

El fitoperifiton como bioindicador de calidad de agua, una herramienta y estrategia
en la gestión ambiental del caño Quenane

ANA MARÍA OLIVEROS MONROY

Tesis de investigación presentada como requisito para optar al título de:

Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

Maestría en Gestión Ambiental Sostenible
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería
Universidad de Los Llanos
Villavicencio
2016

Ana Maria Oliveros Monroy

El fitoperifiton como Bioindicador de calidad de agua, una herramienta y estrategia
en la gestión ambiental del caño Quenane

ANA MARÍA OLIVEROS MONROY

Tesis de investigación presentada como requisito para optar al título de:

Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

Director

Santiago R. Duque MSc.

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia

Codirectora

MSc. Clara Inés Caro Caro

Profesor Asistente Universidad de Los Llanos

Maestría en Gestión Ambiental Sostenible

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería

Universidad de Los Llanos

Villavicencio

2016

Nota de Aceptación

MSc. Biol. Sandra Liliana Parada Guevara

Director de la Maestría

Jurado I

Jurado II

Jurado III

Villavicencio

Ana Maria Oliveros Monroy

***A mis padres
A mis queridos Hermanos y mis tías***

AGRADECIMIENTOS

A Dios, guía y cimiento de mi transitar diario.

A mis padres, mis hermanos, tías, tíos, primos por su incondicional apoyo, por escucharme y entregarme su amor y por ser quienes me enseñan que no hay nada más importante que la familia.

A mi director Santiago R. Duque, por haberme guiado y por ser ese docente formador de esta etapa de mi vida.

A mi codirector Clara Caro, gracias por el apoyo y los aportes necesarios para la culminación de este proyecto,

Al convenio cooperación N° 2 del convenio marco 5211592, celebrado entre la Universidad de Los Llanos y Ecopetrol, por financiación de parte del proyecto de investigación.

Al Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana – ICAOC por la oportunidad que me brindó

A la Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad de Los Llanos.

A mis compañeros del proyecto Cuencas, Pili, Paula, Ana Merce, Liliana, Laura, Luis, José, Juan Camilo, Adrián, y Jefferson por hacer amenas las largas horas de laboratorio.

A Jesús Manuel Vásquez por su oportuna colaboración y asesoría.

A mis auxiliares de campo Andrés Guerrero, Cristian Lara y Maria Eugenia Rojas por la compañía y apoyo en las salidas de campo.

Ana Maria Oliveros Monroy

A mis amigas Paola Osorio, Yudy Tibaduisa, Lili Martínez, Mónica Rojas, Leslie Guzmán, Carolina Ortiz, Sonia Rodríguez, Edwin Gómez, Cristian García, Maga Galvis, por sus palabras de aliento en medio de la dificultad.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
4. JUSTIFICACIÓN.....	6
5. OBJETIVO.....	8
5.1 OBJETIVO GENERAL.	8
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	8
6. ANTECEDENTES.....	9
7. MARCO TEÓRICO.....	12
7.1. Perifiton.....	12
7.2. Fitoperifiton como indicador de calidad de agua.....	12
7.3. Calidad de agua.....	13
7.4. Calidad de agua en Colombia.....	14
7.5. Índices de calidad de agua.....	15
7.6 Índices que usan parámetros físicos y químicos.....	16
7.6.1. Índices ICO (Índice de contaminación):	16
7.6.2. Índice WQI _{NSF} (índice de Calidad de Agua).....	16
7.6.3. Índice ISQA (índice simplificado de calidad de agua)	17
7.7 índices de calidad que usan parámetros biológicos.....	18
8. METODOLOGÍA.....	21
8.1 Área de estudio:	21
8.2 Calidad del agua	24
8.3 Proceso de colonización relacionado con la calidad del agua	26
9. RESULTADOS.....	30
9.1. Calidad del agua del caño Quenane.....	30
9.1.2. Variables físicas y químicas <i>in situ</i>	30
9.1.2. Variables físicas y químicas <i>ex situ</i>	34

9.1.3. Componentes principales datos físicos y químicos	34
9.1.4 Índices de calidad de agua	35
9.1.5. Análisis de la calidad de aguas basados en la normatividad colombiana	36
9.2. Procesos de colonización del fitoperifiton en el caño Quenane	38
9.2.1. Descripción de la comunidad fitoperifítica	38
9.2.2. Presencia y Ausencia de morfoespecies del fitoperifiton del caño Quenane.....	43
9.2.3. Curvas de Acumulación de Especies	45
9.2.4. Índices de Diversidad en el periodo sucesional.....	47
9.3 Agrupamiento por composición	48
10. DISCUSIÓN.....	53
10.1 Calidad de agua del caño Quenane	53
10.1.1 Índice de Calidad del Agua	54
10.1.2. Comparación con la normatividad Colombiana:	54
10.2. Comunidad Fitoperifítica.....	55
10.2.1 Proceso Sucesional del fitoperifiton.	56
10.3. Agrupamiento	59
11. CONCLUSIONES	62
12. Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	84

Lista de Tablas

Tabla 1. Normatividad colombiana para calidad de agua.....	14
Tabla 2. Parámetros de calidad de agua (Jiménez y Vélez, 2006).....	16
Tabla 3. Estaciones de muestreo en el caño Quenane.....	22
Tabla 4. Parámetros y métodos utilizados para los análisis de muestras físicas y químicas <i>ex - situ</i>	24
Tabla 5. Valores para Interpretación de índices de calidad del agua. ICA (Índice de calidad de agua) ISCA (Índice simplificado de calidad de agua)	25
Tabla 6. Relacion entre los Valores del índice de diversidad con la contaminación del agua.....	28
Tabla 7. Rango, media y desviación estándar de las variables físicas y químicas tomadas in-situ en las cuatro estaciones de muestreo.....	29
Tabla 8. Rango y desviación estándar de las Variables físicas y químicas ex situ de las cuatro estaciones de muestreo.....	32
Tabla 9. Índices de calidad de agua en el caño Quenane, en las cuatro estaciones de muestreo para tres periodos hidrológicos.	35
Tabla 10. Variables físicas y químicas del caño Quenane que NO cumplen con los parámetros establecidos por la normatividad colombiana para el uso del agua en diferentes actividades antrópicas.	36
Tabla 11. Morfoespecies que se encontraron en una sola estación de muestreo y periodo hidrológico.	43
Tabla 12. Relación entre los valores de índice de diversidad con la contaminación Organica del agua (Wilhm & Dorris, 1968 en Dall, 1995) para el caso del caño Quenane.....	48

Lista de Figura

Figura 1. Mapa de coberturas del suelo de la cuenca del caño Quenane para el año 2014. Escala 1:2500; según la clasificación de Corine Land Cover	21
Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en el caño Quenane	23
Figura 3. Proceso de muestreo. a. instalación de muestras. b. recolección de muestras c. almacenamiento de muestras en bolsas ziploc.....	26
Figura 4. Variación espacial y temporal de la temperatura (a), pH (b), oxígeno disuelto (C), conductividad (d) y turbidez (e).....	31
Figura 5. Análisis de componentes principales para las variables físicas y químicas del caño Quenane. a. Diferenciación por componentes con las variables b. Análisis de componentes principales estaciones de muestreo.....	33
Figura 6. Abundancia relativa de las clases de microalgas y cianobacterias encontradas en el caño Quenane.....	38
Figura 7. Abundancias relativas de las clases de microalgas encontradas en las cuatro estaciones de muestreo.....	39
Figura 8. Abundancia relativa de las clases de fitoperifiton presentes en las estaciones de muestreo en los periodos hidrológicos AB, ATA, ATB.....	40
Figura 9. Densidad relativa en: a. SENA B. Santa Helena C. Villa Esperanza, d. Naranjal	41
Figura 10. Abundancia relativa de Morfoespecies presentes en las cuatro estaciones de muestreo; a. SENA b. Santa Helena, c. Villa Esperanza d. Naranjal.....	42
Figura 11. Curvas de acumulación de especies algales y cianobacteriales en las cuatro estaciones de muestreo en los tres periodos hidrológicos a. ATB, b, AB, c, ATA.....	46
Figura 12. Índices de diversidad y dominancia a. Shannon b. Simpson.....	47

Figura 13. Análisis de agrupamiento de estaciones utilizando el índice de similaridad de Bray Curtis y ligamiento simple para la composición de las microalgas. TB= Aguas Transición a Bajas. B=Aguas Bajas. TA= Aguas Transición a Altas.....50

Figura 14. Biplot basado en el RDA de las variables físicas y químicas y las morfoespecies del fitoperifiton (Etiquetas en el Anexo 3).....51

Figura 15. Biplot basado en el RDA de las morfoespecies del fitoperifiton, las estaciones de muestreo y el período hidrológico (Etiquetas en el Anexo 3).....52

ANEXOS

Anexo 1. Listado taxonómico de la comunidad fitoperifítica encontrada en el caño Quenane durante el tiempo de muestreo.....	81
Anexo 2. Presencia-ausencia de morfoespecies presentes en las cuatro estaciones de muestreo.....	88
Anexo 3. Etiquetas para las figuras 14 y 15.....	93
Anexo 4. Registro fotográfico de morfoespecies de fitoperifiton en el caño Quenane.....	95

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han generado cambios en la física, química y biología de las fuentes de agua lo cual lleva a problemas en la calidad del ésta (Elosegi & Sabater, 2009). Los problemas de calidad se ha medido con los índices de calidad del agua que son una herramienta útil para la toma de decisiones, por lo que es necesario el monitoreo continuo de cada variable (físico, química y bilógica) para adecuar el índice a niveles regional y local. Las mediciones físicas y químicas han sido por mucho tiempo utilizadas como puntos de comparación para determinar la calidad del agua pese a que éstas no proporcionan suficiente información en cuanto a los efectos de dichos cambios (Torres *et al.*, 2009); además, su uso se complica por el hecho de que la mayoría de los efluentes comprenden una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos que requieren un análisis adicional (Fernández *et al.*, 2000). Por tanto, al incluir a la comunidad biológica que es afectada por las condiciones ambientales alteradas se puede tener un mejor análisis de la realidad de los acontecimientos que suceden en el sistema (Cadavid *et al.*, 2010).

Los indicadores biológicos señalan procesos o estados en el que se encuentra el sistema donde ellos habitan (Arce *et al.*, 2006), el fitoperifiton se puede considerar como un indicador biológico acuático ya que está fuertemente ligado a condiciones ambientales reinantes en los ecosistemas (Ramírez, 2000) además responde rápidamente a los cambios ambientales por su ciclo de vida corto (Quiroz *et al.*, 2004), ha sido utilizado como indicador para la detección de sustancias contaminantes, saturación de oxígeno, eutroficación, mineralización, cambios climáticos, estructurales y sucesionales (Pinilla,1998)

Por ello, se planteó el presente trabajo donde se estima la calidad del agua del caño Quenane (cuenca alta del río Meta, Orinoquia Colombiana) a partir del análisis de la comunidad del fitoperifiton como posible bioindicadora de las

condiciones ambientales actuales del sistema, teniendo en cuenta el proceso de sucesión y la variabilidad producida en tres periodos hidrológicos contrastantes.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los indicadores biológicos en los ríos posibilitan medir las cualidades del agua como respuesta de los organismos en relación al medio donde viven (Lobo *et al.*, 2016). Estos organismos indicadores biológicos (o bioindicadores) se han considerado como aquellos cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habitan (Arce *et al.*, 2006); las especies son seleccionadas como indicadoras por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros, de tal manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (Raz, 2000). Entre este tipo de organismos, el fitoperifiton puede considerarse como bioindicador ya que su distribución, composición y estructura varía rápidamente con los cambios ambientales (Roldán, 1992; Pinilla, 1998; Ramírez 2000; Quiroz *et al.*, 2004; Montoya & Aguirre, 2013); además, por su ciclo de vida corto depende fuertemente de las condiciones y características a las que está sometido, como la luz, los nutrientes, parámetros físicos y químicos, el tipo de sustrato, entre otros (Biggs, 1996; Stevenson, 1996; Saravia *et al.*, 1998; Cushing & Allan, 2001). El fitoperifiton se refiere a las microalgas que viven adheridas a tallos y hojas de plantas acuáticas enraizadas o a otras superficies como rocas, troncos, hojas, entre otros (Schwarzbold, 2013). Estos organismos son importantes al ser los principales productores primarios de los ecosistemas lóticos soportando las redes alimenticias, además de remover nutrientes, atenuar la corriente y estabilizar los sedimentos (Biggs, 1990; Lowe & Pan, 1996; Lowe & Laliberte, 1996; Stevenson, 1996; Arce *et al.*, 2006). La comunidad del fitoperifiton conforma el principal punto de entrada de la energía a los ecosistemas fluviales.

Los bioindicadores son una herramienta para conocer la calidad del agua, como un complemento del método tradicional, como es el análisis físico y químico de las aguas. El uso de los bioindicadores simplifica en las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación

de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Arce *et al.*, 2006). La información generada, a partir de los bioindicadores no reemplaza los análisis físicos y químicos de las aguas, pero sí complementa el análisis general de un sistema estudiado por lo que estos estudios son importantes en el monitoreo de la calidad del agua (Álvarez *et al.*, 2013).

En Colombia existen estudios en el uso del fitoperifiton como indicador de calidad del agua en sistemas lóticos, como los trabajos de Ospina & Peña (2004), De La Parra & Rodelo (2012) y Jiménez *et al.*, (2014). En los cuales la diversidad, la presencia – ausencia y la dominancia han indicado perturbaciones en el sistema por actividades antrópicas (Vertimientos, bragado, asentamientos humano).

En el departamento del Meta existen pocos estudios relacionados con el uso del fitoperifitón como indicador de calidad de agua, uno de los primeros trabajos relacionados con este tema fue el realizado por Vera *et al.*, (2011) el cual determino los efectos del agua asociada a la producción de la industria petrolera, vertida al río Acacias en el Departamento del Meta - Colombia, sobre la abundancia y riqueza de la comunidad fitoperifítica favoreciendo el afloramiento de algas Cyanophycecae en el lugar del vertimiento Para poder relacionar la comunidad fitoperifítica con la calidad del agua se hace necesario conocer las actividades que pueden generar cambios en la composición física y química de un sistema acuático, en el caño Quenane se desarrollan diversas actividades antrópicas que pueden causar cambios en esta comunidad.

Investigaciones hechas por autores como León *et al.*, (2009), Osorio *et al.*, (2009), Gutiérrez *et al.*, (2010), Guzmán *et al.*, (2011), Alonso *et al.*, (2012), Bernal *et al.*, (2012) e ICAOC, (2015) identifican que en la cuenca del caño Quenane se realiza explotación de petróleo por el campo de la Superintendencia de operaciones Apiay SOA, perteneciente a la operadora de Ecopetrol S.A, que ocupa un 3% del suelo superficial; otra característica de esta cuenca es la ampliación de sectores poblados, ganadería de explotación extensiva, agricultura y algunas áreas

destinadas al turismo (ICAOC, 2015).

Una alternativa para poder determinar el estado de un ecosistema como el caño Quenane es a partir de la composición y abundancia del fitoperifiton el cual permite evaluar el impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas acuáticos actuando como indicadores biológicos en los ríos (Lobo, 2002) como el que trata este trabajo.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen cambios espaciales o temporales en la estructura de la comunidad fitoperifítica como producto de las actividades antropogénicas generadas en el cauce del caño Quenane que puedan ser usados como bioindicador asociados a la calidad del agua?

4. JUSTIFICACIÓN

El uso del fitoperifiton como indicador de calidad de agua ha ganado aceptación a nivel mundial (Luján, 2000; Quiroz *et al.*, 2004) por su capacidad de responder a perturbaciones en la calidad del agua, manifestándose en cambios de la biomasa (Wuhrmann y Eichenberger, 1975; Watanabe *et al.*, 1988; Biggs, 1989), ser susceptibles a los índices de diversidad (Weitzel y Bates, 1981; Stevenson, 1984; Toro *et al.*, 2003) y a cambios en la estructura y la composición taxonómica (Archibald, 1972; Yuca & Tapia, 2008; Álvarez *et al.*, 2013).

En Colombia autores como Hernández *et al.*,(2005), Ramírez y Plata (2008), Bustamente *et al.*, (2008) y Jiménez *et al.*,(2014) relacionan las actividades antropogénicas con las condiciones físicas y químicas de los sistemas acuáticos (lenticos y loticos) y la variación espacio temporal que sufre fitoperifiton como respuesta a estos cambios.

En la región de la Orinoquia Colombiana se conocen estudios sobre la estructura y composición de la comunidad fitoperifítica como el de Caro *et al.*, (2011), Rivera *et al.*, (2010) y Marciales *et al.*, (2012). Existen investigaciones donde relacionan perturbaciones ambientales con la estructura y composición de la comunidad fitoperifítica como el realizado por Vera-Parra *et al.*, (2011) en el río Acacias y el estudio realizado por Salomón-Fontanilla (2012) en tres ríos del municipio de Tauramena. Es necesario aportar información de los efectos que pueden tener las actividades antrópicas sobre las comunidades bióticas, en especial el fitoperifiton, al ser un componente principal en el ecosistema acuático y cuyos cambios en su composición y estructura pueden verse reflejados en las redes tróficas.

Por lo tanto, aportar en el entendimiento de su papel en los ecosistemas como bioindicadores pueden ser de ayuda en investigaciones futuras y en la toma de medidas para el mantenimiento y conservación de los ecosistemas. Con este

trabajo se pretende asociar las actividades antrópicas sobre la comunidad fitoperifítica y su acción sobre la calidad del agua del Caño Quenane.

5. OBJETIVO

5.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar la existencia de cambios espaciales o temporales en la estructura de la comunidad fitoperifítica, como producto de las actividades antropogénicas en la cuenca del caño Quenane, que permitan utilizarla como bioindicadora de la calidad del agua

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ❏ Conocer la calidad del agua del caño Quenane en tres períodos hidrológicos.
- ❏ Determinar el proceso de colonización del fitoperifiton relacionado con la calidad del agua presente en el caño Quenane en tres períodos hidrológicos.
- ❏ Definir la potencialidad de indicador biológico del fitoperifiton en las condiciones ambientales actuales del Caño Quenane.

6. ANTECEDENTES.

Algunas investigaciones realizadas sobre las comunidades fitoperifíticas están encaminadas hacia su capacidad bioindicadora, al ser consideradas como sistemas de alerta temprana para detectar la contaminación de cuerpos de agua por actividades agropecuarias e industriales, debido al uso de pesticidas, fertilizantes, metales pesados, entre otros. Vale la pena resaltar los primeros trabajos realizados en lugares con presencia de hidrocarburos como el de McCauley (1966), en el cual registró que el petróleo fue evidentemente tóxico para el plancton, encontrando que los géneros tolerantes a las más altas concentraciones de petróleo fueron: *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Ankistrodesmus*, *Chlamydomonas*, *Closterium*, *Gonium*, *Scenedesmus*, *Asterionella*, *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Meridion*, *Navicula*, *Tabellaria*, *Euglena* y *Trachelomonas*. Singh & Gaur (1989), en un arroyo contaminado con vertidos de refinería de petróleo en Digboi (Assam, India), hallaron que el número de taxones de algas junto con la biomasa y clorofila disminuyeron en las estaciones contaminadas, pero el crecimiento de *Oscillatoria* se incrementó; trabajos realizados por Nayar *et al.*, (2003), Oberholster *et al.*, (2010) y Baek *et al.*, (2013) obtuvieron resultados similares, en donde se evidenció que en aguas con contaminación por hidrocarburos existe una reducción en los números de taxones de fitoperifiton presentes en los cuerpos de agua.

En investigaciones realizadas por Vis *et al.*, (1998) en el río San Lorenzo (Canadá) donde se comparo el desempeño de los diversos índices de algas para documentar las mejoras en la calidad del agua a través de una baja concentración de nutrientes se evaluó durante 2 años, Toro *et al.*, (2003) en Chile, usaron las diatomeas y macroinvertebrados para el diagnóstico de la calidad de agua en sistemas lóticos . En Argentina Solange (2011) realizó un estudio donde analizó el impacto del glifosato sobre la comunidad

fitoperifítica y en Chile usando diatomeas y macroinvertebrados; En el Humedal Abras (Ecuador) Álvarez *et al.*, (2013) proporcionaron una caracterización de las comunidades bióticas teniendo en cuenta que se presentan dos perturbaciones como la agricultura (Arroz y Maíz) y las obras de una presa, aplicando un índice biológico a la comunidad de ictioplancton y macroinvertebrados. Lobo *et al.*, 2016 realizaron una compilación de la eficiencia en uso de las diatomeas fitoperifitas como indicadoras de calidad de agua en distintos cuerpos de agua del mundo.

En Colombia Montoya & Aguirre (2013) realizaron una recopilación de los trabajos desarrollados en el país, reuniéndolos por el tipo de ecosistema (lótico-léntico) y por regiones, donde se evidencia que la mayoría de estudios están centrados en la región andina. Algunos de éstos corresponden al de Hernández *et al.*, (2005), donde se estimó la variación espacio - temporal del fitoperifiton, relacionándola con química del agua de la quebrada La Vega (San Roque, Antioquia); Ramírez y Plata (2008) relacionaron las variables ambientales con las diatomeas en dos ecosistemas lóticos; Bustamante *et al.*, (2008) estudiaron la composición y abundancia de la comunidad fitoperifítica en el río Quindío, y se concluyó que puede estar limitada por las condiciones climáticas, físicas, químicas, tróficas, hidrodinámicas y geomorfológicas que presenta la cuenca. Parra y Rodelo (2012) caracterizaron la composición y abundancia de las algas perifíticas de la cuenca media y baja del Rio César y las asociaron con las variables físicas, químicas e hidrológicas. El trabajo más reciente es de Jiménez *et al.*, (2014) en donde se evaluó la variación espacio - temporal de la comunidad perifítica en relación con diferentes tipos de contaminación antropogénica en la quebrada Tolda Fría y La María, al nororiente del municipio de Villamaría en el departamento de Caldas.

En la Orinoquia Colombiana existen estudios donde se han realizado caracterizaciones y descripciones de la comunidad fitoperifítica, como el de

Ribera-Rondón *et al.*, (2010) quienes caracterizaron a nivel limnológico los humedales de la planicie de inundación del río Orinoco. Giraldo-Kalil *et al.*, (2011) caracterizaron los ecosistemas acuáticos del PNN el Tuparro, e incluyeron un proyecto realizado por Vargas & Bernal (2011) en el cual se realizó una caracterización de la comunidad de cianofíceas en el perifiton asociado a los afloramientos rocosos de granítico y hojarasca, donde se encontró a Cyanophyta con la menor proporción de géneros y el sustrato rocoso con la mayor abundancia de organismos. Franco *et al.*, (2012) realizaron un estudio regional de los ecosistemas acuáticos y terrestres de la región de Carimagua. Salomón-Fontanilla (2012) adelantó un estudio donde muestra el efecto de la extracción de piedra sobre la comunidad perifítica en ríos del piedemonte llanero colombiano en el cual se evidenció que la influencia ejercida por la estacionalidad en las variaciones químicas y biológicas es más notoria que las diferencias ocasionadas por la extracción de material.

En el departamento del Meta los esfuerzos por avanzar en el conocimiento de las características limnológicas se evidencian en trabajos como el de Vera-Parra *et al.*, (2011), quienes encontraron disminución de la riqueza de la comunidad fitoperifítica en los vertimientos de aguas asociadas a la producción de la industria petrolera en el río Acacías. Otero-Paternina *et al.*, (2012) encontraron que el hidrocarburo policíclico aromático fenantreno afecta negativamente el crecimiento de la micro alga *Chlorella vulgaris* bajo condiciones de laboratorio.

7. MARCO TEÓRICO.

7.1. Perifiton.

El perifiton es una comunidad compleja de micro biota (algas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos) adherida a un sustrato, que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto, para formar una fina capa de pocos milímetros (biofilm) ubicada entre el sustrato y la capa de agua que lo rodea (Wetzel, 2001). El fitoperifiton es de gran importancia en sistemas lóticos y lénticos dado que contribuye con la productividad primaria,. Su capacidad fotosintética le permite capturar la energía lumínica solar y tomar los nutrientes inorgánicos disueltos en el agua y transformarlos en compuestos orgánicos (carbohidratos), a partir de los cuales se mantienen los niveles tróficos superiores (Ramírez & Viña, 1998, Elosegi & Sabater, 2009).

El fitoperifiton juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a un sistema acuático (Luján, 2000; Quiroz *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2013).

7.2. Fitoperifiton como indicador de calidad de agua.

Todo organismo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, ya que en cualquier forma su existencia en un espacio y momento determinados responde a su capacidad de adaptarse a los

distintos factores ambientales. Un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita (Pinilla, 2000; Arce *et al.*, 2006, Zúñiga & Cardona 2009; Moresco & Rodríguez, 2013).

El fitoperifiton responde rápidamente a los cambios ambientales por su ciclo de vida corto. Estos cambios alteran la estructura de sus comunidades y repercute en el interés socioeconómico del sistema acuático en tiempos relativamente cortos, sobre todo por su papel de productores primarios (Quiroz *et al.*, 2004).

También ha sido utilizado como indicador para la detección de sustancias contaminantes, saturación de oxígeno o anoxia, eutroficación natural transparencia del agua, turbulencia, procesos de mezcla, mineralización, cambios climáticos, estructurales y sucesionales (Pinilla,1998); puede adquirir mayor resistencia o tolerancia a diversas sustancias, por ejemplo a fertilizantes, e incrementar su desarrollo y abundancia repercutiendo en la eutrofización de las aguas, donde ciertas especies muestran el estado trófico de arroyos, ríos y lagos (De la Lanza *et al.*, 2000). Del mismo modo, está fuertemente ligado a condiciones ambientales reinantes en los ecosistemas, razón por la cual es usado como indicador biológico en ambientes acuáticos (Roldán, 1992; Ramírez, 2000).

7.3. Calidad de agua.

La calidad del agua en una región está determinada tanto por factores naturales (condiciones climáticas, erosión del suelo, litología de la captación, aportes atmosféricos, etc.) como antropogénicos (Bricker & Jones, 1995). La utilización de cuerpos de agua como sistemas de eliminación de desechos por parte de industrias y de asentamientos humanos, han originado, entre

otros, un problema serio de alteración de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos (Elosegi & Sabater, 2009). Actualmente se utilizan diversos tipos de organismos acuáticos para estimar las condiciones de salud de un cuerpo de agua, especialmente de los sistemas lóticos (Quiroz *et al.*, 2004).

7.4. Calidad de agua en Colombia.

La clasificación de la calidad del agua se basa, generalmente, en la comparación de datos de concentración de contaminantes medidos en campo contra valores límite establecidos en instrumentos legales (Jiménez & Vélez, 2006) Los estándares de calidad para ríos y otros cuerpos de agua se definen con base en criterios sobre los posibles usos del agua (Ramírez *et al.*, 1997). Las normas para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua en Colombia están dados por los lineamientos que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Normatividad Colombiana para Calidad de Agua.

NORMA	TEMA: LEYES CALIDAD DE AGUA
Ley 23 de 1973	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo
Ley 09 de 1979	Código Sanitario
Ley 142 de 1994	Regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios.
Ley 373 de 1997	Ahorro y uso eficiente del agua.
NORMA	TEMA: DECRETOS AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO
Decreto Ley 2811 de 1974	Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables
Decreto 1449 de 1977	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática
Decreto 1541 de 1978	Otorgamiento de concesiones y vertimientos
Decreto 2857 de 1981	Ordenación y protección de cuencas hidrográficas
Decreto 2858 de 1981	Aprovechamiento de aguas con destino a la formulación de proyectos de riego
Decreto 1594 de 1984	Reglamenta parcialmente la Ley 09 de a 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano
Decreto 1594 de 1984	Usos del agua y residuos líquidos, Normas de vertimientos de residuos líquidos.
Decreto 1753 de 1994	Define la licencia ambiental

Decreto 2150 de 1995	Reglamenta la licencia ambiental y otros permisos
Decreto 605 de 1996	Prestación del servicio público domiciliario de aseo.
Decreto 901 de 1997	Tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a cuerpos de agua
Decreto 475 de 1998	Normas sobre calidad del agua potable.
Decreto 302 de 2000	reglamenta la Ley 142 de 1994,
Decreto 155 de 2004	Tasas por uso
Decreto 4742 de 2005	Tasas por uso
Decreto 1575 de 2007	Control de calidad de agua para consumo
Decreto 168 de 2009	Actividades de monitoreo y seguimiento
Resolución 0631 del 2015	Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
CONPES NUMERO	TEMA: DOCUMENTOS CONPES AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO
3177 de 2002	Manejo de Aguas Residuales
3246 de 2003	Lineamientos de política para el sector de agua potable y saneamiento básico
3253 de 2003	Importancia Estratégica Del Programa De Modernización Empresarial En El Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico.
3343 de 2005	Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial.
3381 de 2005	Importancia Estratégica de los Recursos de Inversión Regional - Agua Potable y Saneamiento Básico.
3383 de 2005	Plan de Desarrollo del Sector de Acueducto y Alcantarillado
3384 de 2005	Prácticas de Gobierno Corporativo en Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios - Lineamientos de Política.
3385 de 2005	Participación Privada en Servicios Públicos Domiciliarios – Lineamientos de Política
CONPES NUMERO	TEMA: DOCUMENTOS CONPES AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO
3463 de 2007	Lineamientos para la estructuración, la financiación y la ejecución de los Planes Departamentales de Agua y Saneamiento
3463 DE 2007	Planes Departamentales De Agua Y Saneamiento Para El Manejo Empresarial De Los Servicios De Acueducto, Alcantarillado Y Aseo
3530 de 2008	Lineamientos Y Estrategias Para Fortalecer El Servicio Público De Aseo En El Marco De La Gestión Integral De Residuos Sólidos
132 de 2010	Distribución Del Sistema General De Participaciones Once Doceavas De La Vigencia 2010 Para Salud Y Agua Potable Y Saneamiento Básico.
137 de 2011	Distribución Del Sistema General De Participaciones (Educación, Agua Potable, Propósito General Y Asignaciones Especiales.

7.5. Índices de calidad de agua.

Los índices de calidad de agua son una herramienta para medir, y pueden usar parámetros físicos, químicos o biológicos o una relación de todos ellos.

Aquellos basados en los parámetros físicos y químicos tienen en cuenta variables como las presentadas en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de Calidad de Agua (Jiménez & Vélez, 2006)

PARÁMETROS	
Coliformes fecales	Sólidos totales
Coliformes totales	Nitritos
Oxígeno disuelto	DQO
Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO ₅	Color verdadero
Nitratos	Grasas y aceites
Fosfatos	Nitrógeno total
Turbiedad	Fósforo total
	Conductividad

7.6 Índices que usan parámetros físicos y químicos.

7.6.1. Índices ICO (Índice de contaminación):

Construidos mediante análisis de componentes principales, y tienen como propósito reducir un espacio multivariado de numerosas variables a solo unas componentes que explican un alto porcentaje de la varianza total. Tiene un rango de variación entre 0 y 1, donde cero (0) denota baja contaminación y uno (1) alta contaminación (Ramírez *et al.*, 1997).

7.6.2. Índice WQI_{NSF} (Índice de Calidad de Agua)

Este índice asigna factores de ponderación a cada una de las variables en las que se fundamenta:

$$WQI = w \times q$$

w = denota el factor de importancia o ponderación de la variable respecto a las restantes variables que conforman el índice.

q = corresponde al factor de escala de la misma y depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes, y se estima de acuerdo con el diagrama construido para cada variable que permite llevarlas a la misma escala antes de ser agregadas en un solo valor (Krenkel & Novotny, 1980).

7.6.3. Índice ISQA (índice simplificado de calidad de agua)

Es un índice conocido a nivel global, se usa como índice complementario del índice de calidad de agua. Por sus siglas este índice se define como: $ISQA = T(A+B+C+D)$

Las cinco características escogidas con indicación de su rango son:

1. T se deduce de la temperatura en °C del agua del sistema acuático estudiado (t), toma valores de 1 a 0,8. Si $t \leq 20$ °C, T vale 1; si $t > 20$ °C, T se calcula como $T = 1 - (t-20) \cdot 0.0125$.
2. A se deduce del consumo de permanganato (DQO)1 =(a) expresado en mg/l, toma valores de 0 a 30. Si $a \leq 10$, $A = 30 - a$; si $60 > a > 10$, $A = 21 - (0.35 \cdot a)$; si $a > 60$, $A = 0$.
3. B se deduce a partir de la materia en suspensión (MES) en mg/l, toma valores de 0 a 25. Si $MES \leq 100$, $B = 25 - (0.15 \cdot MES)$; si $250 > MES > 100$, $B = 17 - (0.07 \cdot MES)$; si $MES > 250$, $B = 0$
4. C se deduce a partir del oxígeno disuelto (O_2) en mg/l, toma valores de 0 a 25. Si $O_2 \geq 10$, $C = 25$, para valores más bajos $C = 2.5 \cdot O_2$
5. D se deduce de la conductividad expresada en $\mu S/cm$ a 18 °C, toma valores de 0 a 20. por lo Si $d \leq 4000$, $D = (3.6 - \log d) \cdot 15.4$; Si $d > 4000$, $D = 0$. la

conductividad ha sido medida a 25°C, por lo que hay que convertirla a 18°C multiplicándola por 0.86

7.7 índices de calidad que usan parámetros biológicos.

Los índices de calidad del agua son una herramienta útil para la toma de decisiones, por lo que es necesario el monitoreo continuo de cada variable para adecuar el índice a niveles regional y local (Cadavid *et al*, 2010), las mediciones físicas y químicas han sido por mucho tiempo utilizadas como puntos de comparación para determinar la calidad del agua pese que estas no proporcionan suficiente información en cuanto a los efectos de dichos cambios, en cambio la comunidad biológica que es afectada por las condiciones ambientales alteradas puede brindar información valiosa de los acontecimientos en el sistema (Chantal *et al.*, 1998). El uso de estas variables físicas y químicas se complica por el hecho de que la mayoría de los efluentes comprenden una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos que requieren un análisis adicional.

Por consiguiente, los indicadores biológicos tales como macroinvertebrados (Rosenberg y Resh ,1993) y fitoperifiton (Fjerding, 1964 ; Patrick, 1973 ; Stevenson y Lowe, 1986; Lowe y Pan, 1996) se han utilizado para proporcionar una medida integrada de los efectos de una variedad de efluentes en el medio ambiente natural.

Existen investigaciones que han demostrado varias características del perifiton que responden a cambios importantes en la calidad del agua. Unas de esas características son: la Biomasa (Wuhrmann y Eichenberger , 1975 ; Watanabe et al , 1988 ; . Biggs , 1989) , los índices de diversidad (TORO et al., 2003) Weitzel y Bates, 1981; Stevenson, 1984), y la composición

taxonómica (Yuca Y Tapia, 2008; Archibald, 1972; Álvarez et al., 2013) estos cambios han sido reportados como indicadores de la calidad del agua.

La confección de los índices bióticos conlleva a la realización de un inventario de las especies presentes en un determinado lugar de la manera más específica posible, por lo cual se hace necesario actualizar los conocimientos taxonómicos sobre la fauna acuática, de la que en algunos grupos no se tenía ningún avance (Burillo, 1997). Los índices de diversidad para los ecosistemas acuáticos, son básicamente una aproximación a la calidad biológica a través de la estructura de la comunidad, en cambio los índices bióticos son una aproximación a la contaminación del agua haciendo uso del concepto organismo indicador, aunque estos no representen la estructura de la comunidad (Vázquez et al., 2006).

Según Washington (1984) y De la Lanza et al., (2000) existen numerosos índices que se han desarrollado para evaluar la calidad del agua con base en la diversidad biológica que se presenta en el sitio, algunos de ellos son el Índice de Shannon & Weaver (1948), Simpson (1949) y Margalef (1980). Igualmente, se han empleado otros para la evaluación de la calidad del agua (Yucra & Tapia, 2008; Arce et al 2006; Pinilla, 2000; Pinilla, 1998; Chapman, 1996), como son: Índice Saprobico, Índice Biótico de Beck, Índice Secuencial de Comparación, Índice Estadístico de Pielou, Índice de Hilsenhoff, Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), Índice de Macroinvertebrados bentónicos, Índice Biológico Diatómico (IBD), el Índice biológico general normalizado (IBGN) y el Índice General Diatómico (IDG).

En otros países a partir del estudio de diatomeas como indicadores biológicos (Patrick, 1973, Villafañe & Reid, 1995; Pinilla, 1998; Peña et al., 2005, Schuch, 2014) se han utilizado exitosamente el Índice biológico diatómico (IBD), Índice biológico general normalizado (IBGN), Índice General Diatómico (IDG) y el Índice Saprobico (SI). Es el índice diatómico general

(IDG) es uno de los más usados en los estudios de biomonitoreo. Este índice tiene como finalidad la identificación de las diatomeas a nivel de género (frente al índice IBD que exige una clasificación taxonómica hasta el nivel de especie), dándole así cierta ventaja a la hora de la identificación (TAR, 2000).

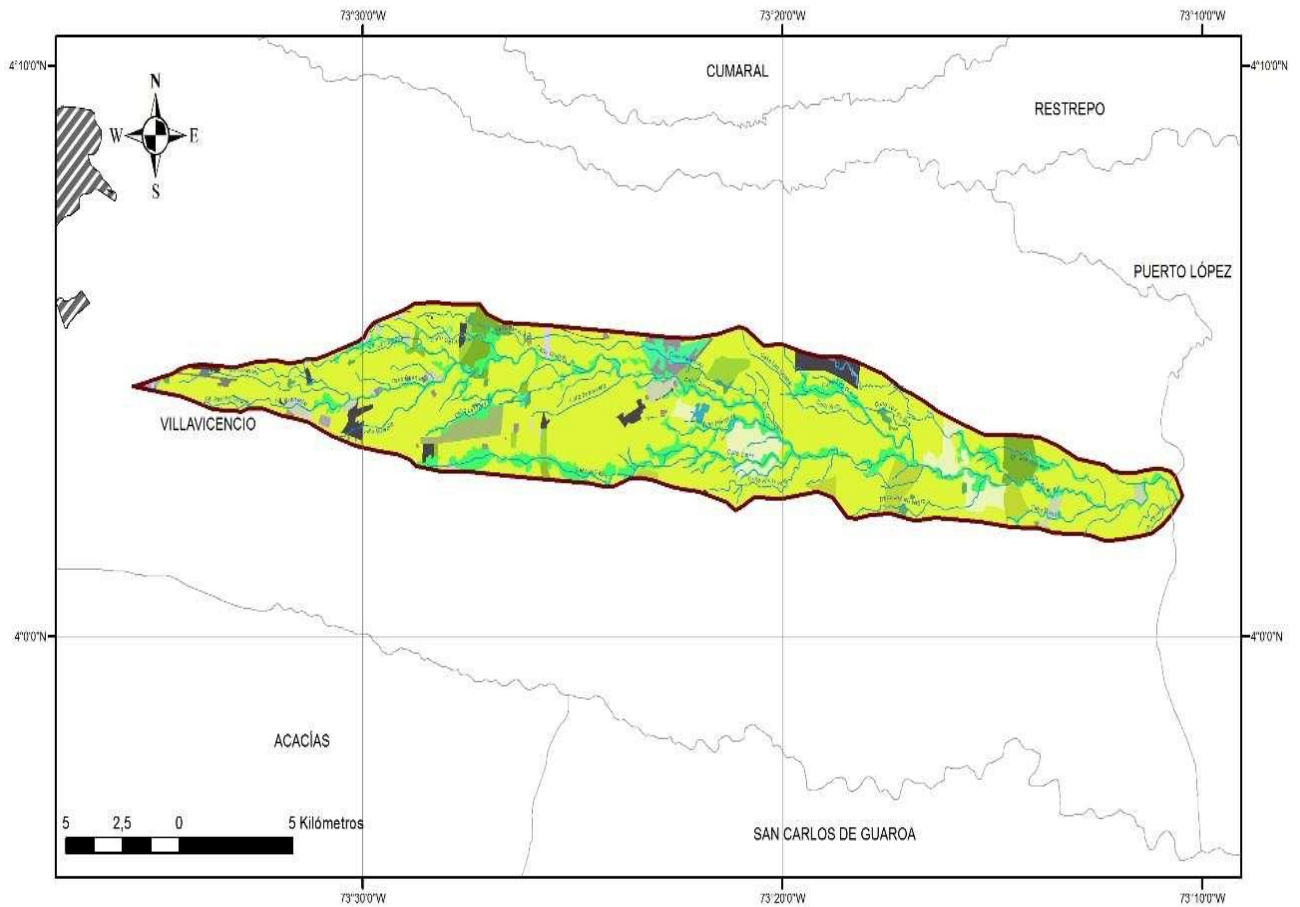
8. METODOLOGÍA.

8.1 Área de estudio:

La micro cuenca del caño Quenane se encuentra ubicada entre los municipios de Villavicencio y Puerto López. Está delimitada hacia el norte por las cuencas hidrográficas del río Ocoa y el caño Pachaquiario; por el oriente con el municipio de Puerto López; por el sur con la cuenca hidrográfica del río caños Negros y por el occidente con la cuenca hidrográfica del río Ocoa (Osorio *et al.*, 2015) y cuenta con un área de 16.716 has; tiene un recorrido de aproximadamente 47 Km, nace en la zona media de la vereda Peralonso (Villavicencio) en los humedales base de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), recorre en su zona alta a las Veredas Apiay, La Llanerita, La Reforma y La Libertad (Villavicencio); en la zona media recorre las Veredas Peralonso y Quenane, y en la zona baja la vereda Puerto Colombia y el corregimiento de Pachaquiario (Puerto López), para luego desembocar en el caño río Negrito el que a su vez llega al río Metica (Alonso *et al.*, 2012).

Según Correa *et al.*, (2005) León *et al.*, (2009), Osorio *et al* (2009), Gutiérrez *et al* (2010), Guzmán *et al.*, (2011), Alonso *et al.*, (2012), Bernal *et al* (2012) Osorio *et al.*, (2015) identificaron que en la cuenca del caño Quenane se realiza explotación de petróleo por el campo de la Superintendencia de operaciones Apiay SOA, perteneciente a la operadora de Ecopetrol S.A, que ocupa un 3 % del suelo superficial.

Según el estudio realizado por el Osorio *et al.* (2015) en caño Quenane las coberturas predominantes son las áreas agrícolas (82,5%), cobertura de bosques y arbustales (13,1%), áreas artificializadas (4,06%) y superficies de agua (0,28%) como se observa en la Figura 1. Las actividades presentes en el caño Quenane pueden llegar a modificar la calidad del agua de este sistema.



Convenciones

- Cabecera Municipal
- Drenajes
- Municipios
- Cuenca Caño Quenane

Código, Cobertura, Uso

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 111, Zonas Urbanas y Rurales, Habitacional 112, Zonas Urbanas y Rurales, Minería 113, Zonas Urbanas y Rurales, Industria 114, Zonas Urbanas y Rurales, Porcícolas 115, Zonas Urbanas y Rurales, Avicultura 116, Zonas Urbanas y Rurales, Turismo y/o Recreación 117, Zonas Urbanas y Rurales, Aeropuertos/ Pistas Aéreas 118, Zonas Urbanas y Rurales, Otros 211, Cultivos Transitorios, Cereales: Arroz/Sorgo/Maíz 212, Cultivos Transitorios, Leguminosas: Frijol/Soya 213, Cultivos Transitorios, Otros 221, Cultivos Permanentes, Palma de Aceite 222, Cultivos Permanentes, Cítricos | <ul style="list-style-type: none"> 223, Cultivos Permanentes, Otros 231, Cultivos Heterogéneos, Mosaicos de Cultivos 232, Cultivos Heterogéneos, Mosaico de Pastos y Cultivos 233, Cultivos Heterogéneos, Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales 234, Cultivos Heterogéneos, Mosaico de pastos y espacios naturales 2411, Pastos y Arbustales, Ganadería Extensiva 2412, Pastos y Arbustales, Ganadería Semiextensiva 2413, Pastos y Arbustales, Ganadería Intensiva 2414, Pastos y Arbustales, Ganadería Semiintensiva 2511, Pasto Enmalezado/Rastrojo, Ganadería Extensiva 2512, Pasto Enmalezado/Rastrojo, Ganadería Semiextensiva 2513, Pasto Enmalezado/Rastrojo, Ganadería Intensiva 2514, Pasto Enmalezado/Rastrojo, Ganadería Semiintensiva 2611, Pastos Limpios/Manejados, Ganadería Extensiva 2612, Pastos Limpios/Manejados, Ganadería Semiextensiva 2613, Pastos Limpios/Manejados, Ganadería Intensiva 2614, Pastos Limpios/Manejados, Ganadería Semiintensiva 2711, Pastos Arbolados, Ganadería Extensiva | <ul style="list-style-type: none"> 2712, Pastos Arbolados, Ganadería Semiextensiva 2713, Pastos Arbolados, Ganadería Intensiva 2714, Pastos Arbolados, Ganadería Semiintensiva 311, Bosque Denso, Conservación y/o Protección 321, Bosques de Galería, Protección 331, Bosques Abiertos, Protección 341, Bosques Fragmentados, Producción 351, Arbustos y Matorrales, Protección 361, Vegetación Secundaria, Protección 371, Vegetación de Páramo y Subpáramo, Protección 411, Ríos, No Aplica 421, Quebradas y/o Caños, No Aplica 431, Estanques y/o Represas, Piscicultura 432, Estanques y/o Represas, Turismo 433, Estanques y/o Represas, No Aplica 511, Playones, No Aplica 521, Suelos Erosionados, No Aplica 522, Suelos Erosionados, Otros |
|--|--|---|

Figura 1. Mapa de Coberturas del suelo de la cuenca del caño Quenane para el año 2014. Escala 1:2500; según la clasificación de Corine Land Cover. Fuente: Osorio et al., 2015

Una alternativa para poder determinar el estado de un ecosistema como el caño Quenane es a partir de la composición y abundancia del fitoperifiton, el cual puede evaluar el impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas acuáticos actuando como indicadores biológicos en los ríos (Lobo, 2002) como el que trata este trabajo.

Tabla 3. Estaciones de muestreo en el caño Quenane.

ESTACIONES DE MUESTREO Punto	Nombre del punto	Abreviaturas	Latitud Norte	Longitud Oeste	Actividad antrópica
1	SENA	SENA	04°04'2,87"	73°30'28,22"	Asentamientos humanos
2	Santa Helena	StaH	04°04'50,48"	73°25'32,47"	Recreacional y uso domestico
3	Villa Esperanza	VEsp	04°04'32,93"	73°22'34,63"	Vertimientos (estación Apiay, asentamientos humanos)
4	El Naranjal	Nar	04°02'55,5"	73°15'15,9"	acuicultura Cultivos (arroz, cítricos)

Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo, ubicados en: **1)** el nacimiento del caño, **2)** en la parte media **3)** Parte media baja y **4)** en la parte baja del caño Quenane (Figura 2, Tabla 3). Estos sitios se seleccionaron teniendo en cuenta las actividades antrópicas que se desarrollan en el recorrido del curso de agua, como cultivos, asentamientos humanos, balnearios y vertimientos de industrias.

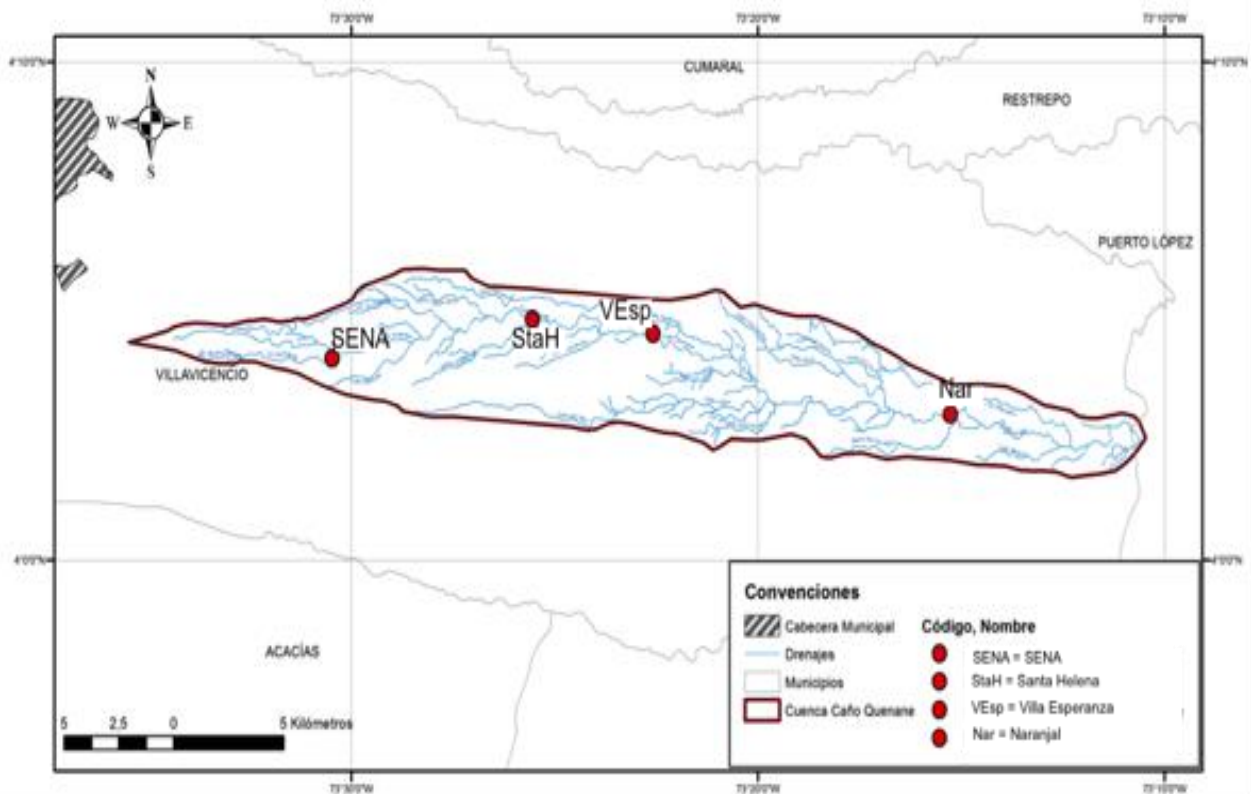


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en el caño Quenane.

8.2 Calidad del agua

Entre noviembre de 2014 y abril de 2015 se realizaron tres muestreos en diferentes épocas hidrológicas. El primer muestreo corresponde al período de transición a aguas bajas (ATB) (noviembre-diciembre de 2014), el segundo muestreo corresponde al periodo de aguas bajas (AB) (febrero-marzo de 2015) y el tercer muestreo al periodo de transición a aguas altas (ATA) (abril de 2015).

En cada estación se registraron *in situ* variables físicas y químicas (pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y turbidez) y se tomaron muestras compuestas de agua para análisis *ex situ* de los parámetros presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros y Métodos utilizados para los análisis de muestras físicas y químicas *ex – situ*.

Parámetro	Unidad	Método	Referencia Standard Methods.
Amonio	mg/L	Fenato	SM4500-NH3 F
Arsénico	mg/L	A.A generador de hidruros	SM 3114 C
Bicarbonatos	mg/L	Titulométrico H ₂ SO ₄	SIM 2320 B-CALCULO
Cadmio	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B
Calcio	mg/L	A.A Directa Aspiración	SM 3111 B
Cobre	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B
Coliformes fecales	NMP/100ml	Sustrato Definido	SM 9223 B
Coliformes totales	NMP/100ml	Sustrato Definido	SM 9223 B
Cromo	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B
DBO ₅	mg/L	Incubación 5 días (Electrométrico)	SM5210 B
DQO	mg/L	Reflujo abierto	SM 5220 B
Fenoles	mg/L	Destilación extracción por Cloroformo	SM 5530 B,C
Fósforo total	mg/L	Colorimétrico (Cloruro estañoso)	SM 4500-P B, D
Grasas y aceites	mg/L	Partición- Método infrarrojo	Sm 5520 C
Naftaleno	mg/L	GC	SM 6410 B
Antraceno	mg/L	GC	SM 6410 B
Hidrocarburos totales	mg/L	Participación	SM 5520 C,F
Hierro total	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B
Magnesio	mg/L	A.A Directa Aspiración	SM 3111 B
Mercurio	mg/L	A.A Vapor frío	SM 3112 B
Níquel	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B
Nitratos	mg/L	Colorimétrico (NEDA)	SM 4500-NO2 B
Nitritos	mg/L	Espectrofotométrico UV	SM 4500-NO3 B
Nitrógeno total	mg/L	semi-micro Kjeldahl Fenato	SM4500-NORG c, 4500 NH3 B, F
Ortofosfatos	mg/L	Colorimétrico (Cloruro Estañoso)	SM 4500-P D
Plomo	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B
Potasio	mg/L	A.A Directa Aspiración	SM 3111 B
sodio	mg/L	A.A Directa Aspiración	SM 3111 B
Sílice	mg/L	Colorimétrico (Manual)	SM 4500 SiO
SDT	mg/L	Gravimétrico (secado a 180°C)	SM 2520 C
Sulfatos	mg/L	Turbidimétrico	SM 4500-S04-2 E
Tensoactivos aniónicos	mg/L	Colorimétrico (SAAM)	SM 5540 C
Zinc	mg/L	A.A de Llama	SM 3111 B

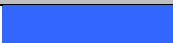
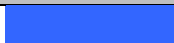








Para el análisis de la información se realizó preliminarmente una exploración de los datos con estadística descriptiva, que incluyó la media, mínimo, máximo y

desviación estándar. Por medio del programa R y el paquete R Comander versión 3.2.3, se realizó un Análisis de Componente Principales (ACP) para explorar la existencia de diferencias entre puntos de muestreo y de esta manera observar el comportamiento de las variables físicas y químicas (Guisande et al., 2006).

Se revisó la normatividad nacional para cada parámetro (concentración permisible) y se comparó con los valores obtenidos en este estudio para determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes.

Para determinar la calidad del agua se usaron los siguientes índices propuestos por Ramírez *et al.*, (1999) para Colombia: Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por pH (ICOpH), Conductividad, Coliformes Totales, DBO₅ y el índice simplificado de calidad de agua (ISQA). Los valores de interpretación de este índice se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5. Valores para interpretación de índices de Calidad de agua. ICA (Índice de calidad de agua) ISQA (Índice simplificado de calidad de agua).

ICO's	Grado de Contaminación	Escala de Color	ISQA	Tipo de agua	Escala de Color
0 - 0.2	Ninguna		76-100	Excelente	
> 0.2 - 0.4	Baja		51-75	Buenas	
> 0.4 - 0.6	media		26-50	Media	
> 0.6 - 0.8	alta		0-25	Mala	
> 0.8 - 1	Muy alta				

8.3 Proceso de colonización relacionado con la calidad del agua

En cada punto de muestreo, indicado en la tabla 3, se instalaron sustratos artificiales de madera, conformados por un soporte con 50 láminas (Figura 3a) y un área de 11.5 cm³. Cada 72 horas, por un periodo de 15 días en cada periodo hidrológico, se retiraron 4 láminas (Figura 3b) para análisis cualitativo (1 lámina) y análisis cuantitativo (3 láminas), para un total de 180 muestras. Estos sustratos se

colectaron directamente en una bolsa ziploc (Figura 3c), asegurando coleccionar la totalidad del material adherido al sustrato y guardados en frío (nevera con hielo) y trasladados al laboratorio para su correspondiente limpieza.



Figura 3. Proceso de a. instalación de muestras. b. recolección de muestras. c. almacenamiento de muestras en bolsas ziploc.

En laboratorio cada lámina se lavó con agua destilada. Las muestras cualitativas se preservaron usando solución Transeau en proporción 1:1, y las muestras cuantitativas en solución de lugol concentrado (5 ml de lugol por cada 1000 ml de muestra) (Ramírez, 2000). Posteriormente, las microalgas se observaron por microscopia convencional, identificando taxonómicamente hasta el máximo nivel posible (Género–Morfotipo), empleando claves generales y específicas para cada grupo tales como: Parra *et al.*, (1982 a,b,c,), Parra *et al.*, (1983), Komarek & Anagnostidis (1998, 2005), Cox (1996), Streble & Krauter, (1987), Bicudo & Menezes (2006), Tremarin *et al* (2010) y Vouilloud *et al.*, (2010).

Se realizó conteo utilizando cámaras Sedgwick-Rafter (volumen de 0.1 ml), uno de los métodos más utilizados para microalgas (Moreno *et al.*, 2012). Para ello, se extrajo una muestra del sedimento de 10 ml empleando una pipeta graduada y se depositó en la cámara Sedwick-Rafter hasta llenarla; luego se examinó la muestra a una magnificación de 40X con un microscopio óptico convencional y se inició el conteo de los organismos hasta un total de 30 cuadrantes, acuerdo a la curva de acumulación de especies (UEHLINGER, 1964) teniendo en cuenta que con este esfuerzo se espera hallar entre el 90 y el 95% de las especies presentes en una

muestra (McAlice *et al.*, 1971, Villafañe & Reid, 1995). Para calcular la densidad de las especies cuantificadas en la cámara de Sedwick-Rafter se utilizó la fórmula propuesta por Moreno *et al.*,(2012).

$$\#org = \frac{\# \text{ ind } \times \text{ vol total } \times \text{ área de cámara contada } \times \# \text{ placas contadas}}{\text{área del campo ocular } \times \# \text{ campos } \times \text{ volumen de submuestra}}$$

Para el análisis del proceso de sucesión, se realizaron curvas de acumulación para la fracción algal, lo cual permitió establecer la observación de 10 alícuotas máximo para observación por microscopía óptica convencional y obtener datos representativos para el análisis del proceso de sucesión. Las colonias, cenobios y formas filamentosas se consideraron como organismos individuales y se expresaron como Ind/cm².

Para el componente biológico se realizó estadística descriptiva, para cada porcentaje de abundancias de las especies presentes en los puntos de muestreo.

En cada punto, hora de colonización y periodo de muestreo, se calcula el índice de diversidad de Shannon & Wiener (1949) el cual, para el caso de ambientes acuáticos, se ha hallado correlacionado con la calidad del agua en cuanto a la contaminación orgánica (Tabla 6).

El índice de Shannon se obtuvo con la ecuación:

$$H = -\sum \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$$

Dónde:

H= es el índice de diversidad de especies.

n_i/n= equivale a la proporción de la muestra total de la especie i.

Tabla 6. Relación entre los valores de índice de diversidad con la contaminación del agua (Wilhm & Dorris, 1968 en Dall, 1995)

Valor del índice de Shannon	Interpretación
H > 3	Aguas limpias
H = 2-3	Aguas ligeramente contaminadas
H = 1-2	Aguas medianamente contaminadas
H = 0-1	Aguas Fuertemente contaminadas

Se calculo el índice de dominancia de Simpson, con la ecuación:

$$1/D = 1/\sum pi^2$$

Donde 1/D corresponde al índice recíproco de Simpson y pi a la proporción de especies i en la comunidad (Krebs, 1999) Con estos datos se realizaron graficas comparativas.

Con el análisis de similitud de Bray Curtis entre los puntos de muestreo y cada periodo se establece posibles patrones de organización de las comunidades generando dendrogramas con el método análisis clúster, mediante el programa Paleontological Statistics Software Package for Education (PAST (Hammer & Harper, 2006).

Para determinar la potencialidad del fitoperifiton como indicador biológico se realizó un análisis de Redundancia RDA usando el programa CANOCO (Braak & Smilauer, 1998) entre el ensamblaje del fitoperifiton y las variables ambientales registradas en los diferentes sitios y periodos hidrológicos.

9. RESULTADOS.

9.1. Calidad del agua del caño Quenane.

9.1.2. Variables físicas y químicas *in situ*.

Los resultados de los análisis físicos y químicos tomados *in situ* en los cuatro puntos de muestreo durante los tres periodos hidrológicos: Aguas en transición a bajas (ATB), Aguas bajas (AB) y Aguas en transición a altas (ATA) para el caño Quenane, se encuentran registrados en la tabla 7. Respecto al porcentaje del oxígeno disuelto (OD%) para los cuatro puntos de muestreo se tuvo un rango entre 11.1% a 110.4 %, presentando en el punto SENA el valor más bajo. El pH estuvo entre 3.7 a 6.3 unidades, encontrándose nuevamente el valor más bajo en la estación SENA y el más alto en Naranjal.

La temperatura superficial del caño Quenane estuvo entre 25.9 a 29.0 °C, registrando el valor más alto en SENA. Para la conductividad los valores oscilaron entre 7.8 a 38.9 $\mu\text{S/cm}$, donde la estación SENA presentó el valor más bajo y la estación Naranjal el valor más alto. Por último, la turbidez fluctuó entre 27.11 a 199 NTU; los sitios contrastantes fueron Sta. Helena con un valor de 27.1 NTU y Naranjal con 199 NTU.

Tabla 7. Rango, Media y Desviación estándar de las variables físicas y químicas tomadas *in-situ* en las cuatro estaciones de muestreo.

		OD %	pH	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S/cm}$	TURBIDEZ NTU
Sená	Rango	11.1–69.6	3.7–5.4	23.8–27.3	7.8–13.5	54.43–126.5
	$\mu \pm \text{DE}$	48.7±4.8	5.13±0.11	25.6±0.207	11.5±0.27	96.52±4.349
Helena	Rango	54.1–99.2	4.2–5.8	24.7–27.6	10.8–15.2	27.11–118.4
	$\mu \pm \text{DE}$	86.9±3.1	5.30±0.122	29.00±0.18	12.744±0.331	84.78±6.017
Esperanza	Rango	56.8–110.4	4.1–6	24.9–28.5	11–36.4	34.86–83.31

	$\mu \pm DE$	98.04±3.5	5.805±0.095	27.33±1.17	24.57±1.907	60.09±3.08
Naranjal	Rango	36.2–107.3	5–6.3	24.6–29.8	13–38.9	49.45–199
	$\mu \pm DE$	88.63±5.7	5.90±0.078	27.48±0.266	26.21±1.60	120.54±10.52

La temperatura del agua en la estación SENA reportó valores bajos comparados con las otras estaciones, en AB con 25.3°C, en ATB con 25.9 °C y 24.6° en ATA. En contraste, la estación Naranjal presentó las temperaturas más altas respecto a los otros sitios con valores de 27.0°C para AB, 26.0°C para ATB y 26.5°C para ATA (Figura 4.a). En la estación SENA para el periodo de ATA se registró el menor valor de pH (4.4 unidades) mientras que la estación Naranjal registró el mayor valor para este parámetro (5.9 unidades) (Figura 4a).

El Oxígeno Disuelto en la estación SENA para el periodo hidrológico de AB presentó el menor valor con un 19.0%, en contraste con la estación Villa Esperanza que tuvo el valor más alto con 106.3% para el período de ATA (Figura 4c). La conductividad varió entre 30.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Villa Esperanza para época de AB y 10.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en SENA para la época ATB (Figura 4d).

El valor más alto para turbidez se presentó en la estación Naranjal en el periodo de ATA con un valor de 148 NTU, y el más bajo se registró en la estación Villa Esperanza en el periodo de AB (Figura 4e).

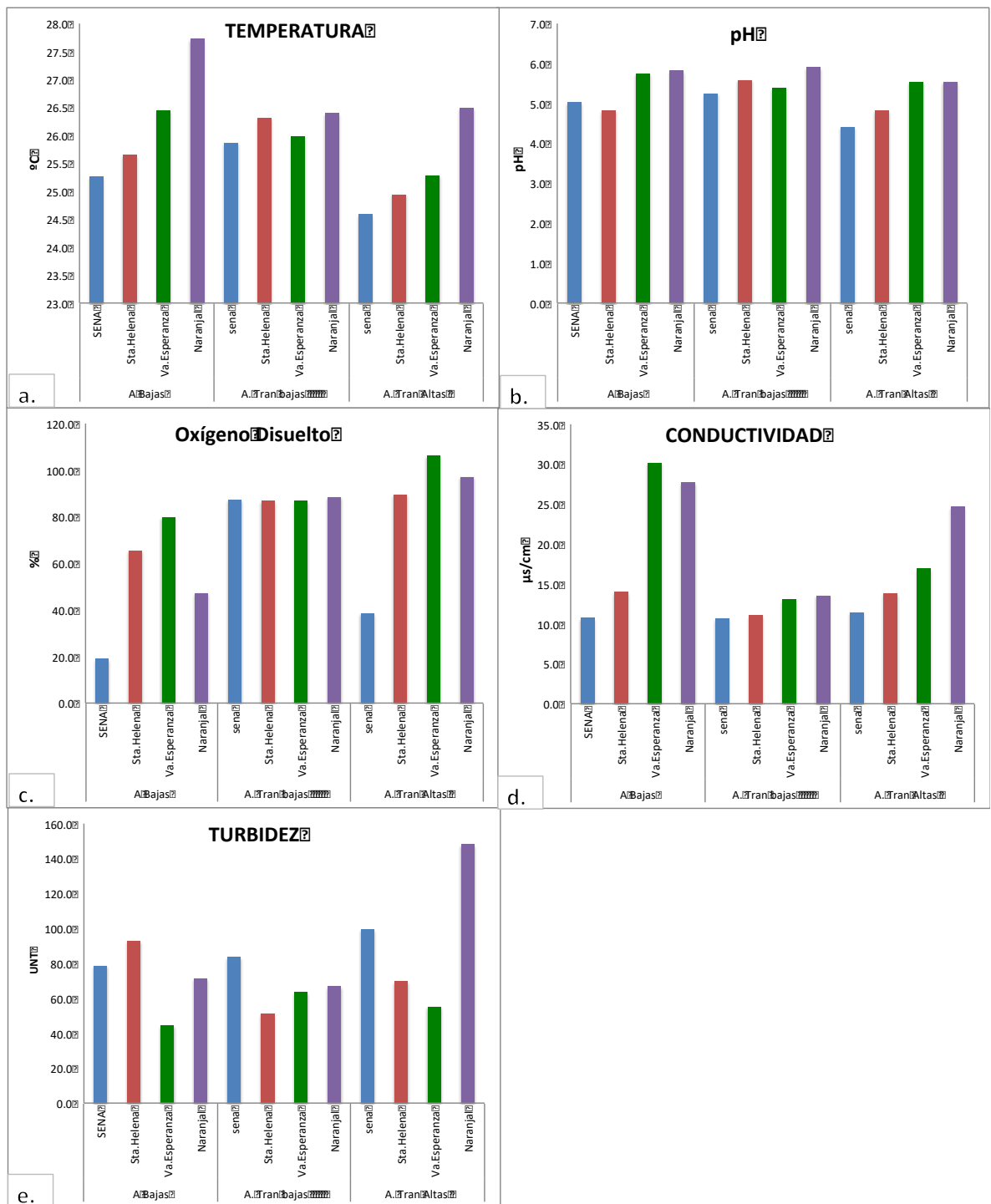


Figura 4. Variación espacial y temporal de la Temperatura (a), pH (b), oxígeno disuelto (C), Conductividad (d) y Turbidez (e).

Tabla 6. Rango y desviación estándar de las variables físicas y químicas *ex situ* de las cuatro estaciones de muestreo.

	Sena		Sta. Helena		Va. Esperanza		.Naranjal	
	Rango	$\mu \pm DE$	Rango	$\mu \pm DE$	Rango	$\mu \pm DE$	Rango	$\mu \pm DE$
Amonio mg/LN	0 - 0.19	0.21±0.044	0 - 0.19	0.21±0.038	0.09 - 0.21	0.233±0.028	0-0.75	0.884±0.173
Arsénico mg/L As	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0-0.002	0.00209±0.0005
Bicarbonatos mg/LCaCO3	N.A	N.A	4.0 - 6.0	6.09±0.5	0.0 - 8	9.19±1.63	4.0-10	11.27±1.5
Caudal m³/seg	0 - 2.403	2.51±0.58	0.029 - 4.817	5.044±1.13	0.066 - 5.248	5.55±1.218	0.033-10.123	12.17±2.49
Cobre mg/L Cu	0 - 0.29	0.30±0.0725	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Coliformes fecales NMP/100ml	0 - 180	190.36±42.84	0 - 450	527.2±107.45	12 -600	637.56±130.2	180-910	1.160±161.9
Coliformes totales NMP/100ml	16 - 850	1.127.64±225.41	10.0 -79	82.17±16.63	11.0-66	68.52±13.51	13-71	85.61±12.29
DBO ₅ mg/LO2	0 - 4	4.18±1	0-0.4	4.18±1	16-69	72.57±11.88	0.0-2.0	2.09±0.5
DQO mg/LO2	0 -24	31.56±5.36	0.0 - 100	105.75±22.23	N.A	N.A	0.0-114	122.15±24.32
Fosforo total SUB mg/LP	0 - 0.16	0.18±0.03	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Hierro total mg/L Fe	0.25 - 1.88	2.07±0.36	0.4 - 0.68	0.698±0.060	0.48-0.76	0.862±0.072	0.88-1.54	1.61±0.15
Magnesio mg/L Mg	0.13 - 0.13	N.A	0.606 - 0.606	N.A	N.A	N.A	0.606- 0.606	N.A
Nitratos mg/L N	N.A	N.A	0.0 - 0.19	0.22±0.046	N.A	N.A	0.0-0.41	0.42±0.102
Nitritos mg/L N	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0.0-0.015	0.015±0.0037
Nitrógeno total mg/L N	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0-0.96	1.15±0.239
Ortofosfatos mg/LPO4	0 - 0.2	0.209±0.05	0.0 - 1.42	1.49±0.34	N.A	N.A	0.0 -0.18	0.188±0.045
Potasio mg/L K	0.9 -0.9	N.A	0.18 - 0.18	N.A	N.A	N.A	0.52 - 0.52	N.A
Sílice Sub mg/L Si	0.4 -0.4	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3.75 -3.75	N.A
Sodio mg/L Na	2.33 -2-33	N.A	1.97 -1.97	N.A	N.A	N.A	2.28 -2.28	N.A
SDT mg/L	0 - 36	37.64±9	0.0 - 556	581.36±139	0.0-182	190.3±45.5	N.A	N.A
Sulfatos mg/L SO4	N.A	N.A	N.A	N.A	0.0 -17.3	18.08±4.32	0.0 -51.3	53.63±12.82
Tensoactivos aniónicos mg/L SAA	0 - 0.14	0.18±0.031	0.07 - 0.14	0.156±0.017	0.0-0.18	0.20±0.037	0.12- 0.24	0.246±0.027
Zinc mg/LZn	0 - 0.1	0.117±0.024	0.0 - 0.05	0.0051±0.011	N.A	N.A	N.A	N.A

Información suministrada por el Proyecto Cuencas convenio marco 5211592 Unillanos-Ecopetrol

9.1.2. Variables físicas y químicas *ex situ*

Las Variables físicas y químicas *ex situ* durante los periodos hidrológicos, AB, ATA, ATB y por estación de muestreo se encuentran registradas en la tabla 8

9.1.3. Componentes principales datos físicos y químicos

El análisis de componentes principales del sistema durante los tres periodos hidrológicos ilustra una agrupación de las características físicas y químicas (figura 5a), en la cual el componente 1 explica el 36.3 % de la varianza y está asociado con el oxígeno disuelto, pH y temperatura, mientras que el componente 2 está asociado a conductividad y la turbidez explicando el 22.1 % de la varianza. El periodo hidrológico Aguas bajas presentó una tendencia a agruparse (Figura 5b).

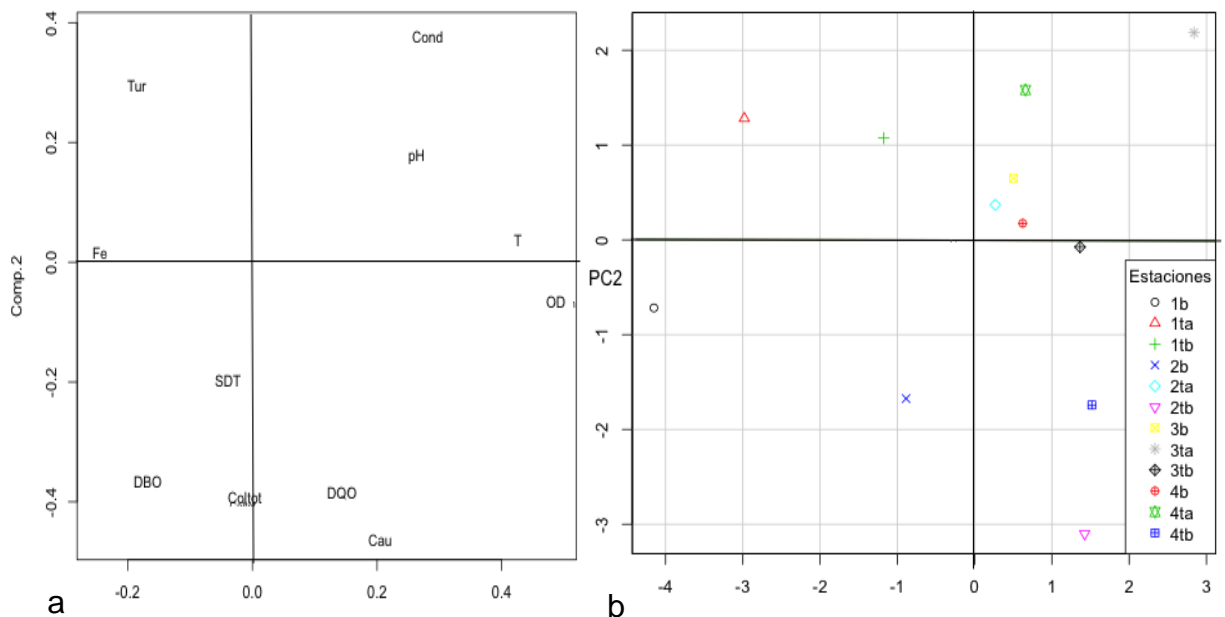


Figura 5. Análisis de Componentes Principales para las variables físicas y químicas del caño Quenane. a. Diferenciación por componentes con las variables b. Análisis de Componentes Principales estaciones de muestreo.

- 1 = SENA
- 2= Sta Helena
- 3 = Va. Esperanza
- 4 =Naranjal

- b= Aguas Bajas
- ta= Aguas Transición a Altas
- tb= Aguas Transición a Bajas

De acuerdo con el ACP se evidencia una asociación por periodo hidrológico y estaciones, indicando las condiciones climáticas características de cada periodo; es así como el oxígeno disuelto, la demanda química del oxígeno y el caudal incidieron sobre el período de ATB, mientras que el pH, la conductividad y la temperatura sobre los periodos ATA y AB.

9.1.4 Índices de calidad de agua

En este trabajo se calculó cada índice de Calidad de agua (ICAs) propuestos por Ramírez et al., (1999) con los valores promedio de los datos de calidad de agua para las 4 estaciones y los 3 períodos hidrológicos de muestreo como lo muestra la tabla 9.

Según el Índice simplificado de Calidad de agua (ISQA), el agua es de buena calidad en las estaciones SENA en ATB, Santa Helena y Villa Esperanza en AB, mientras que para el resto de las estaciones y periodos hidrológicos el agua es de calidad media (Tabla 9).

Tabla 9. índices de calidad de agua en el caño Quenane, en las cuatro estaciones de muestreo para tres periodos hidrológicos.

	Transición a bajas				Bajas				Transición a altas			
	Sena	Sta. Helena	Va. Esperanza	Naranja	Sena	Sta. Helena	Va. Esperanza	Naranja	Sena	Sta. Helena	Va. Esperanza	Naranja
ISQA	56.05	39.5	43.6	38.28	40.22	60.31	59.52	34.52	39.89	48.6	50.41	45
Conductividad	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.01	0.02	0.02	0.04
Colif.totales	1	0.93	1	0.61	0.2	0.8	0.89	1	1	1	1	1
DBO ₅	0.16	0.37	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.37	0.16	0.16	0.16
Oxígeno	0.39	0.13	0.4	0.12	0.81	0.35	0.2	0.53	0.61	0.1	0	0.03
ICOMO	0.52	0.47	0.52	0.3	0.39	0.44	0.42	0.56	0.66	0.42	0.39	0.4
ICOpH	0.29	0.11	0.33	0.04	0.47	0.64	0.07	0.05	0.88	0.64	0.1	0.13
ICOTRO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	0.05	0.05	0.16	0.05	0.05	0.05

Ico's	Grado de contaminación	ISCA	Grado de contaminación
0-0.2	Ninguno	76-100	Excelente
>0.2-0.4	Baja	51-75	Buena
>0.4-0.6	Media	26-50	Media
>0.6-0.8	Alta	0-25	Mala
>0.8-1	Muy Alta		

Según indican los coliformes (Tabla 9), el agua presenta un alto grado de contaminación en las estaciones Naranjal para la época de ATB y Santa Helena para Aguas Bajas, para el resto de las estaciones y periodos de muestreo indica muy alto grado de contaminación para este parámetro.

Teniendo en cuenta DBO_5 las estaciones Santa Helena para ATB y SENA para ATA, muestran una bajo grado de contaminación, mientras que para el resto de las estaciones y periodos no se registra contaminación (Tabla 9).

El ICOpH indica alto grado de contaminación para la estación de Santa Helena en AB y ATA y muy alto grado de contaminación para la estación SENA en ATA (Tabla 9). Según el ICOTRO calculado en todas las estaciones y épocas de muestreo se evidencia un alto grado de contaminación. El índice ICOMO muestra nuevamente que en la estación SENA, en el período de ATA existe un alto grado de contaminación.

9.1.5. Análisis de la calidad de aguas basados en la normatividad colombiana

En la tabla 10. se reportan los datos fisicoquímicos que no cumplen con los valores permitidos en la normatividad Colombiana para diferentes tipos de agua según su uso. Según lo establece la normatividad Colombiana las aguas del caño Quenane se salen del valor permisible para Agua Potable según en los decreto 1594 de 1984, Decreto 475 de 1998 y decreto 1575 de 2007, para los parámetros de Amonio, Coliformes Totales y Fecales, Hierro total, pH y Turbidez, en todas las estaciones y épocas de muestreo.

Otro parámetro que se sale de los admisibles por el decreto 1594 de 1984 son el pH, grasas y aceites las cuales hacen que esta agua no sean aptas para el agua de uso potable, agua de uso domestico, Agua de uso recreacional primario y secundario y agua para uso pecuario

Tabla 10. Variables físicas y químicas del caño Quenane que NO cumplen con los parámetros establecidos por la normatividad Colombiana para el uso de Agua en diferentes actividades antrópicas.

Parámetro		Tran. Bajas				Bajas				Tran. Altas			
		Sena	Sta.Helena	Va.Esperanza	Naranjal	Sena	Sta.Helena	Va.Esperanza	Naranjal	Sena	Sta.Helena	Va.Esperanza	Naranjal
Amonio mg/L	Valor	<0,05	0.08	0.21	0.48	0.19	0.19	0.17	0.1	0.08	0.09	0.1	0.75
	Norma		AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP11
Coliformes fecales NMP/100ml	Valor	180	<1,8	180	180	<1,8	270	100	910	36	450	12X10E2	680
	Norma	1,2 AP	1,3AP	1,3AP 2FRP	AP1,3	AP1,3	1,3 AP,2 FRP	2,3 AP	2,3 AP 2FRP	2,3 AP	2,3 AP 2FRP	2,3 AP	2,3 AP 2FRP
Coliformes totales NMP/100ml	Valor	16,8X10E3	16,8X10E2	14,5X10E2	46X10E2	27,9X10E2	79,1X10E2	11,1X10E3	56,9X10E2	748	12,9X10E3	11X10E3	13X10E3
	Norma	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP	1,2,3 AP
Grasas y aceites mg/L	Valor	<1,22	<1,22	<1,22	<1,22	<1,22	<6	<6	<1,22	<1,22	<1,22	<1,22	<1,22
	Norma	1,2,3,1AP(AS),2(UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)	1,2,3,1(AP) 2(AS,UD,UA,UP,FRP,FRS)
Hierro total mg/Lfe	Valor	0.43	0.6	0.48	1.18	1.88	0.46	0.76	0.88	1.05	0.4	0.53	1.54
	Norma	1,2,3 AP, AS	1,2,3 AP, AS	1,2,3 AP, AS	1,2,3 AP, 2AS	1,2,3 AP, 2AS	1,2,3 AP, 2AS	1,2,3 AP, 2AS	1,2,3 AP, 2AS	1,2,3 AP, 2AS	1,2,3 AP, 2 AS	1,2,3 AP, 2 AS	1,2,3 AP, 2 AS
pH	Valor	4.78	5.38	5.23	5.92	5.2	5.04	5.97	6.14	4.49	5.23	6.17	6.25
	Norma	1,2,3, AP, 2,A(S,UD,UA),	2AP,2(AS,UD)	1,2,3 AP, 2(AS,UD)	1,2,3 AP, 2(AS,UD)	1,2,3 AP,1AS, 2(UD,UP,FRP,FRS)	1,2,3 AP*,2 AS,UD,AP,AP	1,2,3 AP*,2 AS,UD,AP,AP	1,2,3 AP, 2 (AS,UD),	1,2,3 AP, 2 (AS,UD),	1,2,3 AP, 2 (AS,UD),	1,2,3 AP, 2 (AS,UD),	1,2,3 AP, 2 (AS,UD),
Turbidez del sistema NTU	Valor	5.61	5.463	9.105	8.007	6.206	5.581	3.123	4.132	25.04	3.636	6.978	21.44
	Norma	1,2, 3 AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP	1,2,3AP

Normatividad:
1° DECRETO 475 de 1998
2+DECRETO 1594 de 1984
3°DECRETO 1575 DE 2007

Tipo de Agua según su uso:
AP: Agua potable
As: Agua Segura
UD: Uso Domestico
UA: Uso Agrícola
UP: Uso Pecuario
FRP: Fines Recreativo Primario
URS: Fines Recreativo Secundario.

9.2. Procesos de colonización del fitoperifiton en el caño Quenane

9.2.1. Descripción de la comunidad fitoperifítica

Como resultado de este estudio se registraron para el caño Quenane un total de 220 morfoespecies de microalgas (junto con Cyanobacterias; ver Anexo 1) distribuidas en 6 divisiones, 10 clases, 25 órdenes y 41 familias. Respecto a la abundancia relativa de algas fitoperifíticas se encontró que el 69% pertenecen a la clase Bacillariophyceae, seguida por Conjugatophyceae (16%), Chlorophyceae (6%), Fragilariophyceae (4%), Euglenophyceae (3%) y Cyanophyceae o Cyanobacterias con el 2% .

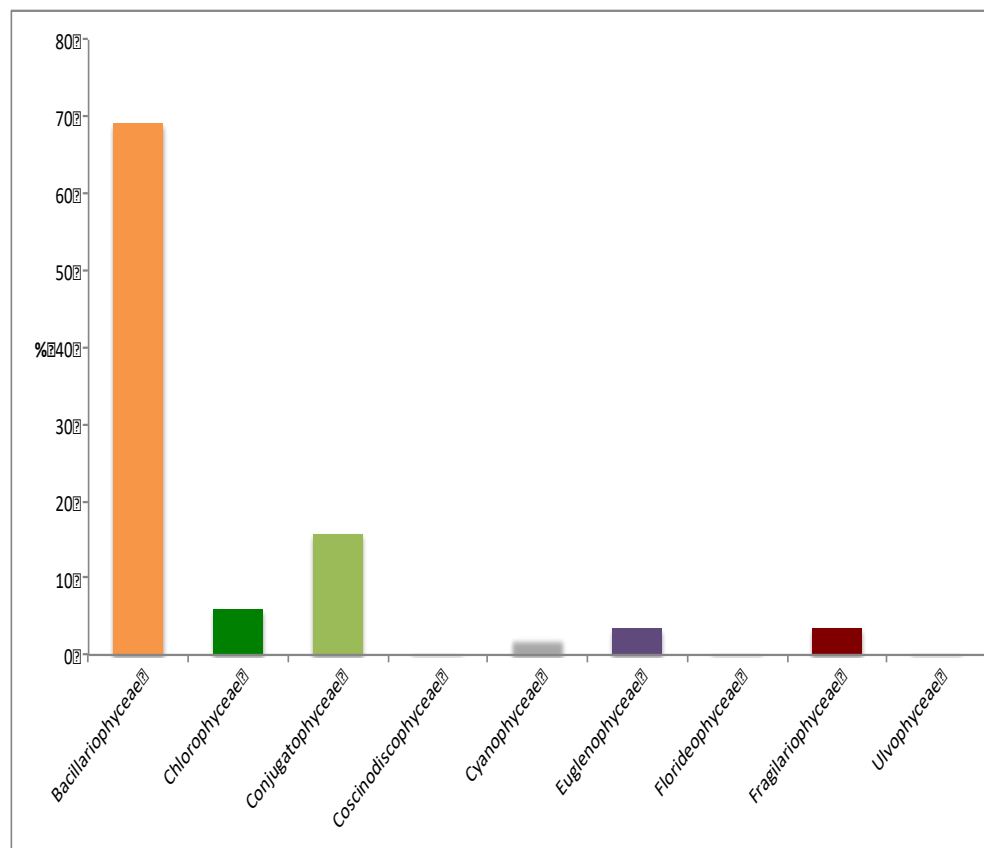


Figura 6. Abundancia relativa de las clases de microalgas y Cyanobacterias encontradas en el Caño Quenane.

En los cuatro puntos de muestreo el mayor porcentaje en abundancia relativa por clases estuvo representado por la clase Bacillariophyceae; en SENA y Santa Helena representó el 70%, para Naranjal el 69% y para Villa Esperanza el 66%. La clase Conjugatophyceae fue la siguiente clase más abundante cuyos valores fueron de 14% para SENA, 13% para Santa Helena, 19% para Villa Esperanza y 17% para El Naranjal (Figura 7).

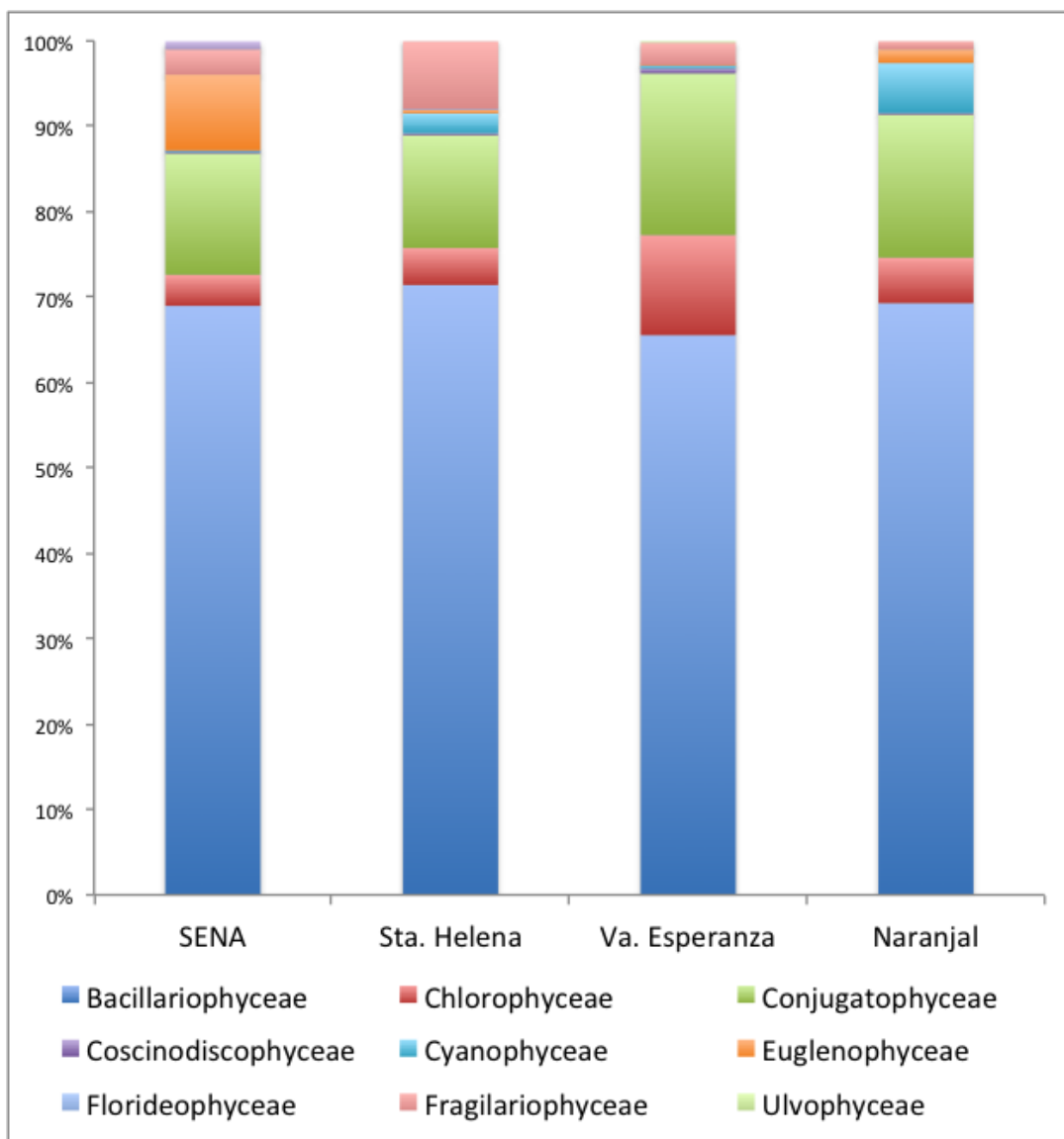


Figura 7. Abundancias Relativas de las Clases de microalgas encontradas en las cuatro estaciones de muestreo

En la época de AB la abundancia relativa más representativa fue nuevamente para la Clase Bacillariophyceae en las estaciones SENA, Santa Helena y Naranjal con 37% 30% y 22%. En V. Esperanza estuvo caracterizada por Mediophyceae con solo 21% (Figura 8).

En la época ATB la clase más abundante fue Bacillariophyceae (Figura 8), con valores de 39% para la SENA, 34% para Sta. Helena, 56% en Va. Esperanza y 43% en Naranjal; le siguió Conjugatophyceae con 21% en SENA, 16% para Va. Esperanza y el 11% en Naranjal.

La clase Euglenophyceae fue la mas abundante en la estación SENA para el periodo de ATA, en la estación Santa Helena fueron Bacillariophyceae y Fragilariophyceae, en Villa Esperanza fue Bacillariophyceae, y Cyanophyceae para la estación Naranjal(Figura 8).

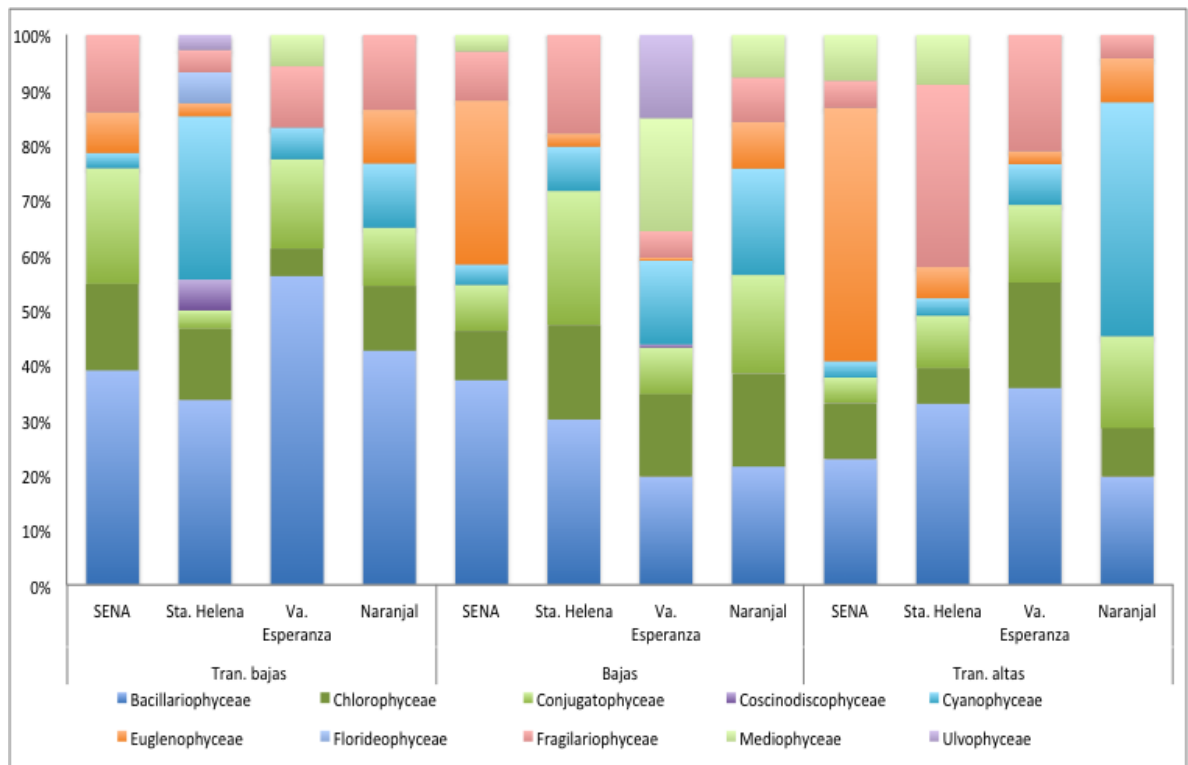


Figura 8. Abundancia relativa de las Clases de fitoperifiton presentes en las estaciones de muestreo en los periodos hidrológicos AB, ATA, ATB.

En la figura 9 se puede observar la densidad relativa de las morfoespecies más abundantes, que para todas las estaciones fue *Frustulia sp*, con densidades de 14.394 org/cm² en la estación SENA (Figura 9a), 14.365 org/cm² para la estación Santa. Helena (Figura 9b), 7.771 org/cm² en la estación Villa Esperanza (Figura 9c) y 13.194 org/cm² en la estación Naranjal (Figura 9d).

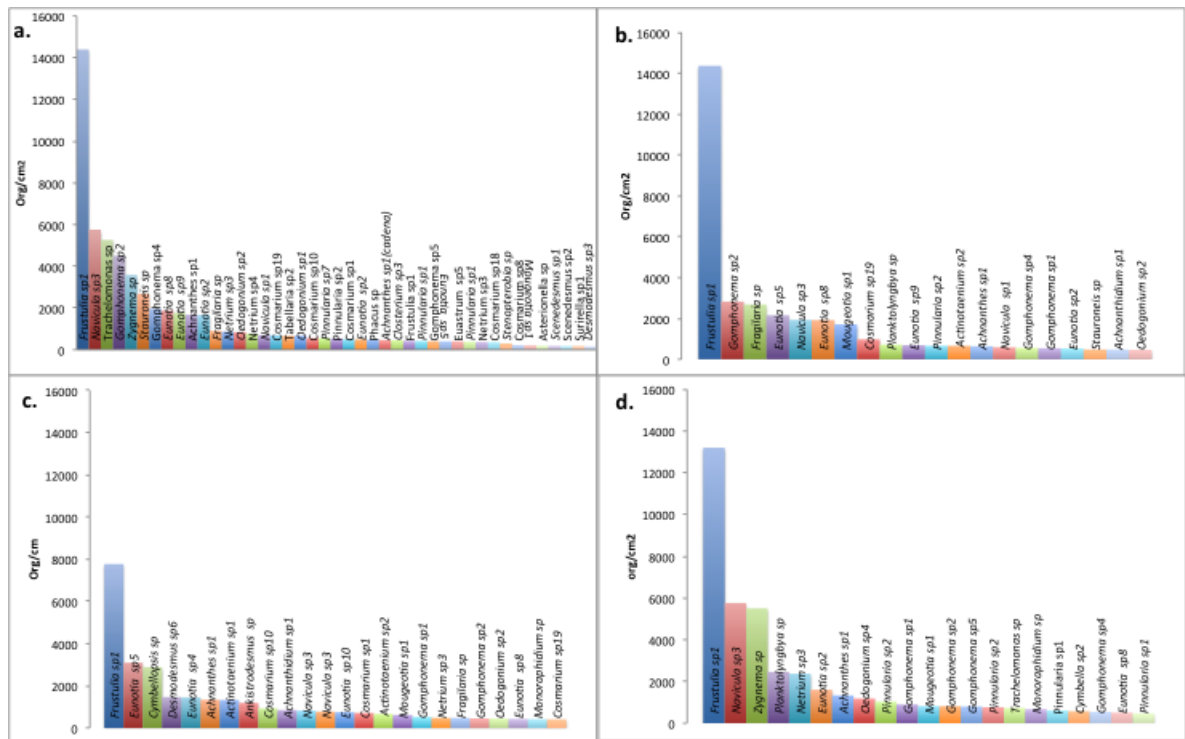


Figura 9. Densidad relativa en: a. SENA b. Sta. Helena c. Va. Esperanza, d. Naranjal

En la figura 10a se puede observar que en la estación SENA la morfoespecie *Frustulia sp1* fue la más abundante para los períodos transición a altas y bajas con un valor de 32%; para el período aguas transición a bajas la morfoespecie más abundante fue *Navicula sp3* con un 18%.

La morfoespecie más abundante para la estación Santa Helena en aguas bajas y transición a altas fue nuevamente *Frustulia sp1* con unos porcentaje de 34% y 38% respectivamente; para aguas transición a bajas fue *Eunotia sp5* con un 31%. (Figura 10b).

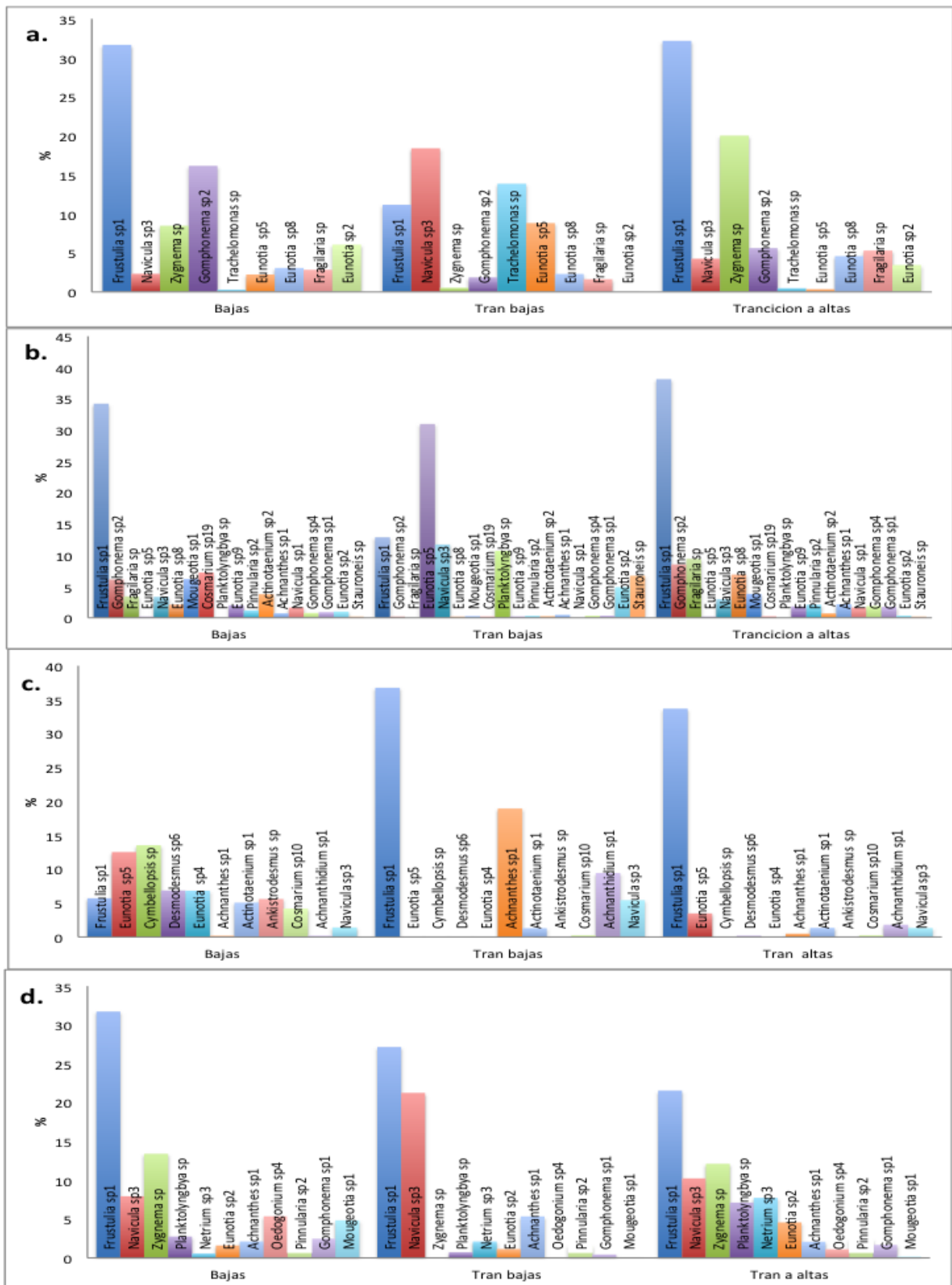


Figura 10. Abundancia relativa de Morfoespecies presentes en las cuatro estaciones de muestreo; a. SENA b. Sta Helena, c. Va. Esperanza d. Naranjal.

En la estación Villa Esperanza se observa otra vez el predominio de *Frustulia* sp1 en transición a bajas y transición a altas con un 37 y 34% (Figura 10c); ahora para aguas bajas es *Cymbellopsis* sp con un 14 %.

Para la estación Naranjal la mayor abundancia relativa en las 3 épocas de muestreo la presentó *Frustulia* sp1, con unos porcentajes de 27% para aguas transición a bajas, 32% para aguas bajas y 22% para aguas transición a altas

9.2.2. Presencia y Ausencia de morfoespecies del fitoperifiton del caño Quenane

En el anexo 2 se encuentra la tabla de presencia y ausencia de las morfoespecies en las cuatro estaciones de muestreo y para los tres períodos hidrológicos muestreados. Los organismos que se presentan en una sola estación o período hidrológico se indican en la tabla 11.

Tabla 11. Morfoespecies que se encontraron en una sola estación de muestreo y periodo hidrológico.

Morfoespecie	SENA			Sta. Helena			Va. Esperanza			Naranjal		
	ATB	AB	TA	ATB	AB	TA	ATB	AB	TA	ATB	AB	TA
<i>Achnanthes</i> sp.2.								X				
<i>Achnanthes</i> sp.3								X				
<i>Cymbella</i> sp1								X				
<i>Cymbellopsis</i> sp								X				
<i>Cymbopleura</i> sp								X				
<i>Encyonema</i> sp								X				
<i>Eunotia</i> sp3								X				
<i>Eunotia</i> sp12					X							
<i>Eunotia</i> sp14					X							
<i>Eunotia</i> sp15					X							
<i>Eunotia</i> sp16			X									
<i>Eunotia</i> sp5 (7)					X							
<i>Eunotia</i> sp5 (7)					X							
<i>Eunotia</i> sp5 (8)					X							
<i>Eunotia</i> sp5 (9)					X							

<i>Gomphonema</i> sp6				X	
<i>Gomphonema</i> sp7			X		
<i>Gomphonema</i> sp8			X		
<i>Gomphonema</i> sp9			X		
<i>Navicula</i> sp4	X				
<i>Navicula</i> sp1	X				
<i>Nitzschia</i> sp8			X		
<i>Pinnularia</i> sp4				X	
<i>Pinnularia</i> sp5					X
<i>Pinnularia</i> sp8				X	
<i>Desmodesmus</i> sp1		X			
<i>Oedogonium</i> sp3					X
<i>Scenedesmus</i> sp3					X
<i>Scenedesmus</i> sp7				X	
<i>Schizomeris</i> sp1			X		
<i>Stauridium</i> sp					X
<i>Stauridium</i> sp1			X		
<i>Stauridium</i> sp2					X
<i>Actinotaenium</i> sp3		X			
<i>Aulacoseira</i> sp1			X		
<i>Cosmarium</i> sp14					X
<i>Desmidium</i> sp		X			
<i>Euastrum</i> sp1		X			
<i>Gonatozygon</i> sp1			X		
<i>Onychonema</i> sp			X		
<i>Penium</i> sp		X			
<i>Stauroidesmus</i> sp1			X		
<i>Stauroidesmus</i> sp2			X		
<i>Aulacoseira</i> sp2		X			
<i>Geitlerinema</i> sp.			X		
<i>Lyngbya</i> sp		X			
<i>Limnothrix</i> sp		X			
<i>Komvophoron</i> sp		X			
<i>Colacium</i> sp		X			
<i>Audouinella</i> sp		X			
<i>Euglena</i> sp		X			
<i>Diatoma</i> sp1	X				
<i>Synedra</i> sp			X		

En la estación la Esperanza en el periodo de AB se registraron 20 morfoespecies que únicamente aparecieron en esta estación y periodo; en estas mismas

condiciones se registraron 19 morfoespecies en la estación Sta. Helena en el periodo de ATB. En la estación Sena y Naranjal el registro de especies en estas condiciones no es superior a 3 (Tabla 11).

9.2.3. Curvas de Acumulación de Especies

Al observar la riqueza a lo largo del periodo de colonización en ATB Y AB para la estación Sena, se observa en el tiempo final de colonización el número de especies es mayor que el que se presentó en algunos de los tiempos iniciales. Contrario a lo que se observa en las demás estaciones, donde inicialmente la riqueza es mayor en los periodos iniciales de colonización y finalmente disminuye en las 350 y 500 horas. (Figura 11 a). Igualmente es interesante resaltar que se presentaron unos valores muy bajos de riqueza en el tiempo sucesional estudiado, particularmente en los periodos TB de la estación Santa Helena y AB de la estación SENA.

En la estación Sta. Helena para el período de ATB entre las 50h y 150h, aumentó la riqueza pero luego a las 200h de colonización desaparecen algunas especies; algo parecido se observa en AB con inicio de alta riqueza que disminuye entre 50 y 100 horas, pero al final vuelve a incrementarse. Para la época de ATA la tendencia fue a disminuir la riqueza cuando aumentó el tiempo de colonización. Este comportamiento fue similar para la estación Va Esperanza (Figura 11).

En la estación Naranjal en la época de ATB la tendencia fue a aumentar el número de especies con el tiempo de colonización. En AB la riqueza tiende a aumentar entre las 50 y 100 horas para luego evidenciar una disminución a las 150h y una tendencia a aumentar el número de especies a las 300 horas; en contraste en la época de ATA la tendencia fue a disminuir el número de especies con el pasar del tiempo de colonización.

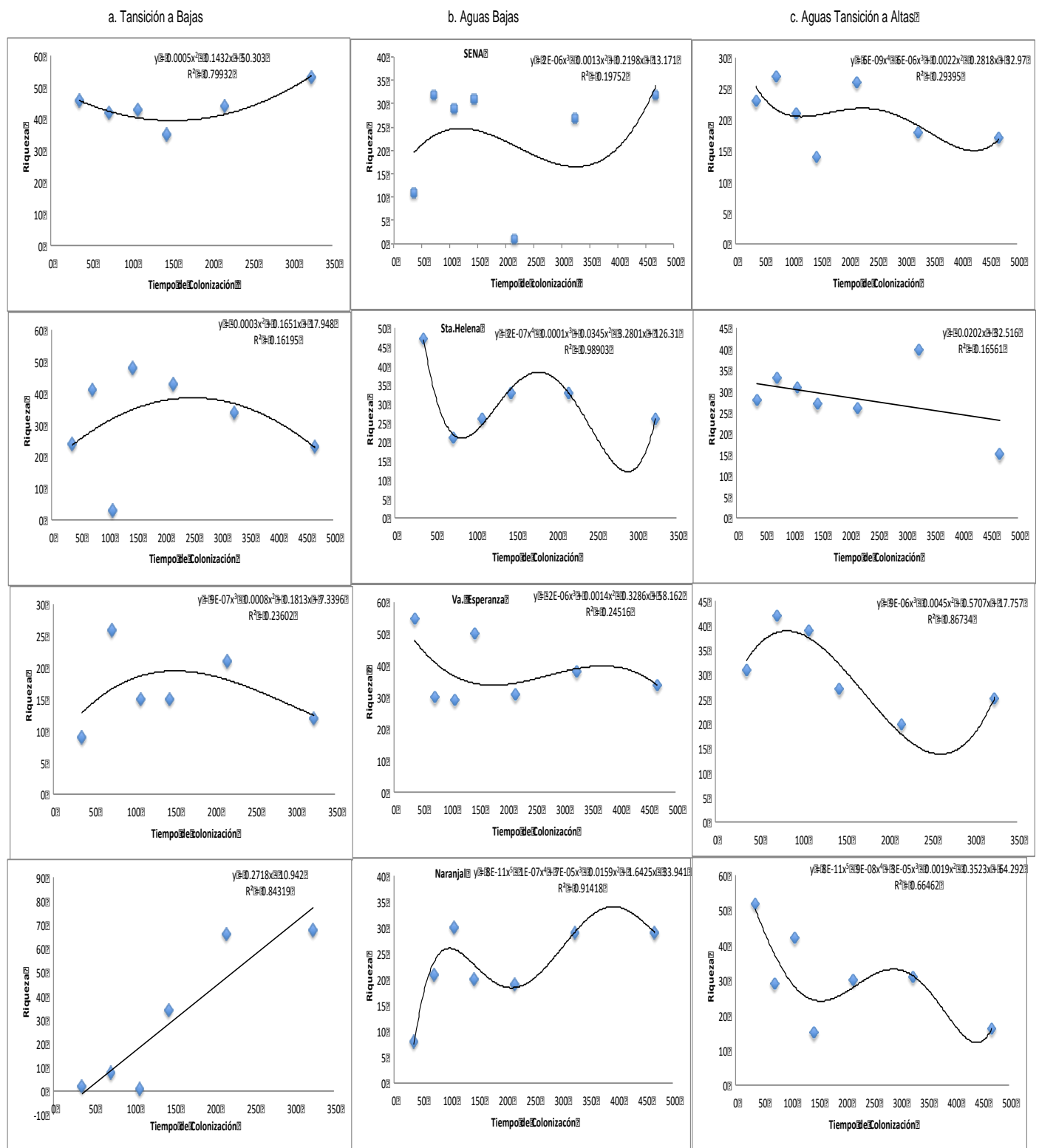


Figura 11. Curvas de acumulación de especies algales y cianobacteriales en las cuatro estaciones de muestreo en los tres periodos hidrológicos a. ATB, b, AB, c, ATA.

9.2.4. Índices de Diversidad en el periodo sucesional

El índice de Shannon para las tres épocas de muestreo osciló entre $H' = 0$ a $H' = 2.7$; en la figura 12a se observa que el comportamiento del índice fue similar en las 3 épocas. Valores por encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos", como en las estaciones SENA en la época de transición a bajas y en Va. Esperanza y Naranjal en la época de aguas bajas y transición a altas (Figura 12a).

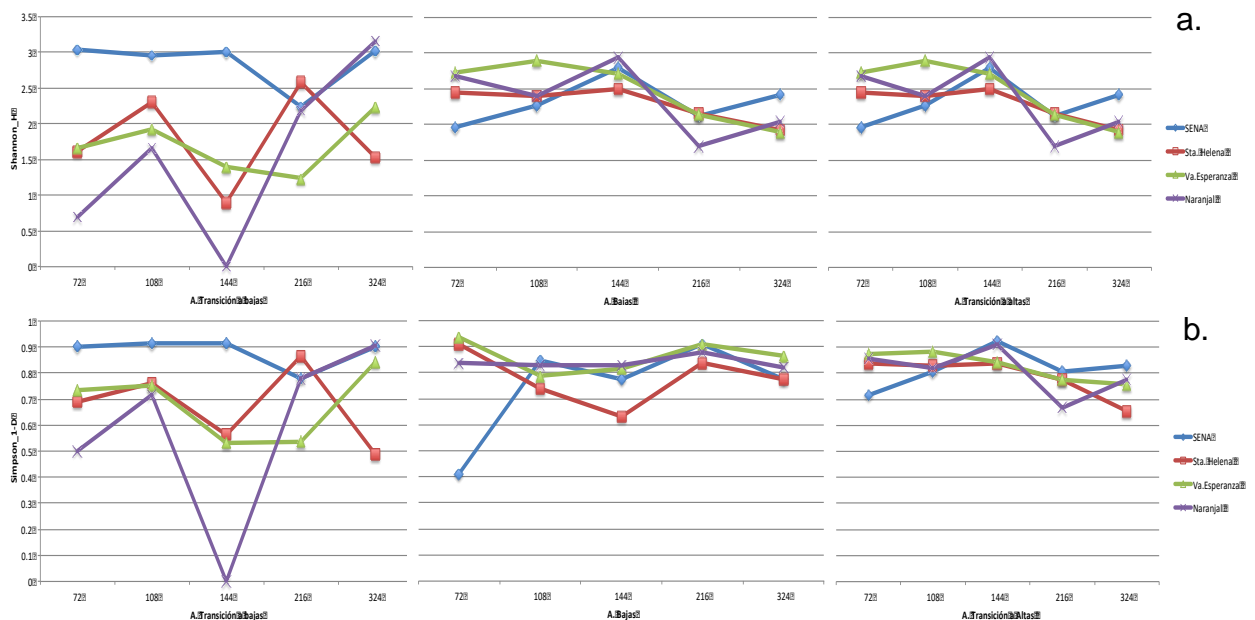


Figura 12. Índices de Diversidad y Dominancia a. Shannon b. Simpson.

La dominancia presentó valores bajos la estación Naranjal para el tiempo 144 ($D=0,0$) para aguas transición a bajas, y $D= 0,9233$ el más alto, registrado en la estación SENA en Aguas transición a altas (figura 12 b)

Teniendo en cuenta la relación entre el índice de diversidad (Shannon) y los valores de contaminación orgánica de aguas propuestos por Wilhm & Dorris (1968) Tabla 12. las aguas del caño Quenane oscilan entre aguas limpias (Sena

ATB y Naranjal ATB) a fuertemente contaminadas, como en aguas transición a bajas en las estaciones Sta. Helena y Naranjal y la estación Sena en Aguas Bajas.

Tabla 12. Relación entre los valores de índice de diversidad con la contaminación Orgánica del agua (Wilhm & Dorris, 1968 en Dall, 1995) para el caso del caño Quenane

Tiempo de colonización	Trancicion a bajas				Aguas Bajas				Transición a altas			
	SENA	Sta. Helena	Va. Esperanza	Naranjal	SENA	Sta. Helena	Va. Esperanza	Naranjal	SENA	Sta. Helena	Va. Esperanza	Naranjal
48	Aguas limpias	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas Fuertemente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas limpias	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas
96	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas
144	Aguas limpias	Aguas Fuertemente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas Fuertemente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas
192	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas
240	Aguas limpias	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas limpias	Aguas Fuertemente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas	Aguas medianamente contaminadas

9.3 Agrupamiento por composición

En el análisis de agrupamiento por composición, se observa que la comunidad registró grupos de morfoespecies de presencia común en las estaciones y tiempo de muestreo (Figura 13). Se evidencian cuatro grupos, el primero con las estaciones Sta. Helena aguas bajas y transición a altas, Va. Esperanza aguas transición a altas, Sena aguas bajas y aguas Altas. El segundo grupo reúne a las estaciones Sena transición a bajas, Naranjal aguas bajas y Naranjal aguas Altas. El tercer grupo conformado por Va. Esperanza en aguas transición a bajas y

Naranjal aguas Transición a Bajas. El cuarto grupo está conformado por las estaciones, Sta Helena aguas transición a bajas y Va. Esperanza aguas Bajas. Estos grupos tienen a generarse por las actividades realizadas en los puntos de muestreo y el periodo hidrológico estudiado.

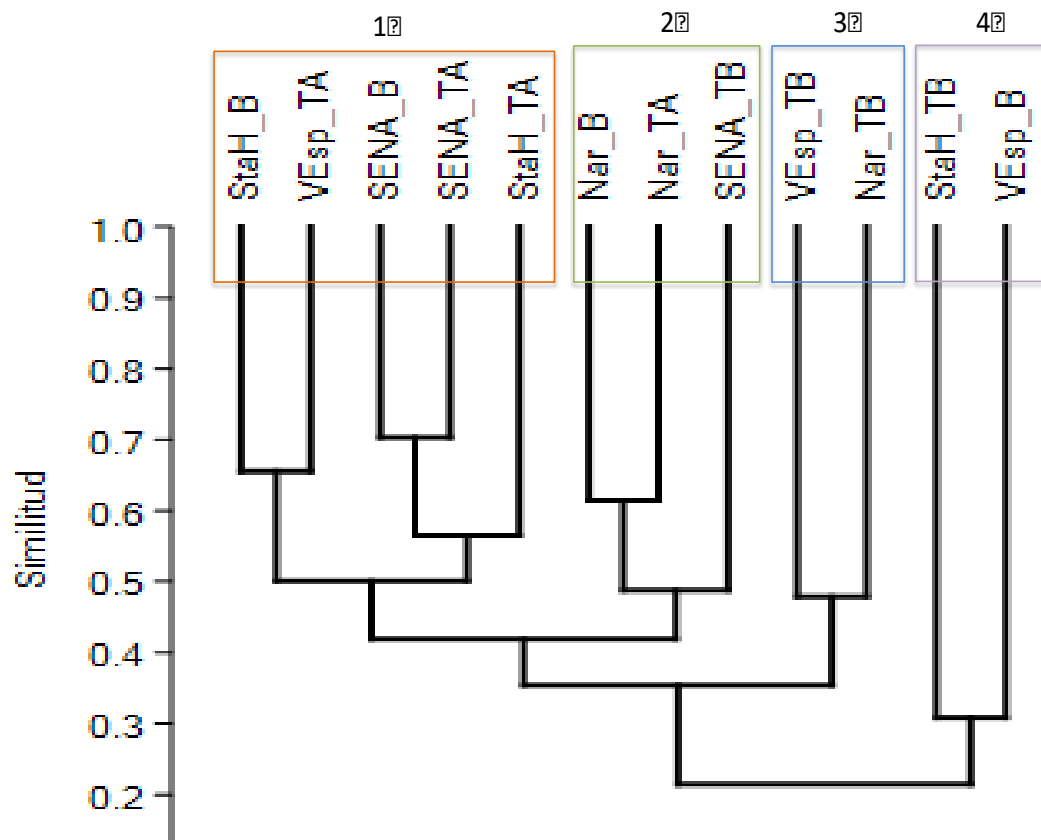


Figura 13. Análisis de Agrupamiento de Estaciones. Utilizando el índice de similaridad de Bray Curtis y Ligamiento simple para la composición de las Microalgas. TB= Aguas Transición a Bajas. B=Aguas Bajas. TA= Aguas Transición a Altas.

El análisis de redundancia (RDA) evidenció las variables ambientales correlacionadas positivamente con el eje 1 fueron Turbidez, potasio, sodio zing, amonio nitritos y nitratos, este eje de relaciono negativamente con pH y temperatura. (Figura 14)

Variabes físicas y químicas como los ortofosfatos, Coliformes totales y fecales, nitritos, nitratos y amonio están asociadas a morfoespecies como: *Eunotia* sp15,

Cosmarium sp2, *Cosmarium* sp9, *Eunotia* sp7, *Cosmarium* sp10, *Nitzschia* sp5, *Pinnularia* sp5, *Scenedesmus* sp6, *Heteroleibleinia* sp1, *Synedra* sp y *Zygnema* sp los parámetros Temperatura, pH, Caudal, Oxígeno Disuelto, Arsénico y conductividad están relacionados con especies como *Oedogonium* sp4, *Navicula* sp4, *Cyclotella* sp, *Spirogyra* sp1, *Micrasterias* sp2, *Eunotia* sp8, *Eunotia* sp9, *Audouinella* sp, *Phormidium* sp2, *Nitzschia* sp7, *Closterium* sp2, *Eunotia* sp2, *Pinnularia* sp1 y *Micrasterias* sp4. Las morfoespecies *Encyonema* sp, *Cosmarium* sp3, *Colacium* sp, *Navicula* sp1, *Gomphonema* sp1 y *Staurastrum* sp2 están relacionadas con Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Cobre y Zinc.

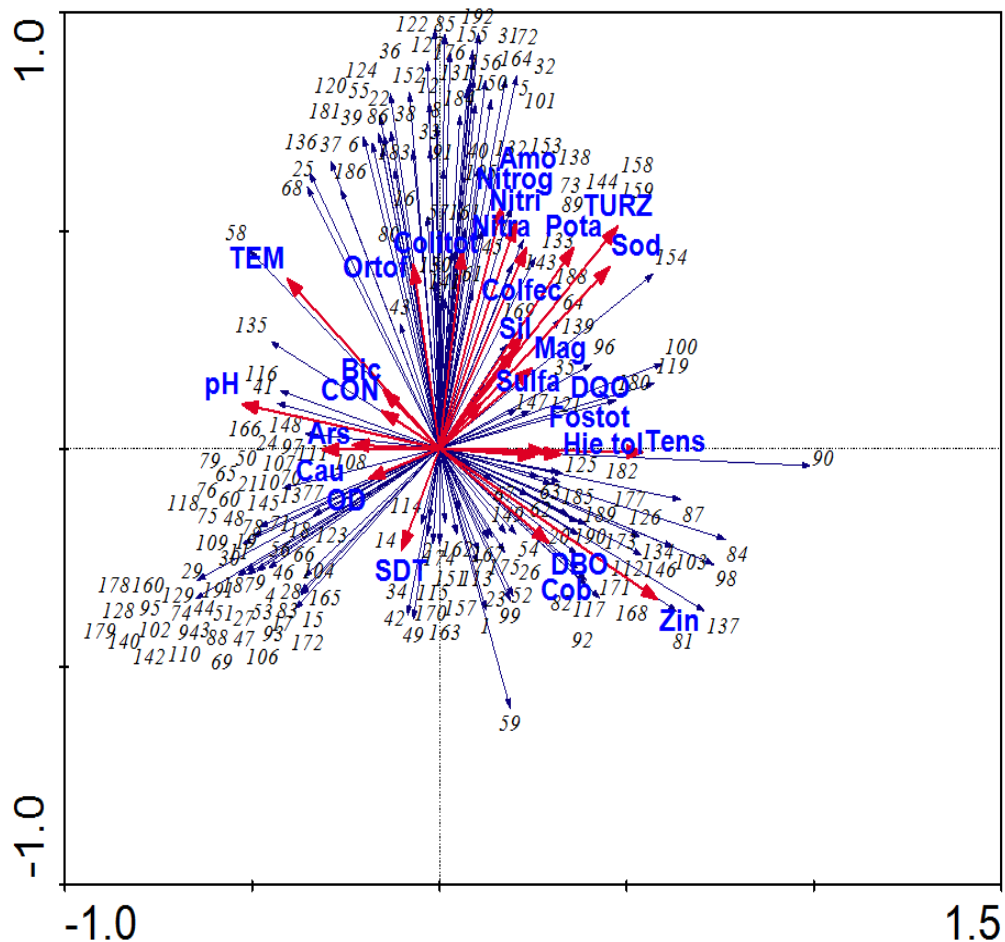


Figura 14. Biplot Basado en el RDA de las Variables físicas y químicas y las morfoespecies del Fitoperifiton (Etiquetas en la Anexo 3).

En la figura 15 se pueden observar las tendencias de las morfoespecies por tiempo y estación de muestreo; morfoespecies como *Nitzschia* sp8, *Cosmarium* sp13, *Netrium* sp1, *Frustulia* sp5 y *Cosmarium* sp16 son más probables de encontrar en la estación SENA en la época de aguas bajas, para la época de aguas transición a bajas y transición a altas se pueden encontrar morfoespecies como *Gomphonema* sp1, *Navicula* sp1, *Staurastrum* sp13, *Colacium* sp, *Monoraphidium* sp y *Komvophoron* sp. El análisis de RDA (Figura 15) distingue los grupos que corresponden con los que están separados por el análisis de Análisis de Agrupamiento de Estaciones de la figura 13.

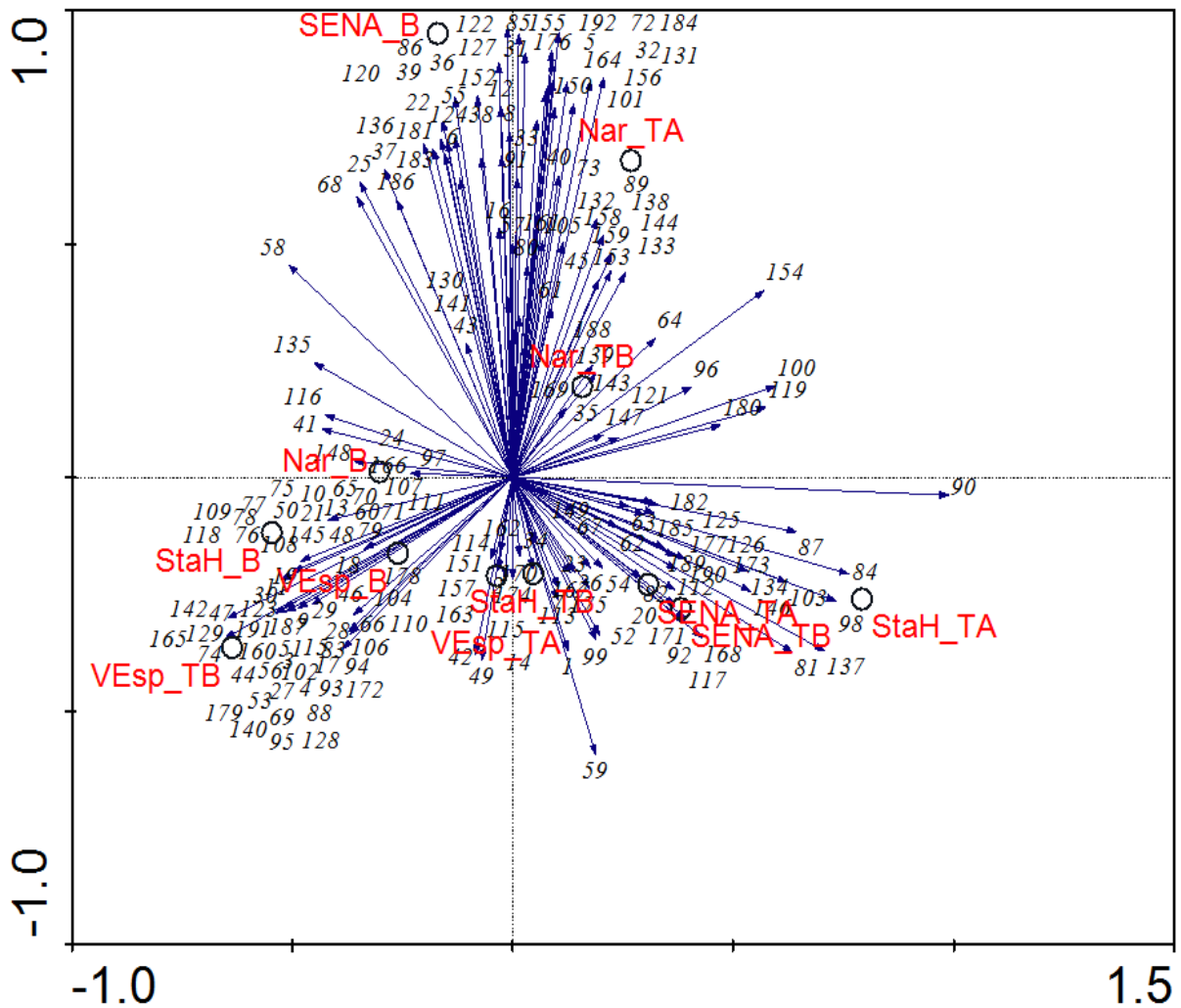


Figura 15. Triplot basado en el RDA de las Morfoespecies del Fitoperifiton, las estaciones de muestreo y el período hidrológico (Etiquetas en Anexo 3).

Para la estación Sta. Helena en aguas transición a bajas se registraron morfoespecies como *Pinnularia* sp4, *Pleurotaenium* sp1 y *Scenedesmus* sp5, en época de aguas bajas se registraron *Navicula* sp3, *Micrasterias* sp3, *Eunotia* sp9, *Eunotia* sp11, *Eunotia* sp7 y *Aulacoseira* (Figura 15), para la época de aguas altas se registraron especies como *Frustrulia* sp5, *Gomphonema* sp9, *Komvophorom* sp1 y *Oedogonium* sp3.

En la estación Va, Esperanza en la época de transición a bajas se identificaron *Surirella* sp, *Penium* sp, *Eunotia* sp5, *Euastrum* sp7, *Schizomeris* sp1, *Diatoma* sp, *Nitzschia* sp3. En aguas bajas se registraron a *Surirella* sp3, *Eunotia* sp5, *Nitzschia* sp5, *Cosmarium* sp6 y *Micrasterias* sp1; y en la época de aguas transición a altas se reportaron *Frustrulia* sp4, *Gomphonema* sp9 y *Oedogonium* sp3 (Figura 15).

Para la estación Va. Esperanza en aguas transición a bajas se registraron morfoespecies como *Surirella* sp3, *Eunotia* Sp5, *Penium* sp, *Euastrum* sp7, *Shizomeris* sp1 y *Nitzschia* sp3. En época de aguas bajas en esta estación se encontraron a *Surirella* sp2, *Phacus* sp, *Nitzschia* sp7, *Cosmarium* sp6 y *Micrasterias* sp1. Las especies *Cymatopleura* sp, *Desmodesmus* sp4, *Scenedesmus* sp5, *Navicula* sp2 y *Gonatozygon* sp2 se registraron en la época de aguas transición a altas para este punto de muestreo.

En la estación Naranjal en la época de transición a bajas se registraron morfoespecies como *Euglena* sp, *Pleurosigma* sp, *Phormidium* sp1, *Gomphonema* sp4, *Gonatozygon* sp1 y *Staurastrum* sp3 (Figura 15). En aguas bajas se identificaron *Cyclotella* sp, *Cosmarium* sp1, *Oedogonium* sp4, *Pinnularia* sp1 y *Gomphonema* sp5. Por último para transición a altas se encontraron a *Geitlerinema* sp, *Pediastrum* sp1, *Phormidium* sp2, *Heteroleibleinia* sp1, *Pleurotaenium* sp2 y *Oedogonium* sp2.

10. DISCUSIÓN.

10.1 Calidad de agua del caño Quenane

En el caño Quenane no fueron evidentes los cambios en la química del agua durante los diferentes periodos de muestro (ATB= Noviembre diciembre del 2014, AB = Febrero de 2016, ATA= Abril de 2016). Se encontró una diferencia en temperatura según el período hidrológico, pues la estación de muestreo Naranjal presentó las temperaturas más altas en el agua, posiblemente por el poco cubrimiento de vegetación sobre el cauce del caño, lo cual permite que la radiación solar llegue directamente al cuerpo de agua (Cañadas *et al.*, 2004); contrario a las temperaturas registradas en la estación SENA, las cuales fueron las más bajas en los tres períodos hidrológicos posiblemente por la regulación térmica que hace la vegetación (Cañadas *et al.*, 2004) presente en este punto de muestreo. Las temperaturas registradas en el presente estudio muestran un comportamiento similar a las temperaturas registradas en otros estudios en la región como los realizados por Salomón (2012) y Caleño (2014) en ríos del piedemonte llanero cuyas temperaturas oscilan entre los 23 y los 27 °C.

El comportamiento del pH, no mostró variaciones importantes en las cuatro estaciones de muestreo durante los tres períodos hidrológicos monitoreados; éste evidenció una tendencia a la acidez oscilando entre 4.4 a 5.9 unidades, valores relacionados con suelos pobres de nutrientes y de tendencias ácidas característicos de la región (Osorio *et al.*, 2015). Estos valores concuerdan con otros estudios realizados en estas zonas como son Donato y Galvis (2008), Rivera et al. (2010), Marciales *et al.* (2012), Salomón (2012) y Caleño (2014).

Respecto al oxígeno disuelto, en la estación del SENA se presentó, para los períodos hidrológicos de AB y ATA los valores más bajos (19% y 38.7%), datos que se pueden asociar con los aportes de materia orgánica en descomposición

provenientes de la vegetación ribereña y sumergida que se encuentra en este punto de muestreo, incrementando así la tasa de consumo de oxígeno (Esteves 2011; Roldán 1992). La conductividad es un reflejo de la mineralización del agua, en este caso al presentar conductividades que van desde 7 a 29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se podría indicar que son aguas pobres, de acuerdo a lo que Ramírez y Viña (1998) clasifican como aguas pobres (3-140 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En este estudio las conductividades más altas se registraron en el período de AB en las estaciones Villa Esperanza y Naranjal posiblemente por procesos de degradación y acumulación de materia orgánica (Roldán 1992).

10.1.1 Índice de Calidad del Agua

Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) permiten tener una visión global de la calidad del recurso agua. Los valores de la Tabla 9 muestran que, teniendo en cuenta los coliformes totales, la calidad el agua en las cuatro estaciones muestreadas y en los tres períodos hidrológicos el grado de contaminación del caño es alta a muy alta. Las concentraciones de coliformes presentes en los puntos de muestreo están asociadas a los vertimientos de los habitantes aledaños a la fuente de agua.

10.1.2. Comparación con la normatividad Colombiana:

Teniendo en cuenta la normatividad Colombiana (decretos 1595 de 1984, 475 de 1998, 1575 de 2007 y la Resolución 0631 de 2015) el amonio no cumple con los valores admisibles para agua potable según el decreto 475 de 1998, en todas las estaciones. Éstos posiblemente se presentan por las actividades metabólicas y agropecuarias presentes en el curso de agua. La contaminación del agua con bacterias de aguas residuales o con residuos animales es uno de los principales productos del metabolismo de los mamíferos (OMS, 2003). Sin embargo, para uso doméstico, uso agrario, para fines recreativos de primer grado y segundo grado

cumple con los límites según los decretos 1595 de 1984, 475 de 1998, 1575 de 2007 y la Resolución 0631 de 2015.

Los coliformes fecales y totales no cumplen con los valores admisibles para este parámetro en lo estipulado en los decretos 1595 de 1984, 475 de 1998, 1575 de 2007 y la Resolución 0631 de 2015 para uso de agua como potable, pero para los otros usos cumple con los valores admisibles. Los valores de coliformes fecales y totales puede deberse al arrastre por escorrentía de materia orgánica producto de actividades humanas. Otro parámetro que se sale de los valores admisibles por los decretos colombianos para agua potable es el hierro, el cual puede deberse a la lixiviación del suelo de la cuenca del caño Quenane, que corresponde a suelos ácidos con pH aproximados a 4 (ICAOC, 2015). La presencia de hierro también puede afectar la turbidez del agua (OMS, 2003; Berrio *et al.*, 2002), la cual para este estudio no cumple con los valores admisibles en la legislación colombiana para agua potable.

Los valores de pH también se salen de lo establecido para el uso de agua potable, pecuario y agrícola, dados por el Decreto 1594 de 1984, ni para consumo humano directo (6,5-9) según la Resolución 2115 del 2007. Es importante resaltar que los valores de pH registrados presentan una tendencia ácida, relacionada con las características físicas y químicas de los suelos del área, los cuales corresponden a suelos de planicie aluvial de piedemonte — abanicos y suelos de las formas aluvial y/o lacustre, que presentan un contenido de fósforo superficial bajo y un pH aproximado de 4 (Donato & Galvis, 2008; Rivera *et al.*, 2010; Marciales *et al.*, 2012; Salomón, 2012; ICAOC, 2015).

10.2. Comunidad Fitoperifítica

En los cuatro puntos de muestreo y tres períodos de muestreo del caño Quenane la clase más representativa fue Bacillariophyta. Posiblemente se debe a que este grupo presenta especies que poseen pedúnculos y filamentos no ramificadas en

posición horizontal (Luce *et al.*, 2010) que les favorece la vida perifítica: Igualmente se ha encontrado que la abundancia de organismos de esta clase está relacionada con concentraciones bajas de nutrientes y pH con tendencia a la acidez (Roldán 1992). Estos resultados son similares a los encontrados por Rivera-Rondón *et al.*, (2010) que llevaron a cabo una caracterización biológica en los principales ríos, quebradas y humedales de la región aledaña a la ciudad de Puerto Carreño (Vichada, Colombia) en la época de aguas bajas del río Orinoco, donde también encontraron dominancia y diversidad en las Bacillariophyta.

La clase Conjugatophyceae a la cual pertenece la familia Desmidiaceae presente en todas las estaciones y épocas de muestreo, también presente en el estudio, son indicadoras de aguas poco profundas, pH con tendencia a la acidez y bajas conductividades (Pinilla,1998); además las Desmidiaceae han sido catalogadas como excelentes indicadores ambientales de sistemas poco alterados por varios autores como Pinilla (1998), Coesel (2001), Dokulil (2003), NIVA (2005), Peña *et al.*, (2005), Ngearnpat & Peerapornpisal (2007) y Štěpánková *et al.* (2012). Las Desmidiaceae están presentes en muchos ecosistemas acuáticos de la Orinoquia, según los trabajos de Salazar y Guarrera (1998, 2000a, b) Salazar (2006) y Salcedo (2008). Se destacan los trabajos de Duque *et al.*, (2011) y Marciales (2012), en los cuales las reportan en departamentos del Meta, Casanare y Arauca de la Orinoquia colombiana.

10.2.1 Proceso Sucesional del fitoperifiton.

El proceso de sucesión pasa por tres fases **1)** Colonización **2)** crecimiento y **3)** separación o desprendimiento (Castillo, 2000; Nazar, 2007). Inicialmente se forma un revestimiento orgánico, que es requisito para la fijación de otros organismos (Roldán & Ramírez, 2008). Los colonizadores primarios son diatomeas con largos pedúnculos mucilaginosos, producción de matrices gelatinosas y estructuras coloniales en forma de estrella o ramas fijas por la base (Rodríguez *et al.*, 2003).

Así se prepara el sustrato para la colonización de otras clases de algas (Moura, 1997; Castillo, 2000). Los primeros colonizadores fueron los géneros de diatomeas *Achnanthes*, *Achnanthidium*, *Cymbella*, *Eunotia*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia Pinnularia*, *Pleurosigma*, *Stauroneis Stenopteroibia* y *Surirella*, por tanto este ensamblaje muestra la estructura esperada en la primera etapa de colonización descrita.

De la clase Conjugatophyceae o sea de las Desmidiaceae los géneros *Actinotaenium*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Euastrum*, *Mougeotia*, *Netrium*, *Pleurotaenium* y *Staurastrum*, se pueden considerar pioneros de bajo perfil, ya que corresponden a las primeras etapas de sucesión de la comunidad perifítica y son capaces de colonizar rápidamente las superficies (Bicudo & Menezes, 2006; Montoya & Aguirre, 2008; Bellinger & Sigee, 2010).

En la segunda fase de sucesión, se encuentran las diatomeas tolerantes a una amplia gama de radiación, tales como *Gomphonema* (con forma de crecimiento colonial adherida al sustrato por un filamento de mucílago), *Pinnularia* (diatomea colonial que forma cadenas largas de células) y *Eunotia* (Bicudo & Menezes, 2006) las cuales se evidenciaron en este estudio.

En la última etapa de la sucesión las especies presentes son aquellas capaces de mantener una alta tasa de crecimiento, en este estudio serían las diatomeas *Cymbella*, *Eunotia*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia Pinnularia*, *Pleurosigma*, *Stauroneis Stenopteroibia* y *Surirella*. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Andramudio (2013). Andramudio *et al.*, (2016) realizó un estudio completo de sucesión de los componentes bacterianos, algales y protozoarios, en dos ambientes del sistema lagunar de Yahuaraca, en donde evidenció en el proceso de colonización y sucesión algales que en la primera etapa de colonización predominaron los géneros que son capaces de colonizar rápidamente las superficies expuestas desarrollándose en condiciones de alta radiación (Bicudo & Menezes, 2006; Andramunio-Acero *et al.*, 2008; Montoya y Aguirre, 2008; Bellinger & Sigee, 2010); para la segunda etapa se registraron morfoespecies

como *Gomphonema affine*, *G. gracile*, *Melosira varians* y *Pinnularia* sp; y en la última fase se encontraron especies como *Fragillaria* aff. *intermedia*, *F. aff. ulna*, *Aulacoseira varians*, *Oedogonium* sp, *Ulothrix* sp. y *Nostoc* sp.

A las horas finales del proceso de sucesión, se evidencia una disminución de especies sobre el sustrato, posiblemente debido a las condiciones de competencia por el sustrato y la presencia de depredadores (Gilbert et al., 2000 y 2003; Modenutti & Vucetich, 1987) (Figura 10).

Por otro lado, el índice de Shannon mostró diferencias con respecto al período hidrológico aguas transición a bajas, en las estaciones Naranjal y Sta. Helena (Figura 12) con la tendencia a diversidades bajas, lo cual puede corresponder con un aumento en el arrastre y deriva de los organismos, condiciones que favorecen a pocas especies (Margalef, 1991) en el caso de la estación Naranjal a las 144 horas de colonización el valor de este índice fue $H' = 0$, lo cual puede indicar que en esta estación para ese momento hay dominancia de una especie, posiblemente por que esta especie es más fuerte o que las condiciones son mucho más favorables para esta especie que para otras (Peterson et al., 1992)

El índice de dominancia de Simpson presentó un comportamiento similar tanto espacial y temporalmente, al ser más sensible a la abundancia de las especies más frecuentes. Esto responde a que los puntos Naranjal en aguas transición a bajas y la estación Sena en aguas bajas tienden a presentar un número mayor de especies dominantes.

Pese a que el uso de los índices de diversidad como método de bioindicación comenzó a perder importancia, pretende establecer una relación directa de causa-efecto entre la diversidad y la estabilidad de los ecosistemas (Segnini, 2003) para el caso de caño Quenane, mostró que tanto espacial como temporalmente la tendencia es a poseer aguas ligeramente contaminadas a medianamente contaminadas por materia orgánica, esto se puede presentar por las actividades

realizadas en cercanías al caño, como recreación, vertimientos domésticos, y cultivos.

La mayoría de las medidas de diversidad están calculadas en función de la riqueza de especies y/o la distribución de abundancia de las mismas (Segnini, 2003), sin tomar en cuenta el tipo de organismos presentes y la capacidad de los mismos de adaptarse a los cambios del medio ambiente (Roldan, 1992)

10.3. Agrupamiento

El agrupamiento entre las estaciones de muestreo y periodo hidrológico se da para las especies que comparten algunos rasgos ambientales, pues las características físicas y químicas conllevan a cambios en la densidad, abundancia y composición de la comunidad fitoperifítica (Burkholder, 1996). Es así como en este estudio se evidenció la formación de un primer grupo que comparte morfotipos como *Frustulia* sp1, *Navicula* sp3, *Zygnema* sp, *Gomphonema* sp2, *Eunotia* sp5, *Eunotia* sp8, *Fragilaria* sp y *Trachelomona* sp. El grupo 2 comparte a morfotipos como: *Navicula* sp3, *Planktolyngbya* sp, *Achnanthes* sp1 y *Oedogonium* sp1. El grupo 3 con *Frustulia* sp1 y *Actinotaenium* sp1 y, el grupo 4 con *Eunotia* sp2 y *Navicula* sp3.

Como se observa en el RDA (Figura 12), las abundancias de los morfotipos *Nitzschia* sp8, *Cosmarium* sp13, *Netrium* sp1, *Frustulia* sp5 y *Cosmarium* sp16 están relacionadas con coliformes totales y fecales, turbidez, nitritos y nitratos. Morfotipos cuya abundancia dependa posiblemente de la temperatura, pH y conductividad fueron *Cyclotella* sp, *Cosmarium* sp1, *Oedogonium* sp4, *Gomphonema* sp5, *Eunotia* sp1 (Duque & Donato, 1992) y *Pinnularia* sp1 (Toledo, 1992). Morfotipos como *Surirella* sp, *Penium* sp, *Eunotia* sp5, *Euastrum* sp7, *Schizomeris* sp1, *Diatoma* sp, *Nitzschia* sp3, *Surirella* sp3, *Eunotia* sp5, *Nitzschia* sp5, *Cosmarium* sp6, *Micrasterias* sp1, *Frustulia* sp4, *Gomphonema* sp9 y

Oedogonium sp3, están relacionados con caudal y oxígeno disuelto (Duque & Donato, 1992)

Con sólidos totales disueltos y demanda biológica de oxígeno estuvieron relacionados los morfotipos *Frustulia* sp4, *Gomphonema* sp9 y *Oedogonium* sp3, *Pinnularia* sp4, *Pleurotaenium* sp1 y *Scenedesmus* sp5, *Nitzschia* sp8, *Cosmarium* sp13, *Netrium* sp1, *Frustulia* sp5, y *Cosmarium* sp16, *Gomphonema* sp1, *Navicula* sp1, *Staurastrum* sp13, *Colacium* sp, *Monoraphidium* sp y *Komvophoron* sp (Toledo, 1992)

Es importante resaltar que la clase Bacillariophyceae, es una de los grupos que marca diferencia en las condiciones químicas y físicas del hábitat acuático (Roldan, 1992) Esto es fácilmente observable en los resultados del presente trabajo, pues los valores más bajos de riqueza y abundancia para este grupo algal se presentaron en el lugar del vertimiento en la estación Va. Esperanza, siendo este sitio el que mayor variación presentó en los parámetros físicos y químicos con respecto a los otros puntos analizados.

Según la clasificación de la calidad de agua propuesta por Roldán (1992) y Curtis & Barnes (1996), donde se tiene en cuenta el valor de la diversidad, las aguas del caño Quenane están dentro del rango de aguas medianamente contaminadas (1.9 -2,7 H'). Así mismo, la presencia de especies de mayor representación en este estudio, pertenecientes a las clases Bacillariophyceae (69%) y Conjugatophyceae (16%) indican aguas con tendencia a la acidez, poco profundas y sistemas poco alterados (Pinilla, 1998; Coesel, 2001; Dokulil 2003; NIVA, 2005; Peña *et al.*, 2005; Ngearnpat & Peerapornpaisal, 2007; Štěpánková *et al.*, 2012).

Por otra parte, el ICA evidenció que el grado de contaminación del caño es alto en las estaciones Naranjal (ATB) y Santa Helena(AB), y muy alta en ATA para todas las estaciones, en ATB para SENA, Villa Esperanza y Santa Helena, y en AB para Villa Esperanza y Naranjal, debido a la presencia de coliformes totales. En el ámbito de la gestión ambiental esta información ecológica basada en el fitoperitfiton y en la calidad del medio (condiciones físicas y químicas del agua) es

vital como apoyo para la toma de decisiones a partir de instrumentos de gestión tales como el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el cual es exigido por la autoridad ambiental para definir las medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de un ecosistema (Decreto 1743), el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y planes de monitoreo, entre otros.

11. CONCLUSIONES

- La evaluación de la calidad del agua mediante la aplicación de los Índices Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por pH (ICOpH), Conductividad, Coliformes Totales, DBO₅ y el índice simplificado de calidad de agua (ISQA) propuestos por Ramírez & Viña (1998), permitieron establecer que la mayor contaminación del caño Quenane durante los tres períodos hidrológicos muestreados (ATB; ATA; AB), está asociada a la materia orgánica. Comparando con la normatividad colombiana las aguas de este caño no son aptas para el consumo humano ya que su contenido de coliformes totales y fecales superan el valor admisible dispuesto en los decretos 1595 de 1984, 475 de 1998, 1575 de 2007 y la Resolución 0631 de 2015.
- Las morfoespecies encontradas en el caño Quenane son indicadoras de concentraciones bajas de nutrientes y pH con tendencia a la acidez, y se evidencia un proceso de sucesión que permite comprender la composición de la comunidad fitoperifítica del caño Quenane en tres periodos hidrológicos.
- Existe una estrecha relación de morfoespecies con parámetros fisicoquímicos. Así, la turbidez, nitritos y nitratos se relacionaron con los morfotipos de *Nitzschia*, *Cosmarium*, *Netrium*; el pH y la conductividad estuvieron relacionados con *Cyclotella*, *Oedogonium*, *Gomphonema*, *Eunotia* y *Pinnularia*; el caudal y el OD con *Surirella*, *Penium*, *Eunotia*, *Euastrum*, *Schizomeris*, *Diatoma*; los STD y la DBO₅ estuvieron relacionadas con los morfotipos *Frustulia*, *Oedogonium*, *Pleurotaenium* y *Scenedesmus*, *Navicula*, *Staurastrum*, *Colacium*, *Monoraphidium* y *Komvophoron*.

- El fitoperifiton funciona como indicador de las actividades humanas y su impacto en la calidad de las aguas del caño Quenane. En esto caso asociado principalmente a la presencia de coliformes y las clases Bacillariophyceae (69%) y Conjugatophyceae (16%) que indican aguas con tendencia a la acidez, poco profundas y sistemas poco alterados.
- Determinar el tipo de microorganismo presente en el agua y su concentración proporciona herramientas indispensables para conocer la calidad de la misma y para la toma de decisiones en relación al control de vertidos, tratamientos de agua y conservación de ecosistemas, evitando así el riesgo de contaminación del ambiente. No obstante, existe dificultad para determinar la presencia de organismos patógenos, esta determinación implica costos elevados, tiempo y laboratorios especializados, una alternativa es una evaluación rápida y fiable de la presencia de microalgas indicadoras en el agua.

12. Recomendaciones

- Realizar la identificación del fitoperifiton a nivel de especies presentes, lo cual permitiría utilizar otro índice biológico de calidad de agua como el índice diatomeico.
- Hacer muestreos en los cuatro períodos hidrológicos, para observar cambios en la estructura de la comunidad del fitoperifiton con respecto a las variables fisicoquímicas e hidrológicas.
- Llevar a cabo ensayos de toxicidad con el fitoperifiton para conocer las tolerancias ecológicas y las adaptaciones para resistir contaminantes agudos y crónicos, y usarlo como indicador de calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, C , A; Cerquera C,P; Encizo, Y, M; Aristizabal, C, J; Carrillo, C, A; Salamanca S, M; Beltrán, D ,A; Ibarra ,J, A. 2012. *Plan de manejo ambiental de la microcuenca del caño Quenane del municipio de Villavicencio y Puerto López. Departamento del Meta.* Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Especialización en Gestión Ambiental Sostenible. X cohorte. 194 P

Álvarez, M, G; Irvine, K; Griensven, A, V; Arias, M; Torres, A; Mynett A. 2013. *Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river wetland system (Ecuador).* *Environmental Science & Policy.* 34: 115 - 127

Andramunio, C. 2013. *Dinámica sucesional y ecológica trófica de la comunidad perifítica en dos ambientes del sistema lagunar de Yahuaracaca (Amazonas, Colombia).* Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia Leticia, Amazonas, Colombia

Andramunio, C, P; Caraballo G, P; Duque, S, R; Solari L, C. 2016. *Cambios Sucesionales De La Comunidad Perifítica En El Sistema De Lagos De Yahuaracaca, Amazonas Colombiano. Sometido a Actualidades Biológicas*

Arce ,O; Herbas, A, R; Rivero, O, F; Gonzáles, A. 2006. *Indicadores biológicos de calidad del agua.* Maestría en ingeniería ambiental. Facultad de ciencias y tecnología. Universidad Mayor de San Simon. Cochabamba.

Archibald, M. 1972. Diversity In Some South African Diatom Associations And Its Relation To Water Quality. *Water Research* 6: 1229-1238.

Baek ,S, H; Son Moonho; Shim Won Joon. 2013. *Effects of Chemically Enhanced Water-Accommodated Fraction of Iranian Heavy Crude Oil on Periphytic Microbial*

Communities in Microcosm Experiment Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 90(5):605-610.

Bellinger, E; Sigeo, D. 2010. *Freshwater Algae: Identification And Use As Bioindicators*. Willey-Blackwell. Manchester University, UK. 271p.

Bernal, S, I; Obando, L, Y; Hernández, E; Méndez ,M, A; Alba, D, A. 2012. *Plan de manejo ambiental - vereda Apiay*. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Especialización en Gestión Ambiental Sostenible. XI cohorte. 199 P.

Berrio, J, C; Hooghiemstra, H; Behling, H; Botero, P; Van der Borg K. 2002. Late Quaternary savanna history of the Colombian Llanos Orientales from Lagunas Chenevo and Mozambique: a transect synthesis. *The Holocene*; 12 (1): 35–48

Bicudo, C; Menezes, M. 2006. *Géneros de algas de aguas continentales do Brasil (chave para identificação e descrições)*. Segunda edición. 502p.

Biggs, J, F. 1989. Biomonitoring of organic pollution using periphyton, South Branch, Canterbury, New Zealand. *New-Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 23: 263-274 P

Biggs, B. 1996. Patterns in benthic algal of streams. In: Stevenson, R. J.; Bothwell, M.L.; Lowe, R. L. [eds.]. *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. New York: Academic Press. 31-56p.

Braakk, C, J; Smilauer F, P,. 1998. *CANOCO Version 4.0, Software for Canonical Community Ordination*. Microcomputer Power Ithaca, NuevaYork.

Bricker, O, P; Jones, B, F. 1995. Main factors affecting the composition of natural waters. In: Salbu, B., Sateinnes, E. (Eds), *Trace Elements in Natural Waters*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1-5p.

Burkholder, J. M. 1996. *Interactions Of Benthic Algae With Their Substrata*. En: Stevenson, J. R., M. Bothwell & R. Lowe. *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosys- Tems*. Academic Press. San Diego, California.

Bustamante, C, A; Davila C, A; Torres .S; Ortiz, J, F. 2008. Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío. *Revista Investigación Universidad del Quindío Armenia - Colombia* 18: 15-21.

Burillo, B. L. 1997. *La calidad de las aguas en los humedales: los indicadores biológicos*. Boletín Sede para el estudio de los humedales mediterráneos SEHUMED. 1:1-2. 4.

Cadavid, G, J, C; Echeverri, R, J, D; Gómez G, A, E. 2010. Modelación Índices De Calidad De Agua (Ica) *En Las Cuencas De La Región Cornare*. 13(2): 7-24P

Caleño R, Y. 2014. *Efecto de la extracción de agua sobre el procesamiento de la materia orgánica y el ensamblaje de macroinvertebrados, en la quebrada mata de los cajuches (Tauramena-Casanare)* Trabajo De Grado Como Requisito Parcial Para Optar Al Título De Ecóloga. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.

Cañadas, E; Muñoz, G; Arrojo, A; Valle, F. 2004. *Metodología Para Estudio De Vegetación De Ribera*. En La Planificación De Las Actuaciones En Sistemas Fluviales. IV Congreso Ibérico De Gestión Y Planificación Del Agua. Tortosa. Tarragona.

Caro, C; Torres, M; Ramírez H . 2011. *Determinación y formulación de las medidas socio-ambientales asociadas a la recuperación del río Orotoy, en el área*

de influencia de la Superintendencia de Operaciones Central Ecopetrol, municipios de Acacías y Castilla la Nueva. Libro resumen. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. 80 P.

Castillo, C. 2000. Productividad Y Biomasa Fitoperifítica En Los Lagos Yahuaraca Y Tarapoto (Amazonas- Colombia). *Revista Ambiental Aire, Agua Y Suelo. Universidad De Pamplona* 1: 59-68 P.

Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.* Chapman Hill. Londres. 626 p.

Chantal, V; Hudon, C; Cattaneo, A; Pinel-alloul B. 1998. Periphyton as an indicator of water quality in the st lawrence river (qubbec, canada) c. *Vis et al./environmental pollution* 101. 13-24

Coesel, P, M. 2001. A Method For Quan- Tifying Conservation Value In Lentic Fresh- Water Habitats Using Desmids As Indicator Organisms. *Biodiversity And Conservation* 10:177-187.

Correa, H, D; Ruiz, S, L; Arévalo, L, M. 2005. *Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco – Colombia / 2005 - 2015 – Propuesta Técnica. Bogotá D.C.* Corporinoquia, Cormacarena, I.A.v.H, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ – Colombia.

Cox, J. 1996. *Identification of Freshwater. Diatoms From Live Material.* Scientific Officer, Department of Botany, The Natural Hystory Museum, London, U.K. Pag 105

Curtis, H; Barnes N. 1996. *Biología.* Buenos Aires: Editorial medica panamerica. Quinta edición.1199p

De la Lanza, E, G; Hernández, P, S; Carbajal, P, J, L. 2000. *Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdes. México. 633P

De La Parra Guerra, A, C; Rodelo Soto, K, J. 2012. *Composición y abundancia de la comunidad de algas perifíticas del río cesar asociado a variables físico-químicas e hidrológicas durante los meses de febrero-septiembre del año 2011*. Cesar, Colombia. Universidad Del Atlántico. Facultad De Ciencias Básicas Programa De Biología. Barranquilla-Colombia.

Dokulil, M, T. 2003. *Algae As Ecological Bio-Indicators*. En: Market, B. A., A. M. Breure Y H. G. Zechmeister. (Eds.). *Bioindicators And Biomonitors*. Elsevier Science. 285-327 P

Donato, J; Galvis, G. 2008. *Ecología De Un Río De Montaña De Los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá)*. Universidad Nacional De Colombia. Facultad De Ciencias.

Duque, S, R; Donato , J, C. 1992. *Biología Y Ecología Del Fitoplacton De Aguas Dulces En Colombia. Cuadernos Divulgativos*, Universidad Javeriana. Facultad De Ciencias. 35

Duque, S, R; Castro, L, J; Marciales, R, O,. Echenique, Cano, M, G,. 2011. *Ecología De Desmidias (Algae, Zygnemaphyceae) En Esteros Y Lagunas De La Orinoquia*. Informe Final. Universidad Nacional De Colombia, Sede Amazonia. Leticia. 40 P.

Elosegi A,. Sabater S. 2009. *Conceptos y técnicas en Ecología fluvial*. Fundación BBVA. Bilbao. Pag 424

Esteves, F. 2011. *Fundamentos de Limnología*. 3a edición. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 826p.

Fernández, N; Ramírez, A; Solano, F. 2000. Índices fisicoquímicos de calidad de agua un estudio comparativo. Conferencia internacional usos múltiples para el agua: Para la vida y el desarrollo sostenible. Universidad del Valle. Instituto Cinara.

Fjerdingstad, E.1964. *Pollution Of Streams Estimated By Benthic Phytomicro-Organisms I. A Saprobic System Based On Communities Of Organisms And Ecological Factors*. Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie 49, 63-131

Franco, A; González J D; Montaña S; Ulloa L. 2012. *Estudio Regional de los ecosistemas Acuáticos y terrestres de la Región de Carimagua*. Llanos orientales, Meta Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología. Bogotá.

Fontanilla S. 2012. *Efecto de la extracción de piedra sobre la comunidad perifítica en ríos del piedemonte llanero Colombiano*. Pontificia universidad javeriana facultad de estudios ambientales y rurales carrera de ecología. Bogotá

Giraldo, L ,J; González, T; Ordóñez P, M, P; Palacios A, L, F; Rincón T, D, A; Samacá, S, E J. 2011. *Evaluación En Época Seca De Ecosistemas Acuáticos Y Terrestres, Sector Centro Administrativo PNN El Tuparro (Cumaribo, Vichada)*

Gilbert, D., Amblard, C., Bourdier, G., Shiel, R. 2000. *Le régime alimentaire des Thécamoebiens (Protista, Sarcodina)*. L'Année Biologique. 38:57-68.

Gilbert D., Mitchell E., Amblard, C., Francez, A. 2003. *Population Dynamics and Food Preference of the testate Amoeba nebeli tincta major-bohemica-collaris complex (Protozoa) in a Sphagnum peatland*. Acta Protozoologica. 21:99-104.

Guisande, C; Barreiro, A; Maneiro, Riveiro, I; Vergara, A; Vaamonde, A. 2006. *Tratamiento de datos. Ed. Díaz de Santos. España. 356p.*

Guzmán, M, R; Mesa, N, B; Ojeda, S, M; Gutiérrez , A; Medina, J, J; Rozo, L, A. 2011. *Plan indicativo de manejo ambiental del centro poblado San Luis de Ocoa, municipio de Villavicencio – Meta.* Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Especialización en Gestión Ambiental Sostenible. XI cohorte. 155 P

Gutiérrez, A, J; Pulido, S. X; García, R. F; Rojas, J; García, J.C. 2010. Evaluación del recurso hídrico de una microcuenca para el esquema de una compensación o pago por servicios ambientales. Editorial Promumedios. Villavicencio Meta. 74 p.

Hammer, Ø; Harper, D.A.T. 2006. *Paleontological Data Analysis.* Blackwell.

Hernández, A, E; Aguirre, N,J; Palacio, J, A. 2005. Variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de algas perifíticas en la micro cuenca de la quebrada La Vega, Municipio de San Roque (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 27 (82): 67-77.

Jiménez, M; Vélez M, V. 2006. *Análisis Comparativo De Indicadores De La Calidad De Agua Superficial. Avances En Recursos Hidráulicos.* 14: 56 - 70

Jiménez ,P,P; Toro R, B; Hernández, A, E. 2014. *Relación Entre La Comunidad De Fitoperifiton Y Diferentes Fuentes De Contaminación En Una Quebrada De Los Andes Colombia, Relación Fitoperifiton Y Contaminación Ambiental. Boletín Científico Centro De Museos Museo De Historia Natural.* 18 (1), 49-66.

Krebs, C. 1999. *Ecological Methodology.* 2nd ed. University of British Columbia, Vancouver

Krenkel, P; Novotny, V., 1980. Water quality management. Academic Press. 671 P.

Komarek, J; Anagnostidis K. 1998. *Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales*. - In: *Ettl H., Gärtner G., Heynig H. y Mollenhauer D. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*, Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm. 548 P

Komarek, J; Anagnostidis, K. 2005. *Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales*. In: Büdel B., Krienitz L., Gärtner G. y Schagerl M. (eds): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*, Elsevier/Spektrum, Heidelberg. 759 P

León, L, D; Rojas R; Romero, M, A; Pinzón, A; Carrillo W. 2009. *Plan indicativo de manejo ambiental para el centro poblado de la vereda Alto Pompeya (Villavicencio- Meta)*. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Especialización en Gestión Ambiental Sostenible. V cohorte. 147P

Lobo, E. 2002. *Utilização de Algas Diatomáceas Epilíticas como Indicadores da Qualidade da Água em rios e Arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil*. Editora da hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. Pag 127.

Lobo, E; Heinrich, C; Schuch , M; Düpont, A; Da Costa A; Wetzel C; Luc E. 2016. índice trófico de qualidade da agua. Guía ilustrado para sistemas loticos subtropicales e temperados brasileiros. Edunisc.

Lowe, R; Laliberte, G. 1996. Benthic Stream Algae: Distribution and structure. *Methods in Stream Ecology* (Eds R. Hauer & G. Lamberti), pp. 269-294. Academic Press, USA

Lowe R, L; Pan Y. 1996. *Benthic algal communities as biological indicators*. In: *Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L. (Eds.). Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, Pag. 705-739

Luce, J, J; Steele R; Lapointe M, F. 2010. A Physically Based Statistical Model Of Sand Abrasion Effects On Periphyton Biomass. *Ecological Modelling*. 221(2), 353–361

Luján de Fabricius A. 2000. Las algas, indicadores de la calidad del agua Interciencia. Río Cuarto, 4(4). Fac. de Ciencias Exactas, Dpto. de Ciencias Naturales, UNRC.

Marciales, L, J; Díaz ,J; Cruz ,E; Medina V. 2012. Evaluación de la composición del plancton en cuatro lagunas de rebalse del rio Metica (Puerto López, Meta, Colombia). *Revista Orinoquia. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta* 16 (2): 203- 216.

Marciales, L. J. 2012. *Diversidad De Grupos Funcionales Basados En La Morfología Del Fitoplancton En Humedales De La Orinoquia Colombiana*. Tesis Msc. Universidad De Los Andes, Bogotá. 53 P.

Margalef, R. 1980. *Ecología*. Omega. Barcelona. 951 p. 14.

Margalef R. 1991 *Ecología*. Editorial Omega. Barcelona. España; 951 p

McAlice, B. J. 1971. Phytoplankton sampling with the Sedgwick-Rafter cell. *Limnology and Oceanography*. 16: 19-28. Ohtsuka,

McCauley, R, N. 1966. *The biological effects of oil pollution in a river*. *View issue TOC* 11: 475–486

Montoya, Y; Aguirre, N. 2013. Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*. Vol. 16 (3): 91-117

Montoya, Y; Aguirre N. 2008. Asociación De Algas Perifíticas En Raíces De Macrófitas En Una Ciénaga Tropical Colombiana. *Hidrobiológica*. 18(3):189-198.

Moreno, J; Medina, C; Albarracín V. 2012. Aspectos Ecologicos y metodologicos del muestreo, identificación y cuantificación de cianobacterias y microalgas eucariotas. *Reduca (Biología). Serie Microbiología*. 5(5):110-125.

Moresco, C; Rodríguez L., 2013. *O perifiton como Bioindicador em Rios*. En Schwarzbald A, Burliga A, Carvalho L. 2013. *Ecologia do Perifiton*. RiMA Sao Carlos; pag. 103 – 130

Moura, A. 1997. *Estrutura E Dinâmica Da Comunidade Fitoplanctônica Numa Lagoa Eutrófica*, São Paulo, SP, Brasil A Curtos Intervalos De Tempo: Comparação Entre Épocas De Chuva E Seca. Rio Claro, UNESP. (Dissertação De Mestrado) 172

Modenutti, B., Vucetich, M. 1987. Variación especial de los tecamebianos del zooplankton del arroyo Rodríguez (Provincia de Buenos Aires). *Limnobiós*. 2:671-675.

Nayar, S; Goh B,P,L; Cho L,M. 2003. The impact of petroleum hydrocarbons (diesel) on periphyton in an impacted tropical estuary based on in situ microcosms *.Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 302(2): 213–232

Nazar, J. 2007. *Biofilms Bacterianos*. Revisión Bibliográfica. *Rev. Otorrinolaringol*. 67:61-72

Ngearnpat, E, Y; Peerapornpisal. 2007. Application Of Desmid Diversity In Assessing The Water Quality Of 12 Freshwater Resources In Thailand. *Journal Of Applied Phycology* 19:667-674.

NIVA, 2005. *The Use Of Phytoplankton As Indicators Of Water Quality*. Norwegian InsTitute For Water Research. Olso. 34 P

Oberholster, P , J; Blaise ,C; Botha ,A, M. 2010. Phytobenthos and phytoplankton community changes upon exposure to a sunflower oil spill in a South African protected. *Freshwater wetland* 19(8):1426-1439.

OMS, 2003. *Ammonia In Drinking-Water. Documento De Referencia Para La Elaboración De Las Guías De La OMS Para La Calidad Del Agua Potable*. Ginebra (Suiza), Organización Mundial De La Salud(WHO/SDE/WSH/03.04/1).

Osorio, D, P; Pinzón, S, M; Ortiz, R; Quevedo J, C; Camacho A. 2009. *Plan indicativo de manejo ambiental para la vereda Rincón de Pompeya (Villavicencio Meta)*. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Especialización en Gestión Ambiental Sostenible. V cohorte. 182 P.

Osorio, D; Diaz, O; Caro, C. 2015. *Suelos, clasificación agrológica, coberturas de la tierra, uso actual y conflictos del suelo, en las cuencas de los ríos Guayuriba y Ocoa y caños Quenane-Quenanito* 2014. Informe técnico. Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana (ICAOC).

Ospina, N; Peña ,E ,J. 2004. Alternativas de Monitoreo de Calidad de Aguas: Algas como Bioindicadores. *Acta Nova*; 2(4): 513 - 517

Otero, A; Cruz, P; Velasco, S, Y. 2012. Evaluación del efecto del hidrocarburo fenantreno sobre el crecimiento de *Chlorella vulgaris* (chlorellaceae). *Acta Biológica De Colombia* 18 (1): 97- 98

Parra, G, A; Rodelo S, K, J. 2012. *Composición y abundancia de la comunidad de algas perifíticas del río cesar asociado a variables fisico-químicas e hidrológicas durante los meses de febrero-septiembre del año 2011 Cesar, Colombia*. Universidad Del Atlántico Facultad De Ciencias Básicas Programa De Biología Barranquilla 67P

Parra, O; González, M; Dellarossa V.1983. *Manual taxonómico del fitoplancton de las aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile*. V Chlorophyceae parte, I Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales y Ulothricales parte, II Zygnematales.

Parra, O; González, M; Rivera, P; Orellana M. 1982. *Manual taxonómico del fitoplancton de las aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile*. I Cyanophyceae. Editorial Concepción.

Parra, O; González, M; Rivera P; Orellana, M. 1982a. *Manual taxonómico del fitoplancton de las aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile*. III Chryptophyceae - Dinophyceae - Euglenophyceae. Editorial Concepción.

Parra, O; González, M; Rivera, P; Orellana, M. 1982b. *Manual taxonómico del fitoplancton de las aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile*. IV Bacillariophyceae - Dinophyceae - euglenophyceae. Editorial Concepción.

Patrick R. 1973. Use of algae, especially diatoms, in the assessment of water quality. In: Cairns, J. Jr, Dickson, K.L. (Eds.). *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*. *Journal of the American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, 7695P

Peña, E, J; Palacios, M, L; Ospina, Y, N. 2005. *Algas Como Indicadoras De Contaminación*. Universidad Del Valle. Cali. 164P

Pinilla, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 67 pp

Pinilla, G. 1998. *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá, Colombia*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones. Pag. 67

Peterson C.G; Grimm N.B. 1992. Temporal variation in enrichment effects during periphyton succession in a nitrogen-limited desert stream ecosystem. *Journal of the North American*.

Quiroz, C, H; Mora, L, M; Molina, A, I; García. R, J. 2004. *Variación de los Organismos Fitoplanctónicos y la Calidad del Agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México*. 14(1): 47 -58

Ramírez, G. A; Viña, G. V., 1998. Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Panamericana, BP? Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 293 P.

Ramírez, A; Restrepo R; Viña G. 1997. Cuatro índices de contaminación para la caracterización de aguas continentales fórmulas y aplicación. *Ciencia y tecnología y futuro*, 1(3)135 – 153P

Ramírez, J. 2000. *Fitoplancton De Agua Dulce; Aspectos Ecológicos, Taxonómicos Y Sanitarios* . Universidad De Antioquia. 207 P

Ramírez, A.M; Plata, D,Y. 2008. Diatomeas perifítica en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (páramo de Santurbán, Norte de Santander,

Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana*, 13 (1): 199-216.

Ramírez, A; Restrepo, R; Cardeñosa, M. 1999. Índices De Contaminación Para Caracterización De Aguas Continentales Y Vertimientos. Formulaciones. *Ciencia Tecnología Y Futuro* 1(5): 89-99.

Raz, G, A. 2000. Crustáceos y Poliquetos. En: Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores) 265-307P

Rivera, C, A; Zapata, A, M; Pérez, D; Morales, Y; Ovalle, H; Álvarez, J, P. 2010. Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta biol. Colomb*; 15(1):145 – 166.

Rodríguez, L; Bicudo, D; Moshini, C, V. 2003. *O Papel Do Perifíton Em Áreas Alagáveis E Nos Diagnosticos Ambientales. In Thomaz & Bini(Eds.). Ecología E Manejo De Macrófitos Acuaticas. Maringa. Ed. Da. Universidade Estadual De Maringa.*

Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529p.

Roldán, P; Ramírez J. 2008. *Fundamentos De Limnología Neotropical. Segunda Edición. Universidad De Antioquia, Medellín. 440 P*

Rosenberg, D.M; Resh, V.H. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York.

Salazar, C. 2006. Desmidiaceae (ZygoPhyceae) Asociadas A Hymenachne Amplexicaulis (Poaceae) En Una Sabana Tropical Inundable, Venezuela. *Memoria De La Fundación La Salle De Ciencias Naturales* 66 (166): 95-131.

Salazar, C; Guarrera S. 2000b. Cosmarium, Actinotaenium Y Cosmocladium (Desmidiaceae, Chlorophyta) Asociadas A Gramíneas Con La Proporción De Cuatro Nuevas Taxas Para La Ciencia. *Acta Biológica Venezolánica* 23 (3):1-16.

Salazar, C; Guarrera S. 1988. Staurodesmus Teiling (Desmidiaceae) Asociados A Hymenachne Amplexicaulis En Una Sabana Tropical Inundable De Venezuela. *Acta Biológica Venezolánica* 21 (2): 133-126.

Salazar, C; Guarrera, S. 2000a. Desmidiaceae (Closterium, Penium, Pleurotaenium, Haplotaenium Y Triploceras) Asociados A Hymenachne Amplexicaulis. *Acta Botánica Venezolánica* 23 (2): 105-122.

Salcedo, H. 2008. *Caracterización De Las Comunidades Fitoplanctónicas De Los Esteros Tres Moriches Y Bocachico, Maní - Casanare, Colombia*. Tesis Fundación Internacional Universitaria Del Trópico Americano UNITROPICO. Yopal. 50 P.

Salomón, S, M. 2012. *Efecto De La Extracción De Piedra Sobre La Comunidad Perifítica En Ríos Del Piedemonte Llanero COLOMBIANO* Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Ecóloga. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C

Schwarzbold, A. 2013. Métodos de Estudio da Produção primária do perifíton En: Schwarzbold A, Burliga A, Carvalho L. *Ecología do Perifíton*. RIMA Sao Carlos; 103 – 130P

Schuch, M. 2014. Índice trófico de qualidade da água (itqa) para sistemas lóticos subtropicais temperados brasileiros utilizando Diatomáceas epilíticas: uma nova ferramenta tecnológica para o monitoramento ambiental. Programa de Pós-

Graduação em Tecnologia Ambiental - Mestrado; Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul.

Shannon, C.E; Weaver, W. 1948. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois, Press Urbana, 27: 379-423

Simpson, E. H ,1949.- Measurement of diversity. Nature, 163: 688

Singh, A, K; Gaur J. P. 1989. Algal epilithon and water quality of a stream receiving oil refinery effluent *Hydrobiologia*.184(3):193-199.

Solange, V, M .2011. *Impacto del glifosato y algunos de sus formulados comerciales sobre el perifiton de agua dulce*. Universidad de Buenos Aires en el área Ciencias Biológicas. Argentina

Štěpánková, J, P; Hašler, M; Hladká, Y; Poulíčková A,. 2012. Diversity And Ecology Of Desmids Of Peat Bogs In The Jese- Níkymts: Spatial Distribution, Remarkable Finds. *Fottea* 12 (1): 111-126

Stevenson, J. 1984. Epilithic and epipellic diatoms in the Sandusky River, with emphasis on species diversity and water pollution. *Hydrobiologia* 114, 161-175.

Stevenson, R, J; Lowe ,R, L. 1986. *Sampling and interpretation of algal patterns for water quality assessments*. In: Isom, B.G. (Ed.). Rationale for Sampling and Interpretation of Ecological Data in the Assessment of Freshwater Ecosystems. American Society for Testing and Materials, Philadelphia,. 118-149P

Stevenson, R. J. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. pp. 3-30 in: RJ Stevenson; ML Bothwell & RL Lowe (eds.). Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems. Academic press. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokio, Toronto

Streble, H; Krauter, D. 1987. *Atlas de los microorganismos de agua dulce*. Ediciones Omega. Barcelona. 372P

TAR. 2000. Aplicación de Macroinvertebrados y Diatomeas como Bioindicadores en el Estudio de la calidad de las Aguas. Master en Ingeniería del Agua. Universidad de Sevilla.

Toledo, I, L. 1992. Bacillariophyceae De Isla De La Juventud, Cuba. *Acta Bot. Cub.* 85:1-32

Toro, J; Schuster, J, P; Kurosawa J; Araya, E; Contreras M. 2003. *Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores rio maipo (Santiago: chile)*. Sociedad chilena de ingeniería hidráulica xvi congreso chileno de ingeniería hidráulica memorias xvi congreso chileno de ingeniería hidráulica. 13 y 14 de noviembre

Torres, P; Cruz, C; Patiño, P. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la Producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista de ingenierías Universidad de Medellín*. 8 (15): 79-94

Tremarin, P, I; Moreira, H; Veiga, T, A. 2010. Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil. *Acta botânica Brasil*. 24(2): 335-353.

UEHLINGER, V. 1964. Étude statistique des Méthodes de dénombrement planctonique. *Archives des sciences*, 17(2): 121-223

Vargas, R, T; Bernal, G, V. 2011. *Caracterización De La Comunidad De Cianofíceas En El Perifiton Asociado A Dos Sustratos En Un Sistema Léptico Orinocence (Vichada, Colombia)* En Giraldo-Kalil Laura Judith, González-Delgado

Tania, Ordóñez-Pachón María Paula, Palacios-Aldana Luisa Fernanda, Rincón-Triana Diego Armando, Samacá-Sáenz Ernesto José. 2011. Evaluación En Época Seca De Ecosistemas Acuáticos Y Terrestres, Sector Centro Administrativo Pnn El Tuparro (Cumaribo, Vichada).

Vázquez, G; Castro, G; González, I; Pérez, R Y Castro, T. 2006. *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua*. Contactos 60, 41 – 48

Vera P ,N ,F; Marciales, L, J; Otero A M; Cruz. E; Velasco Y, M, 2011. Impacto del agua asociada a la producción de una explotación petrolera sobre la comunidad fitoperifítica del río Acacias (Meta, Colombia) durante la temporada de lluvias. *Revista Orinoquia. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta Volumen 15 (1) :31- 40.*

Villafañe, E; Reid ,H. 1995. *Métodos De Microscopía Para La Cuantificación Del Fitoplancton*. En Alveal, K., M.E. Ferrario, E.C. Oliveira Y E. Sar. Manual De Métodos Ficológicos. Universidad De Concepción. Chile

Vis, C; Hudo, C; Cattaneo, A; Pinel, B. 1998. Periphyton as an indicator of water quality in the St Lawrence River (Qubbec, Canada). *Environmental Pollution*. 101:13-24

Vouilloud, A; Sala, S; Núñez, M; Duque, S; 2010. Diatoms from the Colombian and Peruvian Amazon: the Genera Encyonema, Encyonopsis and Gomphonema (Cymbellales: Bacillariophyceae). *Rev. Biol. Trop.* 58 (1): 45-62.c vb

Watanabe, T; Capblancq, J; Dauta, A., 1988. Utilisation des bioessais in situ (substrats artificiels) pour caracteriser la qualite des eaux de riviire a l'aide du p&iphyton. *Annales de Limnologie* 24,111-125.

Wasington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research* 18: 653-694.

Weitzel, L; Bates M. 1981. *Assessment of effluent impacts through evaluation of periphyton diatom community structure. In: Bates, J.M., Weber, C.I. (Eds.). Ecological Assessments of Effluent Impacts on Communities of Indigenous Aquatic Organisms, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 142-165 P.*

Wetzel, R ,G. 2001. *Limnology*. Tercera edición. Academic Press, New York, USA.

Wuhrmann, K; Eichenberger, E. 1975. Experiments on the effects of inorganic enrichment of rivers on periphyton primary production. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie Verhandlungen* 19: 2028-2034

Yucra, H, A; Tapia M. 2008. El Uso De Microalgas Como Bioindicadoras De Polución Orgánica. *Brisas De Oquendo, Callao, Perú Biologist (Lima)*. 6(1) 41-47

Zúñiga M. C; Cardona W. 2009. *Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental*. En: Cantera, J., Carvajal, Y. y L. M. Castro (Compiladores). *Caudal Ambiental: Conceptos, Experiencias y Desafíos*. Programa Editorial Universidad del Valle, Cali-Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Listado taxonómico de la comunidad fitoperifítica encontrada en el Caño Quenane durante tres periodos hidrológicos: AB, AT y ATA.

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
Cyanophyta (Cyanobacterias)	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Coleofasciculaceae	<i>Geitlerinema</i> sp.
			Gomontiellaceae	<i>Komvophoron</i> sp
			Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> sp <i>Oscillatoria</i> sp <i>Phormidium</i> sp1 <i>Phormidium</i> sp2 <i>Phormidium</i> sp3
		Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	<i>Planktolyngbya</i> sp
		Synechococcales	Heteroleibleiniaceae	<i>Heteroleibleinia</i> sp1
			Pseudanabaenaceae	<i>Limnothrix</i> sp
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Colaciaceae	<i>Colacium</i> sp
			Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp <i>Trachelomonas</i> sp
			Phacaceae	<i>Phacus</i> sp
Chlorophyta	Chlorophyceae			

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
		Chaetophorales		
			Chaetophoraceae	
				<i>Stigeoclonium</i> sp1
			Schizomeridaceae	
				<i>Schizomeris</i> sp1
		Chlamydomonadales		
			Volvocaceae	
				<i>Eudorina</i> sp
		Oedogoniales		
			Oedogoniaceae	
				<i>Oedogonium</i> sp1
				<i>Oedogonium</i> sp2
				<i>Oedogonium</i> sp3
				<i>Oedogonium</i> sp4
		Sphaeropleales		
			Hydrodictyaceae	
				<i>Pediastrum</i> sp1
				<i>Pediastrum</i> sp2
				<i>Stauridium</i> sp
			Scenedesmaceae	
				<i>Desmodesmus</i> sp1
				<i>Desmodesmus</i> sp2
				<i>Desmodesmus</i> sp3
				<i>Desmodesmus</i> sp4
				<i>Desmodesmus</i> sp6
				<i>Desmodesmus</i> sp5
				<i>Scenedesmus</i> sp1
				<i>Scenedesmus</i> sp2
				<i>Scenedesmus</i> sp3
				<i>Scenedesmus</i> sp4
				<i>Scenedesmus</i> sp5
				<i>Scenedesmus</i> sp6
				<i>Scenedesmus</i> sp7
			Selenastraceae	
				<i>Ankistrodesmus</i> sp
				<i>Monoraphidium</i> sp
	Ulvophyceae			
		Ulotrichales		
			Ulotrichaceae	
				<i>Ulothrix</i> sp1
Bacillariophyta				

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
	Bacillariophyceae			
		Bacillariales		
			Bacillariaceae	
				<i>Nitzschia</i> sp1
				<i>Nitzschia</i> sp2
				<i>Nitzschia</i> sp3
				<i>Nitzschia</i> sp4
				<i>Nitzschia</i> sp5
				<i>Nitzschia</i> sp6
				<i>Nitzschia</i> sp7
				<i>Nitzschia</i> sp8
		Cocconeidales		
			Achnanthidiaceae	
				<i>Achnanthidium</i> sp1
				<i>Achnanthidium</i> sp2
		Cymbellales		
			Cymbellaceae	
				<i>Cymbella</i> sp1
				<i>Cymbella</i> sp2
				<i>Cymbellopsis</i> sp
			Gomphonemataceae	
				<i>Encyonema</i> sp
				<i>Gomphonema</i> sp1
				<i>Gomphonema</i> sp2
				<i>Gomphonema</i> sp3
				<i>Gomphonema</i> sp4
				<i>Gomphonema</i> sp5
				<i>Gomphonema</i> sp6
				<i>Gomphonema</i> sp7
				<i>Gomphonema</i> sp8
				<i>Gomphonema</i> sp9
		Eunotiales		
			Eunotiaceae	
				<i>Eunotia</i> sp1
				<i>Eunotia</i> sp2
				<i>Eunotia</i> sp3
				<i>Eunotia</i> sp4
				<i>Eunotia</i> sp5
				<i>Eunotia</i> sp5 (7)
				<i>Eunotia</i> sp5 (8)
				<i>Eunotia</i> sp5 (9)

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
				<i>Eunotia</i> sp6
				<i>Eunotia</i> sp7
				<i>Eunotia</i> sp8
				<i>Eunotia</i> sp9
				<i>Eunotia</i> sp10
				<i>Eunotia</i> sp11
				<i>Eunotia</i> sp12
				<i>Eunotia</i> sp13
				<i>Eunotia</i> sp14
				<i>Eunotia</i> sp15
				<i>Eunotia</i> sp16
		Mastogloiales		
			Achnantheaceae	
				<i>Achnanthes</i> sp1
				<i>Achnanthes</i> <i>sp1(cadena)</i>
				<i>Achnanthes</i> sp2
				<i>Achnanthes</i> sp3
				<i>Achnanthes</i> sp4
		Naviculales		
			Amphipleuraceae	
				<i>Frustulia</i> sp1
				<i>Frustulia</i> sp2
				<i>Frustulia</i> sp3
				<i>Frustulia</i> sp4
				<i>Frustulia</i> sp5
			Naviculaceae	
				<i>Navicula</i> sp1
				<i>Navicula</i> sp2
				<i>Navicula</i> sp3
				<i>Navicula</i> sp4
			Pinnulariaceae	
				<i>Pinnularia</i> sp1
				<i>Pinnularia</i> sp2
				<i>Pinnularia</i> sp3
				<i>Pinnularia</i> sp4
				<i>Pinnularia</i> sp5
				<i>Pinnularia</i> sp6
				<i>Pinnularia</i> sp7
				<i>Pinnularia</i> sp8
				<i>Pinnularia</i> sp9

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
			Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma</i> sp
			Stauroneidaceae	<i>Stauroneis</i> sp1 <i>Stauroneis</i> sp2
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura</i> sp <i>Stenopterobia</i> sp <i>Surirella</i> sp1 <i>Surirella</i> sp2 <i>Surirella</i> sp3
	Coscinodiscophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
		Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp1 <i>Aulacoseira</i> sp2
	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp
		Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Synedra</i> sp
		Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Asterionella</i> sp <i>Diatoma</i> sp1 <i>Tabellaria</i> sp1 <i>Tabellaria</i> sp2
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp1 <i>Closterium</i> sp2 <i>Closterium</i> sp3 <i>Closterium</i> sp4

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
				<i>Closterium</i> sp5
				<i>Closterium</i> sp6
				<i>Actinotaenium</i> sp2
				<i>Actinotaenium</i> sp1
				<i>Actinotaenium</i> sp3
				<i>Cosmarium</i> sp1
				<i>Cosmarium</i> sp2
				<i>Cosmarium</i> sp3
				<i>Cosmarium</i> sp4
				<i>Cosmarium</i> sp5
				<i>Cosmarium</i> sp6
				<i>Cosmarium</i> sp7
				<i>Cosmarium</i> sp8
				<i>Cosmarium</i> sp9
				<i>Cosmarium</i> sp10
				<i>Cosmarium</i> sp11
				<i>Cosmarium</i> sp12
				<i>Cosmarium</i> sp13
				<i>Cosmarium</i> sp14
				<i>Cosmarium</i> sp15
				<i>Cosmarium</i> sp16
				<i>Cosmarium</i> sp17
				<i>Cosmarium</i> sp18
				<i>Cosmarium</i> sp19
				<i>Cosmarium</i> sp20
				<i>Cosmarium</i> sp21
				<i>Desmidium</i> sp
				<i>Euastrum</i> sp1
				<i>Euastrum</i> sp2
				<i>Euastrum</i> sp3
				<i>Euastrum</i> sp4
				<i>Euastrum</i> sp5
				<i>Euastrum</i> sp6
				<i>Euastrum</i> sp7
				<i>Hyalotheca</i> sp1
				<i>Micrasterias</i> sp1
				<i>Micrasterias</i> sp2
				<i>Micrasterias</i> sp3
				<i>Micrasterias</i> sp4
				<i>Onychonema</i> sp
				<i>Pleurotaenium</i> sp1

División	Clase	Orden	Familia	Morfotipo
				<i>Pleurotaenium</i> sp2
				<i>Staurastrum</i> sp1
				<i>Staurastrum</i> sp2
				<i>Staurastrum</i> sp3
				<i>Staurodesmus</i> sp1
				<i>Staurodesmus</i> sp2
			Gonatozygaceae	
				<i>Gonatozygon</i> sp1
				<i>Gonatozygon</i> sp2
			Peniaceae	
				<i>Penium</i> sp
		Zygnematales		
			Mesotaeniaceae	
				<i>Netrium</i> sp1
				<i>Netrium</i> sp2
				<i>Netrium</i> sp3
			Zygnemataceae	
				<i>Mougeotia</i> sp1
				<i>Mougeotia</i> sp2
				<i>Spirogyra</i> sp1
				<i>Zygnema</i> sp

Anexo 2. Presencia-ausencia de morfoespecies presentes en las cuatro estaciones de muestreo.

Clase	Morfoespecie	1. SENA			2. Sta. Helena			3. Va. Esperanza			4. Naranjal		
		Tran bajas	Baj as	Tran altas	Tran bajas	Baj as	Tran altas	Tran bajas	Baj as	Tran altas	Tran bajas	Baj as	Tran altas
	<i>Achnanthes</i> sp1		x			x	x	x	x	x			x
	<i>Achnanthes</i> sp1(cadena)	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Achnanthes</i> sp2								x				
	<i>Achnanthes</i> sp3								x				
	<i>Achnanthes</i> sp4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Achnantheidium</i> sp2	x				x						x	x
	<i>Ankistrodesmus</i> sp	x			x	x	x		x			x	x
	<i>Cymatopleura</i> sp								x				x
	<i>Cymbella</i> sp1								x				
	<i>Cymbella</i> sp2	x		x			x			x	x	x	x
	<i>Cymbellopsis</i> sp								x				
	<i>Cymbopleura</i> sp								x				
	<i>Encyonema</i> sp								x				
	<i>Eunotia</i> sp1			x					x	x	x		x
	<i>Eunotia</i> sp3								x				
	<i>Eunotia</i> sp10							x	x	x			
	<i>Eunotia</i> sp12				x								
	<i>Eunotia</i> sp13	x				x	x	x					x
Bacillariophyceae	<i>Eunotia</i> sp13												x
	<i>Eunotia</i> sp14				x								
	<i>Eunotia</i> sp15				x								
	<i>Eunotia</i> sp16		x										
	<i>Eunotia</i> sp2	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	<i>Eunotia</i> sp3	x			x								
	<i>Eunotia</i> sp4				x	x			x				
	<i>Eunotia</i> sp5		x	x	x	x	x		x	x			
	<i>Eunotia</i> sp5 (7)				x								
	<i>Eunotia</i> sp5 (7)				x								
	<i>Eunotia</i> sp5 (8)				x								
	<i>Eunotia</i> sp5 (9)				x								
	<i>Eunotia</i> sp6	x			x	x	x		x	x	x		x
	<i>Eunotia</i> sp7										x	x	x
	<i>Eunotia</i> sp8	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	<i>Eunotia</i> sp9		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Frustulia</i> sp1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Frustulia</i> sp2	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	<i>Frustulia</i> sp3		x	x		x							

Clase	Morfoespecie	1. SENA			2. Sta. Helena			3. Va. Esperanza			4. Naranjal		
		Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas
	<i>Frustulia</i> sp4								x				
	<i>Frustulia</i> sp5												x
	<i>Gomphonema</i> sp1	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Gomphonema</i> sp2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Gomphonema</i> sp3				x		x	x	x				
	<i>Gomphonema</i> sp4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Gomphonema</i> sp5	x								x	x	x	x
	<i>Gomphonema</i> sp6										x		
	<i>Gomphonema</i> sp7								x				
	<i>Gomphonema</i> sp8								x				
	<i>Gomphonema</i> sp9								x				
	<i>Navicula</i> sp1	x	x	x									
	<i>Navicula</i> sp2	x				x	x			x			x
	<i>Navicula</i> sp3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Navicula</i> sp4	x											
	<i>Navicula</i> sp1	x											
	<i>Nitzschia</i> sp1	x				x				x	x		x
	<i>Nitzschia</i> sp2	x				x				x			x
	<i>Nitzschia</i> sp3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Nitzschia</i> sp4	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Nitzschia</i> sp5					x				x			x
	<i>Nitzschia</i> sp6	x			x								
	<i>Nitzschia</i> sp7				x				x				
	<i>Nitzschia</i> sp8								x				
	<i>Pinnularia</i> sp1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Pinnularia</i> sp2	x			x	x	x				x	x	x
	<i>Pinnularia</i> sp3	x	x	x	x						x	x	x
	<i>Pinnularia</i> sp4	x	x	x		x	x				x	x	x
	<i>Pinnularia</i> sp4									x			
	<i>Pinnularia</i> sp5												x
	<i>Pinnularia</i> sp6				x		x						x
	<i>Pinnularia</i> sp6								x		x		
	<i>Pinnularia</i> sp7	x			x		x						x
	<i>Pinnularia</i> sp8									x			
	<i>Pinnularia</i> sp9	x											x
	<i>Pleurosigma</i> sp			x					x			x	
	<i>Stauroneis</i> sp1	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	<i>Stauroneis</i> sp2	x	x			x	x		x		x		x
	<i>Stenopterobia</i> sp	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	<i>Suirella</i> sp1	x			x	x		x	x	x	x	x	x

Clase	Morfoespecie	1. SENA			2. Sta. Helena			3. Va. Esperanza			4. Naranjal			
		Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	
Chlorophyceae	<i>Surirella</i> sp2	x			x		x				x		x	
	<i>Surirella</i> sp3					x	x		x	x	x	x	x	
	<i>Actinotaenium</i> sp2		x		x	x	x	x	x	x	x	x		
	<i>Desmodesmus</i> cf <i>spinosus</i>				x									
	<i>Desmodesmus</i> sp1		x	x					x					
	<i>Desmodesmus</i> sp2		x	x					x	x		x	x	
	<i>Desmodesmus</i> sp3		x		x	x	x		x	x				
	<i>Desmodesmus</i> sp4								x					
	<i>Desmodesmus</i> sp6								x	x				
	<i>Eudorina</i> sp1			x					x				x	
	<i>Monoraphidium</i> sp 1	x	x	x	x	x	x		x			x	x	x
	<i>Oedogonium</i> sp1	x			x				x	x		x		x
	<i>Oedogonium</i> sp2		x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
	<i>Oedogonium</i> sp3													x
	<i>Oedogonium</i> sp4						x				x		x	x
	<i>Scenedesmus</i> sp1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Scenedesmus</i> sp2		x			x		x			x			
	<i>Scenedesmus</i> sp3												x	
	<i>Scenedesmus</i> sp4									x				
	<i>Scenedesmus</i> sp5						x			x				
	<i>Scenedesmus</i> sp6		x	x										
	<i>Scenedesmus</i> sp7											x		
	<i>Schizomeris</i> sp1									x				
	<i>Stauridium</i> sp													x
	<i>Stauridium</i> sp					x	x	x		x	x		x	
	<i>Stauridium</i> sp1									x				
	<i>Stauridium</i> sp2												x	
	<i>Stigeoclonium</i> sp1	x				x		x	x					
	<i>Actinotaenium</i> sp1	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	<i>Actinotaenium</i> sp3					x								
	<i>Aulacoseira</i> sp1									x				
	<i>Closterium</i> sp (<i>incurvo</i>)									x	x			
<i>Closterium</i> sp1			x		x			x	x					
<i>Closterium</i> sp2					x			x						
<i>Closterium</i> sp3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Closterium</i> sp4	x				x	x	x		x	x		x		
<i>Closterium</i> sp6		x			x				x	x		x	x	
<i>Cosmarium</i> sp13			x			x		x		x		x	x	
<i>Cosmarium</i> sp14												x		

Clase	Morfoespecie	1. SENA			2. Sta. Helena			3. Va. Esperanza			4. Naranjal		
		Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas
	<i>Cosmarium</i> sp17	x		x	x	x			x	x			
	<i>Cosmarium</i> sp18	x						x		x	x	x	x
	<i>Cosmarium</i> sp19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Cosmarium</i> sp2		x		x		x	x		x		x	x
	<i>Cosmarium</i> sp20										x		
	<i>Cosmarium</i> sp21	x			x	x		x	x	x	x	x	x
	<i>Cosmarium</i> sp3								x				
	<i>Cosmarium</i> sp4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Cosmarium</i> sp4	x			x						x		x
	<i>Cosmarium</i> sp5								x				
	<i>Cosmarium</i> sp6	x			x				x			x	x
	<i>Cosmarium</i> sp6	x			x								
	<i>Cosmarium</i> sp7	x									x		x
	<i>Cosmarium</i> sp7	x	x		x		x				x		
	<i>Cosmarium</i> sp8	x	x		x	x		x		x			x
	<i>Cosmarium</i> sp8	x	x		x	x		x			x		x
	<i>Cosmarium</i> sp9	x										x	
	<i>Cosmarium</i> sp9	x					x	x	x	x	x		x
	<i>Desmidium</i> sp				x								
	<i>Euastrum</i> sp1				x								
	<i>Euastrum</i> sp3	x	x			x							
	<i>Euastrum</i> sp4	x	x	x		x				x	x	x	
	<i>Euastrum</i> sp5	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x
	<i>Euastrum</i> sp6		x	x	x	x	x		x	x			
	<i>Euastrum</i> sp7	x	x		x	x							
	<i>Euastrum</i> sp2	x	x										
	<i>Gonatozygon</i> sp1								x				
	<i>Gonatozygon</i> sp2		x			x	x				x		
	<i>Hyalotheca</i> sp1								x				
	<i>Micrasterias</i> sp1									x			
	<i>Micrasterias</i> sp2		x				x						
	<i>Micrasterias</i> sp3	x	x			x			x				
	<i>Micrasterias</i> sp4					x			x	x			
	<i>Mougeotia</i> sp1		x	x	x	x	x		x	x		x	x
	<i>Mougeotia</i> sp2				x								
	<i>Netrium</i> sp1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Netrium</i> sp2	x								x			x
	<i>Netrium</i> sp3	x	x			x	x		x	x			
	<i>Onychonema</i> sp								x				
	<i>Penium</i> sp				x								

Clase	Morfoespecie	1. SENA			2. Sta. Helena			3. Va. Esperanza			4. Naranjal		
		Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas	Tran bajas	Bajas	Tran altas
	<i>Pleurotaenium</i> sp1	x				x	x			x		x	x
	<i>Pleurotaenium</i> sp2									x			
	<i>Spirogyra</i> sp1	x	x			x	x		x	x		x	x
	<i>Staurastrum</i> sp1					x		x		x			
	<i>Staurastrum</i> sp2		x						x			x	
	<i>Staurastrum</i> sp3	x											x
	<i>Stauroidesmus</i> sp1								x				
	<i>Stauroidesmus</i> sp2								x				
	<i>Zygnema</i> sp	x	x	x		x		x				x	x
Coscinodiscophyceae	<i>Aulacoseira</i> sp2				x								
	<i>Geitlerinema</i> sp.								x				
	<i>Planktolyngbya</i> sp				x						x	x	x
	<i>Phormidium</i> sp3					x	x	x		x		x	
	<i>Phormidium</i> sp2					x							x
	<i>Phormidium</i> sp1	x	x	x	x								
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp				x						x	x	x
	<i>Lyngbya</i> sp				x								
	<i>Limnothrix</i> sp				x								
	<i>Komvophoron</i> sp				x								
	<i>Heteroleibleinia</i> sp1	x								x	x	x	x
	<i>Colacium</i> sp				x								
	<i>Audouinella</i> sp				x								
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp				x								
	<i>Phacus</i> sp		x	x	x		x					x	x
	<i>Trachelomonas</i> sp	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Florideophyceae	<i>Asterionella</i> sp	x					x				x	x	x
	<i>Cyclotella</i> sp		x	x			x	x	x			x	
	<i>Diatoma</i> sp1	x											
Fragilariophyceae	<i>Fragilaria</i> sp	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Synedra</i> sp								x				
	<i>Tabellaria</i> sp1	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Tabellaria</i> sp2	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
Ulvophyceae	<i>Ulothrix</i> sp1				x				x				

Anexo 3. Etiquetas para las figuras 14 y 15

Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie
1	<i>Actinotaenium</i> sp2	39	<i>Cosmarium</i> sp16	77	<i>Eunotia</i> sp9	115	<i>Navicula</i> sp2		
2	<i>Achnanthes</i> sp1	40	<i>Cosmarium</i> sp17	78	<i>Eunotia</i> sp10	116	<i>Navicula</i> sp4	155	<i>Pleurosigma</i> sp
3	<i>Achnanthes</i> sp2	41	<i>Cyclotella</i> sp	79	<i>Eunotia</i> sp8	117	<i>Navicula</i> sp1	156	<i>Pleurotaenium</i> sp2
4	<i>Achnanthes</i> sp3	42	<i>Cymatopleura</i> sp	80	<i>Eunotia</i> sp12	118	<i>Navicula</i> sp3	157	<i>Pleurotaenium</i> sp1
5	<i>Achnanthes</i> sp4	43	<i>Cymbella</i> sp1	81	<i>Eunotia</i> sp6	119	<i>Netrium</i> sp3	158	<i>Scenedesmus</i> sp4
6	<i>Achnanthes</i> sp1(cadena)	44	<i>Cymbella</i> sp2	82	<i>Eunotia</i> sp16	120	<i>Netrium</i> sp1	159	<i>Scenedesmus</i> sp7
7	<i>Achnanthidium</i> sp1	45	<i>Cymbellopsis</i> sp	83	<i>Fragilaria</i> sp	121	<i>Netrium</i> sp2	160	<i>Scenedesmus</i> sp1
8	<i>Achnanthidium</i> sp2	46	<i>Desmidium</i> sp	84	<i>Frustulia</i> sp4	122	<i>Nitzschia</i> sp8	161	<i>Scenedesmus</i> sp2
9	<i>Actinotaenium</i> sp1	47	<i>Desmodesmus</i> sp2	85	<i>Frustulia</i> sp5	123	<i>Nitzschia</i> sp7	162	<i>Scenedesmus</i> sp3
10	<i>Actinotaenium</i> sp3	48	<i>Desmodesmus</i> sp5	86	<i>Frustulia</i> sp1	124	<i>Nitzschia</i> sp5	163	<i>Scenedesmus</i> sp5
11	<i>Ankistrodesmus</i> sp	49	<i>Desmodesmus</i> sp4	87	<i>Frustulia</i> sp2	125	<i>Nitzschia</i> sp1	164	<i>Scenedesmus</i> sp6
12	<i>Asterionella</i> sp	50	<i>Desmodesmus</i> sp3	88	<i>Frustulia</i> sp3	126	<i>Nitzschia</i> sp2	165	<i>Schizomeris</i> sp1
13	<i>Audouinella</i> sp	51	<i>Desmodesmus</i> sp6	89	<i>Geitlerinema</i> sp.	129	<i>Nitzschia</i> sp3	166	<i>Spirogyra</i> sp1
14	<i>Closterium</i> sp5	52	<i>Desmodesmus</i> sp1	90	<i>Gomphonema</i> sp7	130	<i>Nitzschia</i> sp4	167	<i>Staurastrum</i> sp1
15	<i>Closterium</i> sp4	53	<i>Diatoma</i> sp1	91	<i>Gomphonema</i> sp8	131	<i>Nitzschia</i> sp6	168	<i>Staurastrum</i> sp2
16	<i>Closterium</i> sp3	54	<i>Encyonema</i> sp	92	<i>Gomphonema</i> sp1	132	<i>Oedogonium</i> sp1	169	<i>Staurastrum</i> sp3
17	<i>Closterium</i> sp1	55	<i>Euastrum</i> sp4	93	<i>Gomphonema</i> sp6	133	<i>Oedogonium</i> sp2	171	<i>Stauridium</i> sp
18	<i>Closterium</i> sp2	56	<i>Euastrum</i> sp5	94	<i>Gomphonema</i> sp2	134	<i>Oedogonium</i> sp3	172	<i>Staurodesmus</i> sp1
19	<i>Closterium</i> sp6	57	<i>Euastrum</i> sp6	95	<i>Gomphonema</i> sp3	135	<i>Oedogonium</i> sp4	173	<i>Staurodesmus</i> sp2
20	<i>Colacium</i> sp	58	<i>Euastrum</i> sp1	96	<i>Gomphonema</i> sp4	136	<i>Onychonema</i> sp	174	<i>Stauroneis</i> sp2
21	<i>Cosmarium</i> sp18	59	<i>Euastrum</i> sp3	97	<i>Gomphonema</i> sp5	137	<i>Oscillatoria</i> sp	175	<i>Stauroneis</i> sp1
22	<i>Cosmarium</i> sp19	60	<i>Euastrum</i> sp7	98	<i>Gomphonema</i> sp9	138	<i>Pediastrum</i> sp1	176	<i>Stenopterobia</i> sp
23	<i>Cosmarium</i> sp20	61	<i>Euastrum</i> sp2	99	<i>Gonatozygon</i> sp2	139	<i>Pediastrum</i> sp2	177	<i>Stigeoclonium</i> sp1
24	<i>Cosmarium</i> sp1	62	<i>Eudorina</i> sp	100	<i>Gonatozygon</i> sp1	140	<i>Penium</i> sp	178	<i>Surirella</i> sp2
25	<i>Cosmarium</i> sp2	63	<i>Euglena</i> sp	101	<i>Heteroleibleinia</i> sp1	141	<i>Phacus</i> sp	179	<i>Surirella</i> sp3
26	<i>Cosmarium</i> sp3	64	<i>Eunotia</i> sp3	102	<i>Hyalotheca</i> sp1	142	<i>Phormidium</i> sp3	180	<i>Surirella</i> sp1
27	<i>Cosmarium</i> sp4	65	<i>Eunotia</i> sp1	103	<i>Komvophoron</i> sp	143	<i>Phormidium</i> sp1	181	<i>Synedra</i> sp
28	<i>Cosmarium</i> sp5	66	<i>Eunotia</i> sp2	104	<i>Limnithrix</i> sp	144	<i>Phormidium</i> sp2	182	<i>Tabellaria</i> sp2
29	<i>Cosmarium</i> sp6	67	<i>Eunotia</i> sp4	105	<i>Lyngbya</i> sp	145	<i>Pinnularia</i> sp9	183	<i>Tabellaria</i> sp1
30	<i>Cosmarium</i> sp7	68	<i>Eunotia</i> sp15	106	<i>Aulacoseira</i> sp1	146	<i>Pinnularia</i> sp8	184	<i>Trachelomonas</i> sp
31	<i>Cosmarium</i> sp8	69	<i>Eunotia</i> sp14	107	<i>Aulacoseira</i> sp2	147	<i>Pinnularia</i> sp7	185	<i>Ulothrix</i> sp1
32	<i>Cosmarium</i> sp9	70	<i>Eunotia</i> sp13	108	<i>Micrasterias</i> sp2	148	<i>Pinnularia</i> sp1	186	<i>Zygnema</i> sp
33	<i>Cosmarium</i> sp10	71	<i>Eunotia</i> sp5	109	<i>Micrasterias</i> sp3	149	<i>Pinnularia</i> sp2		
34	<i>Cosmarium</i> sp11	72	<i>Eunotia</i> sp5 (7)	110	<i>Micrasterias</i> sp1	150	<i>Pinnularia</i> sp3		

Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie	Cod	Morfoespecie
35	<i>Cosmarium</i> sp12	73	<i>Eunotia</i> sp5 (8)	111	<i>Micrasterias</i> sp4	151	<i>Pinnularia</i> sp4		
36	<i>Cosmarium</i> sp13	74	<i>Eunotia</i> sp5 (9)	112	<i>Monoraphidium</i> sp	152	<i>Pinnularia</i> sp5		
37	<i>Cosmarium</i> sp14	75	<i>Eunotia</i> sp11	113	<i>Mougeotia</i> sp1	153	<i>Pinnularia</i> sp6		
38	<i>Cosmarium</i> sp15	76	<i>Eunotia</i> sp7	114	<i>Mougeotia</i> sp2	154	<i>Planktolyngbya</i> sp		

SENA_TB = SENA aguas Transicion a bajas

SENA_B = SENA aguas bajas

SENA_TA= SENA aguas transicion a Altas

StaH_TA= Sta. Henena Aguas tansicion a altas.

VEsp_TB= Va. Esperanza aguas Transicion a bajas

VEsp_B= Va. Esperanza aguas bajas.

VEsp_TA= Va. Esperanza aguas transición a altas

Nar_TB= Naranjal aguas Tansicion a bajas

Nar_B = Naranjal aguas bajas.

Nar_TA = Naranjal aguas Transicion a Altas

Anexo 4. Registro fotográfico de Morfoespecies de fitoperifiton en el caño Quenane.

CYANOPHYCEAE (CYANOBACTERIAS)



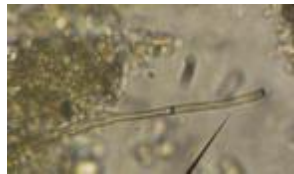
Phormidium sp1



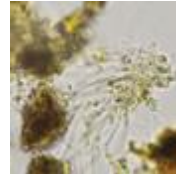
Phormidium sp2



Phormidium sp3



Planktolyngbya sp



Heteroleibleinia sp1

EUGLENOPHYCEAE



Trachelomonas sp1



Phacus sp1

CHLOROPHYCEAE



Oedogonium sp1



Oedogonium sp2



Stigeoclonium sp1



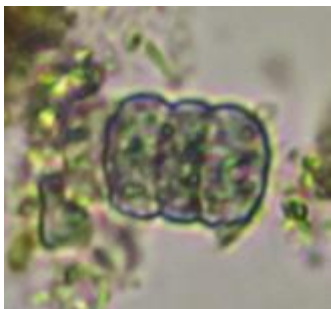
Stigeoclonium sp2



Scenedesmus sp1



Scenedesmus sp2



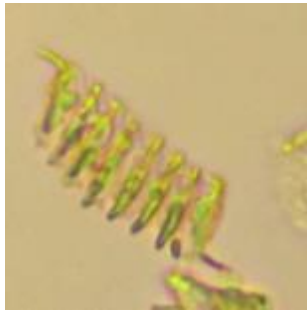
Scenedesmus sp3



Scenedesmus sp 5



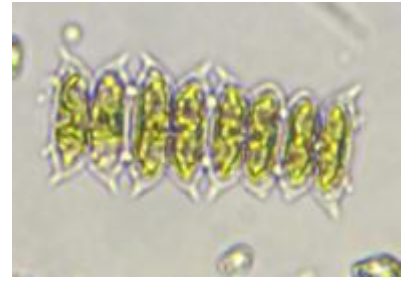
Scenedesmus sp7



Desmodesmus sp2



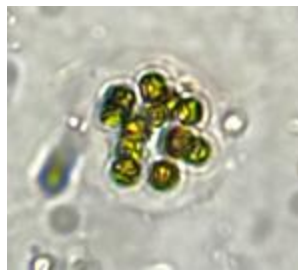
Desmodesmus sp3



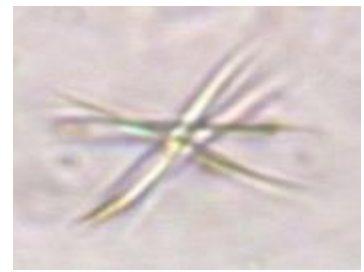
Onychonema sp



Stauridium sp



Eudorina sp

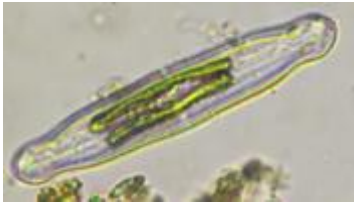


Ankistrodesmus sp



Monoraphidium sp

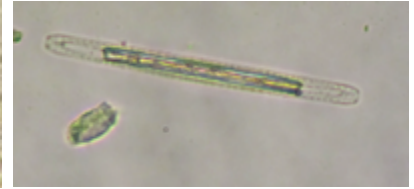
BACILLARIOPHYCEAE



Pinnularia sp1



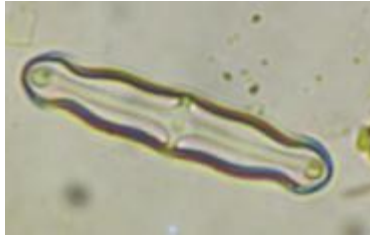
Pinnularia sp2



Pinnularia sp3



Pinnularia sp4



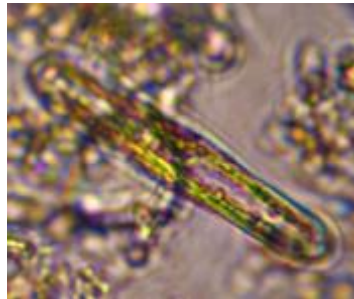
Pinnularia sp5



Pinnularia sp6



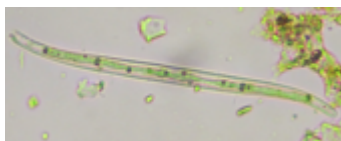
Pinnularia sp7



Pinnularia sp8



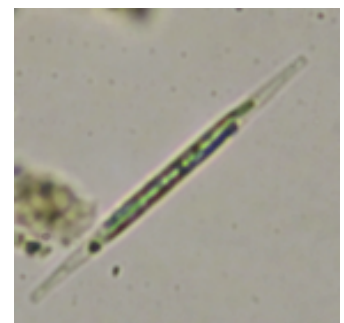
Pleurosigma sp



Stenopteroberia sp



Stauroneis sp1



Nitzschia sp1



Nitzschia sp2



Nitzschia sp3



Nitzschia sp4



Nitzschia sp5



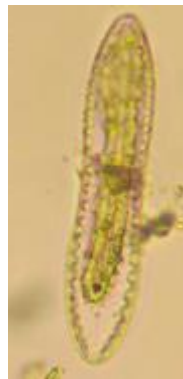
Nitzschia sp6



Surirella sp1



Surirella sp2



Surirella sp3



Asterionella sp



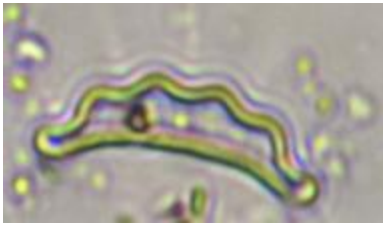
Frustulia sp1



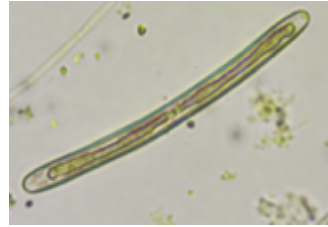
Frustulia sp2



Frustulia sp3



Eunotia sp1



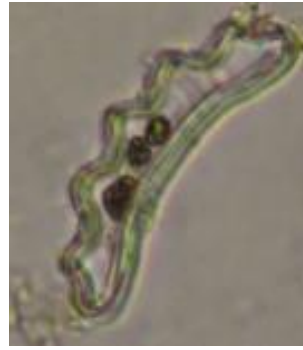
Eunotia sp2



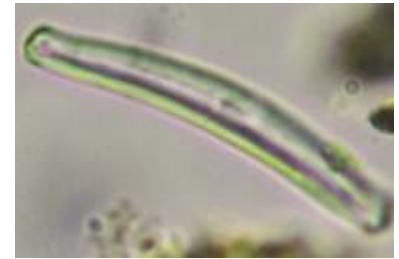
Eunotia sp4



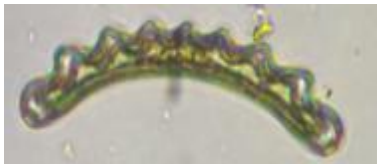
Eunotia sp5



Eunotia sp6



Eunotia sp7



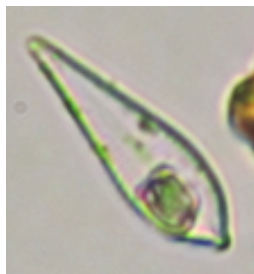
Eunotia sp8



Eunotia sp9



Eunotia sp10



Gomphonema sp1



Gomphonema sp2



Gomphonema sp3



Gomphonema sp4



Gomphonema sp5



Navicula sp1



Navicula sp2



Navicula sp3



Achnanthidium sp1



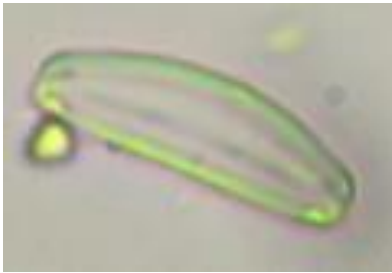
Achnanthes sp4



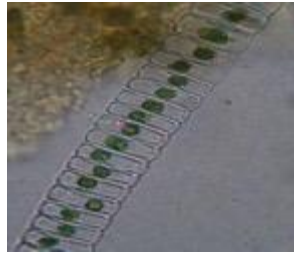
Cymbella sp1



Cymbella sp2



Cymbellopsis sp

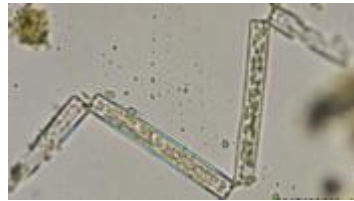


Achanthes sp1

FRAGILARIOPHYCEAE

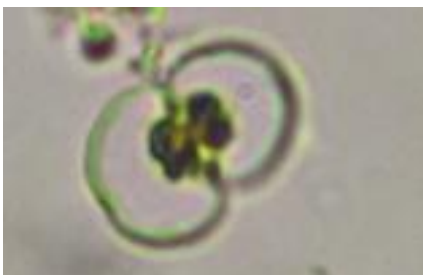


Tabellaria sp1

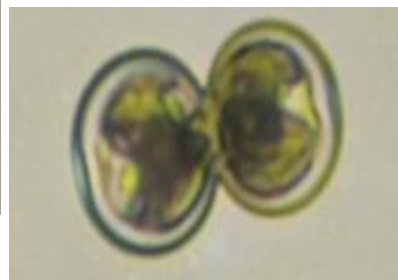


Tabellaria sp2

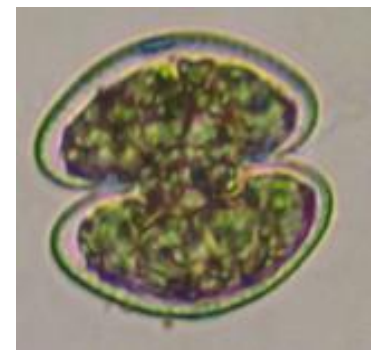
CONJUGATOPHYCEAE



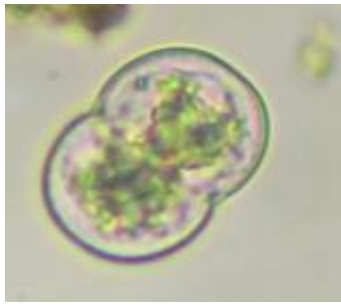
Cosmarium sp1



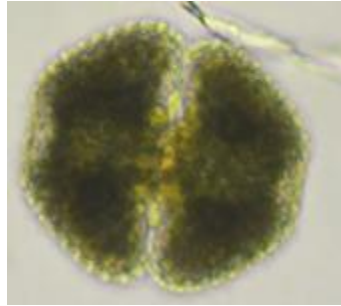
Cosmarium sp2



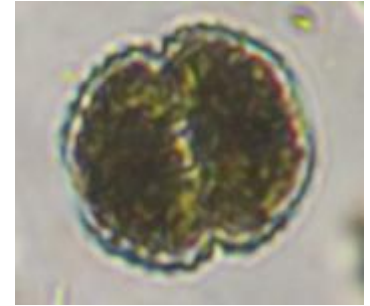
Cosmarium sp4



Cosmarium sp6



Cosmarium sp7



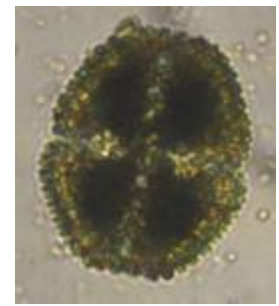
Cosmarium sp8



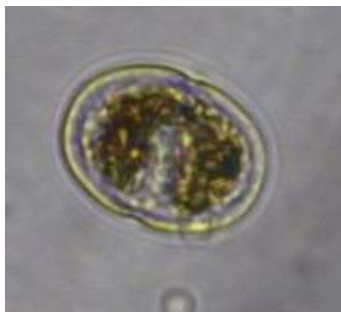
Cosmarium sp9



Cosmarium sp12



Cosmarium sp13



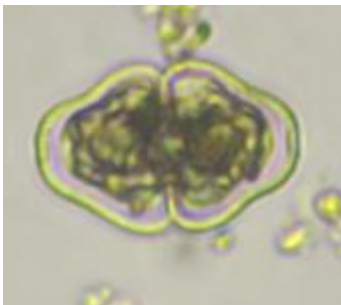
Cosmarium sp14



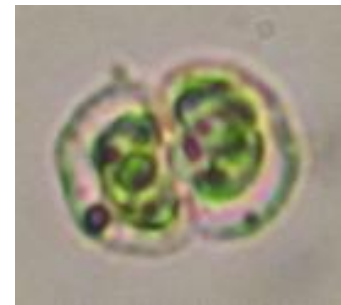
Cosmarium sp15



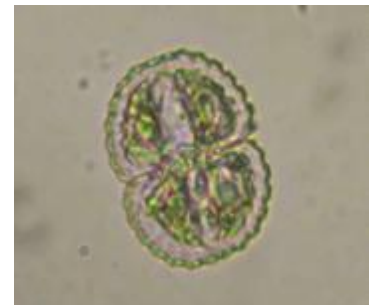
Cosmarium sp16



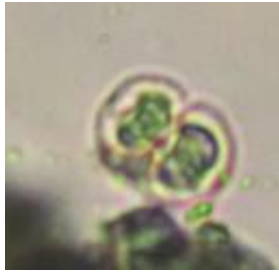
Cosmarium sp17



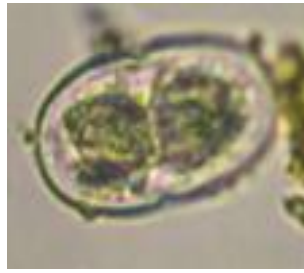
Cosmarium sp18



Cosmarium sp19



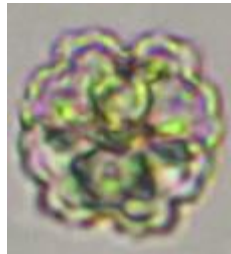
Cosmarium sp20



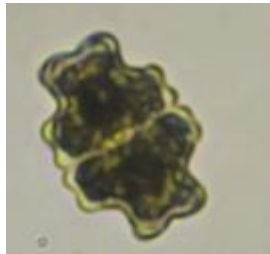
Actinotaenium sp1



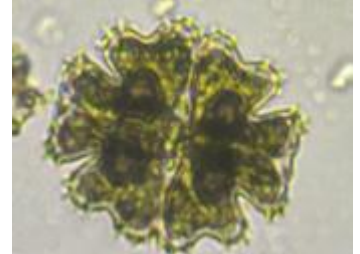
Actinotaenium sp2



Euastrum sp1



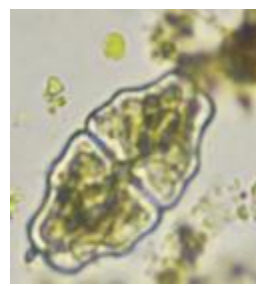
Euastrum sp3



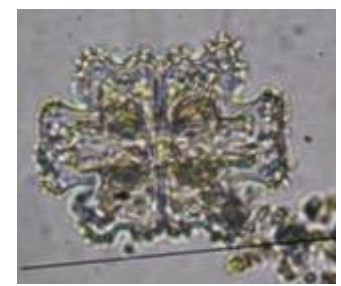
Euastrum sp4



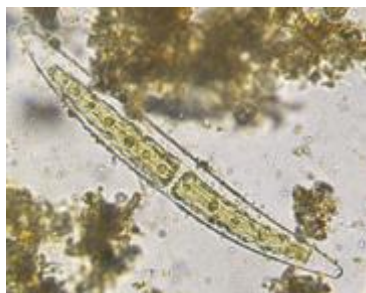
Euastrum sp5



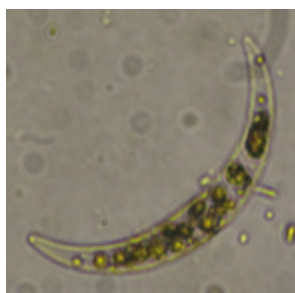
Euastrum sp6



Euastrum sp7



Closterium sp1



Closterium sp2



Closterium sp3



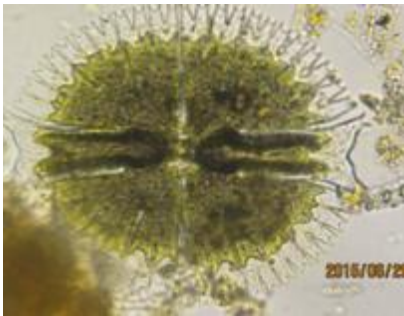
Closterium sp4



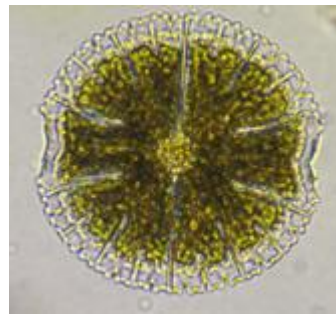
Closterium sp5



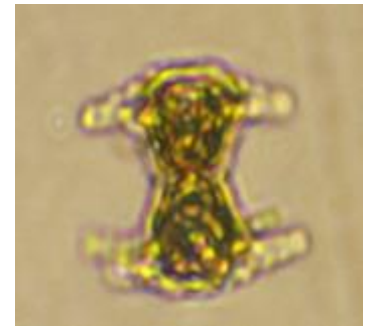
Micrasterias sp2



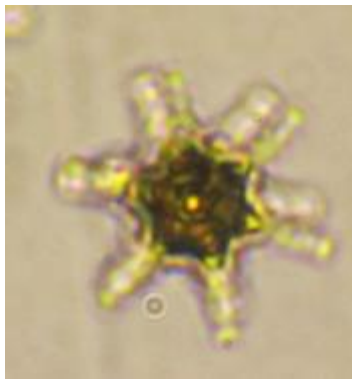
Micrasterias sp3



Micrasterias sp4



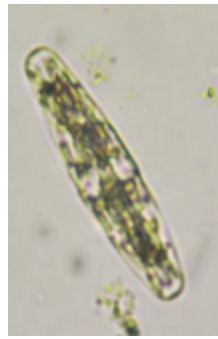
Staurastrum sp1



Staurastrum sp1



Netrium sp1



Netrium sp2



Netrium sp3



Pleurotaenium sp1



Gonatozygon sp1