480
SST	0,947	0,010	0,108	0,106	0,969	0,050	0,123
ST	0,911	-0,306	0,228	0,029	0,952	0,164	-0,181
TAGUA	-0,320	0,616	0,627	0,145	-0,582	0,751	0,264
TAMB	-0,352	0,836	0,232	0,118	-0,382	0,723	0,552

Anexo L. Nombres de los taxones relacionados en el análisis de correspondencias canónicas (Figura 27).

sp1	*Achnanthes coarctata*	sp47	*Hantzschia abundans*
sp2	*Achnanthes exigua*	sp48	*Hantzschia sp1*
sp3	*Achnanthes hungarica*	sp49	*Luticola mutica*
sp4	*Achnanthes lanceolata*	sp50	*Luticola cf. nivalis*
sp5	*Achnanthidium cf. minutissimum*	sp51	*Luticola cf. ventricosa*
sp6	*Amphora sp1*	sp52	*Navicula cf. lanceolata*
sp7	*Anomoeneis cf. sculpta*	sp53	*Navicula cf. leptostriata*
sp8	*Aulacoseria granulata*	sp54	*Navicula cf. subminuscula*
sp9	*Aulacoseria sp1*	sp55	*Navicula sp1*
sp10	*Aulacoseira sp2*	sp56	*Neidum cf. ampliatum*
sp11	*Aulacoseira sp3*	sp57	*Nitzschia cf. accicularis*
sp12	*Caloneis cf. bacillum*	sp58	*Nitzschia cf.amphibia*
sp13	*Coconeis placentula*	sp59	*Nitzschia cf. clausii*
sp14	*Craticula ambigua*	sp60	*Nitzschia capitellata*
sp15	*Cyclotella meneghiniana*	sp61	*Nitzschia sigmoidea*
sp16	*Cyclotella stelligera*	sp62	*Nitzschia cf. umbonata*
sp17	*Cymbella cf. naviculiformis*	sp63	*Nitzschia palea*
sp18	*Diploneis cf. elliptica*	sp64	*Nitzschia sp1*
sp19	*Diploneis sp1*	sp65	*Nitzschia sp2*
sp20	*Encyonema sp1*	sp66	*Nitzschia sp3*
sp21	*Eolimna cf. tantula*	sp67	*Nitzschia sp4*
sp22	*Epithemia cf. adnata*	sp68	*Nitzschia sp5*
sp23	*Epithemia sp1*	sp69	*Nitzschia sp6*
sp24	*Eunotia bilunaris*	sp70	*Nitzschia sp7*
sp25	*Eunotia cf. krammeri*	sp71	*Nitzschia sp8*
sp26	*Eunotia tridentula*	sp72	*Nitzschia sp9*
sp27	*Eunotia triodon*	sp73	*Nitzschia sp10*
sp28	*Eunotia sp1*	sp74	*Pinnularia brebissonii*
sp29	*Eunotia sp2*	sp75	*Pinnularia cf. borealis*
sp30	*Eunotia sp3*	sp76	*Pinnularia cf. subcapitata*
sp31	*Fragilaria acus*	sp77	*Pinnularia cf. viridis*
sp32	*Fragilaria leptostauron*	sp78	*Pinnularia maior*
sp33	*Fragilaria pinnata*	sp79	*Pinnularia microstarum*
sp34	*Fragilaria ulna*	sp80	*Pinnularia sp1*
sp35	*Frustulia cf. rhomboides*	sp81	*Pinnularia sp2*
sp36	*Gomphonema acuminatum*	sp82	*Pinnularia sp3*
sp37	*Gomphonema affine*	sp83	*Pinnularia sp4*
sp38	*Gomphonema gracile*	sp84	*Sellaphora pupula*
sp39	*Gomphonema angustum*	sp85	*Stauroneis cf. phoenicenteron*
sp40	*Gomphonema cf. olivaceum*	sp86	*Stauroneis sp1*
sp41	*Gomphonema cf. lanceolatum*	sp87	*Surirella linearis*
sp42	*Gomphonema parvulum*	sp88	*Tabellaria flocculosa*
sp43	*Gomphonema pseudoaugur*	sp89	*Sp1*
sp44	*Gomphonema truncatum*	sp90	*Sp2*
sp45	*Gomphonema sp1*		
sp46	*Gomphonema sp2*		

Matriz de correlaciones del análisis de correspondencia canónica.

**** Weighted correlation matrix (weight = sample total) ****

SPEC AX1	1							
SPEC AX2	-0.0113	1						
SPEC AX3	0.0371	-0.0457	1					
SPEC AX4	-0.1191	0.0084	0.0713	1				
ENVI AX1	0.8618	0.0000	0.0000	0.0000	1			
ENVI AX2	0.0000	0.8378	0.0000	0.0000	0.0000	1		
ENVI AX3	0.0000	0.0000	0.8153	0.0000	0.0000	0.0000	1	
ENVI AX4	0.0000	0.0000	0.0000	0.7984	0.0000	0.0000	0.0000	1
OD	-0.2347	0.3400	-0.2169	-0.2456	-0.2723	**0.4059**	-0.2660	-0.3077
pH	0.1952	0.1270	-0.0873	-0.2063	0.2265	0.1516	-0.1070	-0.2584
conduc	**0.6276**	0.0735	0.1933	0.1937	**0.7282**	0.0878	0.2371	0.2426
N anm	**0.5625**	-0.1012	-0.0042	-0.0012	**0.6527**	-0.1208	-0.0051	-0.0015
DBO5	0.4275	0.2570	-0.0589	0.1219	0.4960	0.3067	-0.0722	0.1527
Ortof	0.2612	0.2780	-0.2025	**0.4379**	0.3031	0.3318	-0.2484	**0.5485**
Nitritos	**0.6452**	-0.1085	-0.1335	0.1785	**0.7486**	-0.1295	-0.1637	0.2235
Amonio	0.4115	0.2098	-0.0561	0.4148	0.4774	0.2504	-0.0688	0.5195
Nitratos	0.3248	0.3030	0.0807	**0.4647**	0.3768	0.3617	0.0990	**0.5820**
ST	**0.6551**	-0.1266	-0.3066	0.3054	**0.7601**	-0.1511	-0.3760	0.3825
SST	**0.6792**	-0.1722	-0.1531	0.3239	**0.7881**	-0.2055	-0.1878	0.4057
	SPEC AX1	SPEC AX2	SPEC AX3	SPEC AX4	ENVI AX1	ENVI AX2	ENVI AX3	ENVI AX4

Anexo M. Tablas de las prueba K-W y Dunn´n aplicadas a las variables fisicoquímicas y las estaciones de muestreo.

Kruskal Wallis:

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
AMONIO	1,00	8	19,50
	2,00	8	27,19
	3,00	8	51,25
	4,00	8	27,00
	5,00	8	29,31
	6,00	8	10,88
	7,00	8	34,38
	Total	56	

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
CONDUC	1,00	8	18,56
	2,00	8	27,38
	3,00	8	49,88
	4,00	8	40,38
	5,00	8	17,81
	6,00	8	19,31
	7,00	8	26,19
	Total	56	

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
NAMONI	1,00	8	12,94
	2,00	8	41,31
	3,00	8	42,13
	4,00	8	34,50
	5,00	7	20,00
	6,00	8	28,31
	7,00	8	15,81
	Total	55	

Test Statistics[a,b]

	CONDUC
Chi-Square	27,138
df	6
Asymp. Sig.	,000

Test Statistics[a,b]

	AMONIO
Chi-Square	28,523
df	6
Asymp. Sig.	,000

Test Statistics[a,b]

	NAMONI
Chi-Square	26,555
df	6
Asymp. Sig.	,000

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
NITRATOS	1,00	8	19,56
	2,00	8	17,69
	3,00	8	47,88
	4,00	8	27,81
	5,00	8	39,81
	6,00	8	24,38
	7,00	8	22,38
	Total	56	

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
NITRITOS	1,00	8	27,94
	2,00	8	28,69
	3,00	8	44,81
	4,00	8	35,75
	5,00	8	27,69
	6,00	8	11,38
	7,00	8	23,25
	Total	56	

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
OD	1,00	8	35,25
	2,00	8	38,56
	3,00	8	6,94
	4,00	8	23,13
	5,00	8	21,38
	6,00	8	21,75
	7,00	8	52,50
	Total	56	

Test Statistics[a,b]

	NITRATOS
Chi-Square	22,723
df	6
Asymp. Sig.	,001

Test Statistics[a,b]

	NITRITOS
Chi-Square	19,668
df	6
Asymp. Sig.	,003

Test Statistics[a,b]

	OD
Chi-Square	39,506
df	6
Asymp. Sig.	,000

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
ORTOFOSF	1,00	8	26,56
	2,00	8	33,69
	3,00	8	44,81
	4,00	8	24,13
	5,00	8	45,25
	6,00	8	18,19
	7,00	8	6,88
	Total	56	

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
SST	1,00	8	18,06
	2,00	8	10,94
	3,00	8	52,13
	4,00	8	36,13
	5,00	8	40,94
	6,00	8	31,69
	7,00	8	9,63
	Total	56	

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
ST	1,00	8	14,50
	2,00	8	25,13
	3,00	8	52,50
	4,00	8	32,88
	5,00	8	38,69
	6,00	8	30,94
	7,00	8	4,88
	Total	56	

Test Statistics[a,b]

	ORTOFOSF
Chi-Square	35,210
df	6
Asymp. Sig.	,000

Test Statistics[a,b]

	SST
Chi-Square	46,796
df	6
Asymp. Sig.	,000

Test Statistics[a,b]

	ST
Chi-Square	44,233
df	6
Asymp. Sig.	,000

Ranks

	SITIO	N	Mean Rank
DBO5	1	8	7,44
	2	8	12,19
	3	8	43,56
	4	8	34,88
	5	8	48,81
	6	8	28,50
	7	8	24,13
	Total	56	

Test Statistics[a,b]

	DBO5
Chi-Square	42,387
df	6
Asymp. Sig.	,000

Prueba de Dunn´n: (Diferencia teórica=24,77, α= 0,00119 y Z= 3.0381), en color amarillo los valores con diferencias significativas entre estaciones.

	conductividad	A	B	C	D	E	F	G
		18,56	27,38	49,88	40,38	17,81	19,31	26,19
A	18,56	0	8,82	31,32	21,82	0,75	0,75	7,63
B	27,38	8,82	0	22,5	13	9,57	8,07	1,19
C	49,88	31,32	22,5	0	9,5	32,07	30,57	23,69
D	40,38	21,82	13	9,5	0	22,57	21,07	14,19
E	17,81	0,75	9,57	32,07	22,57	0	1,5	8,38
F	19,31	0,75	8,07	30,57	21,07	1,5	0	6,88
G	26,19	7,63	1,19	23,69	14,19	8,38	6,88	0

	Amonios	A	B	C	D	E	F	G
		19,5	27,19	51,25	27	29,31	10,88	34,88
A	19,5	0	-7,69	-31,8	-7,5	-9,81	8,62	-15,4
B	27,19	7,69	0	-24,1	0,19	-2,12	16,31	-7,69
C	51,25	31,75	24,06	0	24,25	21,94	40,37	16,37
D	27	7,5	-0,19	-24,3	0	-2,31	16,12	-7,88
E	29,31	9,81	2,12	-21,9	2,31	0	18,43	-5,57
F	10,88	-8,62	-16,3	-40,4	-16,1	-18,4	0	-24
G	34,88	15,38	7,69	-16,4	7,88	5,57	24	0

	N.AMONIACAL	A	B	C	D	E	F	G
		12,94	41,31	42,13	34,5	20	28,31	15,81
A	12,94	0	-28,4	-29,2	-21,6	-7,06	-15,4	-2,87
B	41,31	28,37	0	-0,82	6,81	21,31	13	25,5
C	42,13	29,19	0,82	0	7,63	22,13	13,82	26,32
D	34,5	21,56	-6,81	-7,63	0	14,5	6,19	18,69
E	20	7,06	-21,3	-22,1	-14,5	0	-8,31	4,19
F	28,31	15,37	-13	-13,8	-6,19	8,31	0	12,5
G	15,81	2,87	-25,5	-26,3	-18,7	-4,19	-12,5	0

	nitratos	A	B	C	D	E	F	G
		19,56	17,69	47,88	27,81	39,81	24,38	22,38
A	19,56	0	1,87	-28,3	-8,25	-20,3	-4,82	-2,82
B	17,69	-1,87	0	-30,2	-10,1	-22,1	-6,69	-4,69
C	47,88	28,32	30,19	0	20,07	8,07	23,5	25,5
D	27,81	8,25	10,12	-20,1	0	-12	3,43	5,43
E	39,81	20,25	22,12	-8,07	12	0	15,43	17,43
F	24,38	4,82	6,69	-23,5	-3,43	-15,4	0	2
G	22,38	2,82	4,69	-25,5	-5,43	-17,4	-2	0

	nitritos	A	B	C	D	E	F	G
		27,94	28,69	44,81	35,75	27,69	11,38	23,25
A	27,94	0	-0,75	-16,9	-7,81	0,25	16,56	4,69
B	28,69	0,75	0	-16,1	-7,06	1	17,31	5,44
C	44,81	16,87	16,12	0	9,06	17,12	33,43	21,56
D	35,75	7,81	7,06	-9,06	0	8,06	24,37	12,5
E	27,69	-0,25	-1	-17,1	-8,06	0	16,31	4,44
F	11,38	-16,6	-17,3	-33,4	-24,4	-16,3	0	-11,9
G	23,25	-4,69	-5,44	-21,6	-12,5	-4,44	11,87	0

	OD	A	B	C	D	E	F	G
		35,25	38,56	6,94	23,13	21,38	21,75	52,5
A	35,25	0	-3,31	28,31	12,12	13,87	13,5	-17,3
B	38,56	3,31	0	31,62	15,43	17,18	16,81	-13,9
C	6,94	-28,3	-31,6	0	-16,2	-14,4	-14,8	-45,6
D	23,13	-12,1	-15,4	16,19	0	1,75	1,38	-29,4
E	21,38	-13,9	-17,2	14,44	-1,75	0	-0,37	-31,1
F	21,75	-13,5	-16,8	14,81	-1,38	0,37	0	-30,8
G	52,5	17,25	13,94	45,56	29,37	31,12	30,75	0

	ORTOFOSFATOS	A	B	C	D	E	F	G
		26,56	33,69	44,81	24,13	45,25	18,19	6,88
A	26,56	0	-7,13	-18,3	2,43	-18,7	8,37	19,68
B	33,69	7,13	0	-11,1	9,56	-11,6	15,5	26,81
C	44,81	18,25	11,12	0	20,68	-0,44	26,62	37,93
D	24,13	-2,43	-9,56	-20,7	0	-21,1	5,94	17,25
E	45,25	18,69	11,56	0,44	21,12	0	27,06	38,37
F	18,19	-8,37	-15,5	-26,6	-5,94	-27,1	0	11,31
G	6,88	-19,7	-26,8	-37,9	-17,3	-38,4	-11,3	0

	SST	18,06	10,94	52,13	36,13	40,94	31,69	9,63
A	18,06	0	7,12	-34,1	-18,1	-22,9	-13,6	8,43
B	10,94	-7,12	0	-41,2	-25,2	-30	-20,8	1,31
C	52,13	34,07	41,19	0	16	11,19	20,44	42,5
D	36,13	18,07	25,19	-16	0	-4,81	4,44	26,5
E	40,94	22,88	30	-11,2	4,81	0	9,25	31,31
F	31,69	13,63	20,75	-20,4	-4,44	-9,25	0	22,06
G	9,63	-8,43	-1,31	-42,5	-26,5	-31,3	-22,1	0

	ST	A	B	C	D	E	F	G
		14,5	25,13	52,5	32,88	38,69	30,94	4,88
A	14,5	0	-10,6	-38	-18,4	-24,2	-16,4	9,62
B	25,13	10,63	0	-27,4	-7,75	-13,6	-5,81	20,25
C	52,5	38	27,37	0	19,62	13,81	21,56	47,62
D	32,88	18,38	7,75	-19,6	0	-5,81	1,94	28
E	38,69	24,19	13,56	-13,8	5,81	0	7,75	33,81
F	30,94	16,44	5,81	-21,6	-1,94	-7,75	0	26,06
G	4,88	-9,62	-20,3	-47,6	-28	-33,8	-26,1	0

	DBO	A	B	C	D	E	F	G
		7,44	12,19	43,56	34,88	48,81	28,5	24,13
A	7,44	0	-4,75	-36,1	-27,4	-41,4	-21,1	-16,7
B	12,19	4,75	0	-31,4	-22,7	-36,6	-16,3	-11,9
C	43,56	36,12	31,37	0	8,68	-5,25	15,06	19,43
D	34,88	27,44	22,69	-8,68	0	-13,9	6,38	10,75
E	48,81	41,37	36,62	5,25	13,93	0	20,31	24,68
F	28,5	21,06	16,31	-15,1	-6,38	-20,3	0	4,37
G	24,13	16,69	11,94	-19,4	-10,8	-24,7	-4,37	0