



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**“Influencia de las variables físico-químicas sobre la estructura de la  
comunidad de algas perifíticas en las cuencas altas de los ríos  
Ishcayrumi- Yanuncay y Matadero del Parque Nacional Cajas”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
BIÓLOGO DEL MEDIO AMBIENTE  
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Autoras:**

**MARÍA ISABEL HURTADO ROMÁN  
LISBETH ALEJANDRA MORALES AGUILAR**

**Director:**

**EDWIN JAVIER ZARATE HUGO**

**Co-Director**

**JOSÉ ELÍ RINCÓN RAMÍREZ**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi esposo, quien me brindó su amor, su estímulo y su apoyo constante para alcanzar esta meta.

A mi madre por apoyarme siempre.

A mis hijos quienes me prestaron el tiempo que les pertenecía y me motivaron a seguir con su amor.

A mi compañera de tesis por ser mi apoyo durante todo el tiempo de realización de este trabajo.

Isa

Le dedico a mi mamá con mucho cariño por su esfuerzo y sacrificio en cada etapa de estudio, sin su apoyo incondicional no hubiese llegado a cumplir el inicio de mi carrera profesional.

A mi amado hijo Leonardo por ser mi motivación, aunque haya perdido buenos momentos a su lado, mi trabajo es por él.

Lisbeth

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primeramente a Dios por darnos sabiduría y fortaleza, a la Universidad del Azuay, a la escuela de Biología, Ecología y Gestión por el apoyo y facilidades brindadas para nuestra investigación, a nuestro director de tesis Edwin Zarate, a todos y cada una de las personas que estuvieron allí para apoyarnos y darnos una mano; de manera muy especial a José Rincón por su apoyo incondicional para compartir con nosotros sus conocimientos, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para realizar este trabajo.

A nuestras familias fuente de apoyo constante e incondicional en toda nuestra vida y más aún en nuestros años de formación profesional y en especial queremos expresar nuestro más grande agradecimiento a nuestras madres que sin su ayuda hubiera sido imposible culminar nuestra profesión. A nuestros hijos por ser nuestra motivación.

**GRACIAS**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	12
OBJETIVOS .....	15
<b>CAPITULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
1.1 Área de Estudio .....	16
1.2 Diseño Experimental .....	17
1.2.1 Descripción de las Microcuencas.....	17
1.3 Fase de muestreo .....	18
1.4 Descripción de los Sitios Muestreados en las Microcuencas .....	18
1.4.1 Microcuenca Ishcayrumi -Yanuncay .....	18
1.4.2 Microcuenca Matadero.....	19
1.5 Toma de Muestras .....	20
1.5.1 Toma de muestras para análisis de Perifiton.....	20
1.5.2 Nutrientes y Parámetros físico-químicos: .....	21
1.6 Análisis biológico y físico-químico.....	21
1.6.1 Identificación y recuento de las algas perifíticas .....	21
1.6.2 Nutrientes .....	21
1.6.3 Clorofila <i>a</i> .....	22
1.7 Análisis de datos.....	23

1.8	Análisis estadísticos .....	23
<b>CAPITULO 2: RESULTADOS .....</b>		<b>26</b>
2.1	Caracterización físico-química de las áreas de estudio.....	26
2.1.1	Análisis de Componentes Principales .....	27
2.2	Descripción de los Parámetros Biológicos.....	29
2.2.1	Abundancia .....	29
2.2.2	Clorofila .....	30
2.2.3	Composición y División de algas perifíticas en los ríos .....	33
2.2.4	Estimación de la Riqueza .....	34
2.2.5	Diversidad y Riqueza .....	35
2.2.6	Relación de las variables ambientales con la composición de la comunidad (CCA).....	37
<b>CAPITULO 3: DISCUSIÓN .....</b>		<b>46</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>		<b>54</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>60</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la cuenca del río Paute y la ubicación regional de las microcuencas de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero. ....	17
Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo en el Río Ishcayrumi-Yanuncay.....	19
Figura 3. Ubicación de los sitios muestreo del Río Matadero .....	20
Figura 4. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables físico-químicas de los Ríos. Los puntos verdes corresponden a los muestreos en el río Ishcayrumi-Yanuncay y los puntos azules a los del río Matadero. ....	28
Figura 5. Concentraciones de <i>clorofila-a</i> en el río Ishcayrumi-Yanuncay. Donde M1, M2, M3 y M4 representan los periodos de muestreo en noviembre, diciembre y marzo en época seca y de lluvia. ....	31
Figura 6. Concentraciones de <i>clorofila-a</i> en el río Matadero Donde M1, M2, M3 y M4 representan los periodos de muestreo en noviembre, diciembre y marzo en época seca y de lluvia. ....	32
Figura 7. Composición de algas perifíticas en el río Ishcayrumi-Yanuncay .....	33
Figura 8. Composición de algas perifíticas en el río Matadero.....	34
Figura 9. Curvas de acumulación de géneros por rarefacción por sitio del río Ishcayrumi-Yanuncay (líneas azules indican el intervalo de confianza 95%).....	34
Figura 10. Curvas de acumulación de géneros por rarefacción por sitio del río Matadero (líneas azules indican el valor de confianza 95%).....	35
Figura 11. Representación del análisis descriptivo multivariado no paramétrico de Escalamiento Multidimensional no Métrico NMDS para la composición de la comunidad de algas (Nomenclatura: YMS o MMS, Y/M nombre de la microcuenca, M <sub>(n°)</sub> número de muestreo, S <sub>(n°)</sub> sitio al que pertenece). ....	37
Figura 12. Diagrama de ordenación (triplot) obtenido por el Análisis de Correspondencia Canónica sobre los datos del río Ischcayrumi-Yanuncay donde se muestra la posición de las especies (triángulos azules), los sitios (círculos negros) y las variables ambientales (flechas de color rojo). Los ejes F1 y F2 explican un 56.4% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales. Las abreviaturas de los géneros se explican en el Anexo 8. ....	40
Figura 13. Diagrama de ordenación (triplot) obtenido por el Análisis de Correspondencia Canónica sobre los datos del río Matadero donde se muestra la	

posición de las especies (triángulos azules), los sitios (círculos blancos) y las variables ambientales (flechas de color rojo). Los ejes F1 y F2 explican un 55.1% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales. . Las abreviaturas de los géneros se explican en el Anexo 8..... 42

Figura 14. Diagrama de ordenación (triplot) obtenido por el Análisis de Correspondencia Canónica sobre los datos conjuntos de los ríos Yanuncay y Matadero donde se muestra la posición de las especies (triángulos azules), los sitios (círculos negros) y las variables ambientales (flechas de color rojo). Los ejes F1 y F2 explican un 46.2% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales. Las abreviaturas de los géneros se explican en el Anexo 8. .... 45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la Microcuenca río Ishcayrumi-Yanuncay.....	18
Tabla 2. Descripción de la Microcuenca río Matadero .....	19
Tabla 3. Valores promedios, máximos y mínimos de los parámetros físico-químico de los ríos estudiados. ....	27
Tabla 4. Porcentaje de Variación y Coeficientes de combinación lineal de las variables de los Componentes Principales .....	28
Tabla 5. Variación de abundancia por sitios del río Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero .....	30
Tabla 6. Concentraciones de Clorofila <i>a</i> de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero .....	32
Tabla 7. Valores de riqueza, diversidad y equidad del río Ishcayrumi-Yanuncay ....	35
Tabla 8. Valores de riqueza, diversidad y equidad del río Matadero.....	36
Tabla 9. Análisis de correspondencia canónica entre la densidad de algas perifíticas en respuesta a los parámetros ambientales evaluados río Ishcayrumi-Yanuncay.....	38
Tabla 10. Análisis de correspondencia canónica entre la densidad de algas perifíticas en respuesta a los parámetros ambientales evaluados río Matadero .....	41
Tabla 11. Análisis de correspondencia canónica entre la densidad de algas perifíticas en respuesta a los parámetros ambientales evaluados de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero. ....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de los sitios muestreados .....	60
Anexo 2. Fotografías del método de raspado de algas perifíticas y clorofila .....	61
Anexo 3. Listado taxonómico de los géneros encontrados en las Cuencas altas de los ríos Ishcayrumi y Matadero en el PNC. ....	62
Anexo 4. Tabla de Correlación de los parámetros físico-químico de los Ríos .....	66
Anexo 5. Valores de Abundancias del río Ishcayrumi – Yanuncay y río Matadero..	67
Anexo 6. Simper .....	72
Anexo 7. Tabla resumen de las variables biológicas de los ríos.....	74
Anexo 8. Abreviatura de los géneros de algas perifíticas para CCA. ....	75
Anexo 9. Catálogo fotográfico de algas perifíticas identificadas en los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero en el Parque Nacional Cajas. ....	76

**INFLUENCIA DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS SOBRE LA  
ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE ALGAS PERIFÍTICAS EN LAS  
CUENCAS ALTAS DE LOS RÍOS ISHCAYRUMI- YANUNCAY Y  
MATADERO DEL PARQUE NACIONAL CAJAS**

**RESUMEN**

El estudio se llevó a cabo en las cuencas altas de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero en el Parque Nacional Cajas (PNC). Se recolectaron muestras de algas perifíticas en diferentes estaciones en distintos pisos altitudinales en los ríos, para analizar las variaciones en la estructura de la comunidad de algas con respecto a las variables ambientales. Se determinó la concentración de clorofila-*a* y algunos parámetros físico-químicos para conocer su influencia en la estructura y composición de algas, espacialmente en diferentes sitios de muestreo y a través del tiempo, mediante: Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), CLUSTER y SIMPER. Como resultados las variables físico-químicas con mayor influencia en abundancia, diversidad y riqueza de los géneros son: sólidos totales disueltos, sulfatos, temperatura, conductividad y caudal.

**Palabras Claves:** algas perifíticas, Parque Nacional Cajas, río Ishcayrumi-Yanuncay, río Matadero



\_\_\_\_\_  
José El Rincón Ramírez

**Director de Tesis**



\_\_\_\_\_  
Antonio Manuel Crespo Ampudia

**Director de Escuela**



\_\_\_\_\_  
María Isabel Hurtado Román



\_\_\_\_\_  
Lisbeth Alejandra Morales Aguilar

**Autoras**

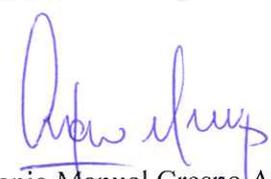
**INFLUENCE OF PHYSICOCHEMICAL VARIABLES ON THE STRUCTURE  
OF THE *PERIPHYTIC* ALGAE COMMUNITY IN THE HIGH BASINS OF  
*ISHCAYRUMI-YANUNCAY* AND *MATADERO* RIVERS AT CAJAS NATIONAL  
PARK**

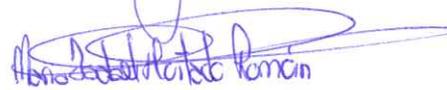
**ABSTRACT**

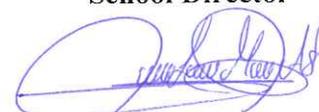
This study was carried out in the *Ishcayrumi-Yanuncay* and *Matadero* high rivers basins in the Cajas National Park (PNC). Sampling for *periphytic algae* growing on rivers were collected from different stations and at different altitudes in order to analyze the variables in the structure of the algae community in relation to environmental variables. The concentration of chlorophyll-a, and some physicochemical parameters were determined to know its influence on the structure and composition of algae, especially in different sampling sites and times through Principal Component Analysis (PCA), Correspondence Analysis (CA), CLUSTER, and SIMPER. In conclusion, the physical-chemical variables with most influence in abundance, diversity and richness of genres are total dissolved solids, sulfates, temperature, conductivity and flow.

**Keywords:** *Periphytic Algae*, Cajas National Park, *Ishcayrumi-Yanuncay* River, *Matadero* River

  
José Elí Rincón Ramírez  
**Thesis Director**

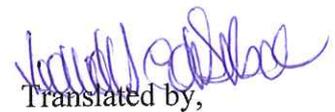
  
Antonio Manuel Crespo Ampudia  
**School Director**

  
María Isabel Hurtado Román

  
Lisbeth Alejandra Morales Aguilar

**Authors**

  
*Universidad del Azuay*  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

María Isabel Hurtado Román

Lisbeth Alejandra Morales Aguilar

Trabajo de Graduación

Edwin Javier Zárate Hugo. MsC

José Elí Rincón Ramírez. Ph. D

Febrero, 2016

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres por lo que los impactos como la contaminación inducen cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y condición reproductiva (Bartram & Ballance, 1996). Es así que algunos organismos pueden proveer información valiosa referente a los cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de sus comunidades (Segnini, 2003).

En los ecosistemas lóticos los patrones y los procesos ecológicos casi siempre están determinados por el flujo de la corriente, el cual le ha dado forma a casi todas las características de estos sistemas, como los regímenes de perturbación que son determinantes en la dinámica de la distribución de los organismos en espacio y tiempo. Esto se debe a que las comunidades no son entidades estáticas y cambian tanto estructural como fisiológicamente durante una sucesión (Hauer & Lamberti, 2006).

La estructura y organización de las comunidades de un ecosistema dirigen la dinámica funcional del mismo; la importancia vendrá dada en parte por sus aportes a los procesos fundamentales como la producción primaria total del ecosistema. Las corrientes fuertes generan el desplazamiento de autótrofos del perifiton, lo que determina, que en la columna de agua, las algas se encuentran mezcladas con el ensamblaje fitoplanctónico originado en las aguas tranquilas (Gari & Corigliano, 2004).

Hay factores que gobiernan los procesos físicos y morfológicos de los ríos, dentro de los factores morfológicos están el clima local, la naturaleza de la vegetación ribereña, el uso de la tierra en su área de influencia y la intervención directa del hombre por extracción de materiales y modificación del curso (Roldán & Ramírez, 2008).

El perifiton es una de las comunidades más importantes presente en los sistemas acuáticos. Este desempeña un papel fundamental en la dinámica de los ríos al igual que en otros ecosistemas acuáticos, dentro de esta dinámica se destaca: la productividad primaria del sistema y la alta tasa de reciclaje de nutrientes, por esto son utilizados como indicadores de la calidad del agua ya que al vivir adheridos al sustrato, reflejan los cambios ocurridos por alteraciones físicas, químicas y biológicas. Si se producen un gran número de perturbaciones físicas, como incremento de la velocidad del agua y arrastre de sedimento, el perifiton tendría poco desarrollo (Stevenson & et al., 1996).

Los principales factores que controlan la dinámica de las algas perifíticas son la luz, la composición química del agua, herbívoros, temperatura, velocidad de la corriente y tipo de sustrato; como todos estos factores interactúan entre sí es difícil afirmar cual es el factor que limita el crecimiento de las algas (Aguirre & Montoya, 2008).

Las algas perifíticas se desarrollan mejor en sustratos que le ofrezcan estabilidad y donde la acción de las corrientes sea mínima. En algunos casos, el tipo de sustrato es el factor limitante en la producción de esta comunidad (De la Parra & Rodelo , 2012).

La importancia relativa de las algas perifíticas en cada ambiente puede establecerse en parte por el desarrollo de su biomasa favorecida por la elevada incidencia de radiación solar y por las altas concentraciones de nutrientes (Guasch & et al., 1995).

El estudio de la estructura de la comunidad de algas perifíticas en el Parque Nacional Cajas, es importante para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos allí existentes, así como su calidad, debido a que en estos sitios existen intervenciones constantes como actividades de pastoreo, visitas turísticas, actividades de investigación, entre otros. Dado que el agua es importante para el consumo humano

investigaciones como la actual genera conocimiento que podría ayudar al manejo adecuado de este recurso.

En lo referente a perifiton en Cuenca o Ecuador existen muy pocos estudios realizados que no han sido publicados, lo que aumenta el interés de sentar un antecedente con esta comunidad, para aportar con una línea base que muestre la composición de las especies presentes en los sitios y su asociación con los parámetros físico-químicos de los ríos, información que servirá para futuras investigaciones en cuanto a la calidad de los cursos de agua de esta importante área protegida.

Este trabajo está orientado a conocer los cambios en la abundancia y diversidad de las algas perifíticas, con respecto a los parámetros físico-químicos analizados.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Determinar la influencia de las variables físico-químicas sobre la estructura de la comunidad de algas perifíticas en las cuencas altas de los ríos Ishcayrumi y Matadero del Parque Nacional Cajas.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las variables físico-químicas que tienen mayor influencia en la comunidad algas perifíticas.
- Caracterizar cualitativa y cuantitativamente la comunidad de algas perifíticas en los ríos Ishcayrumi y Matadero.
- Preparar una colección de referencia digital y láminas de algas perifíticas.

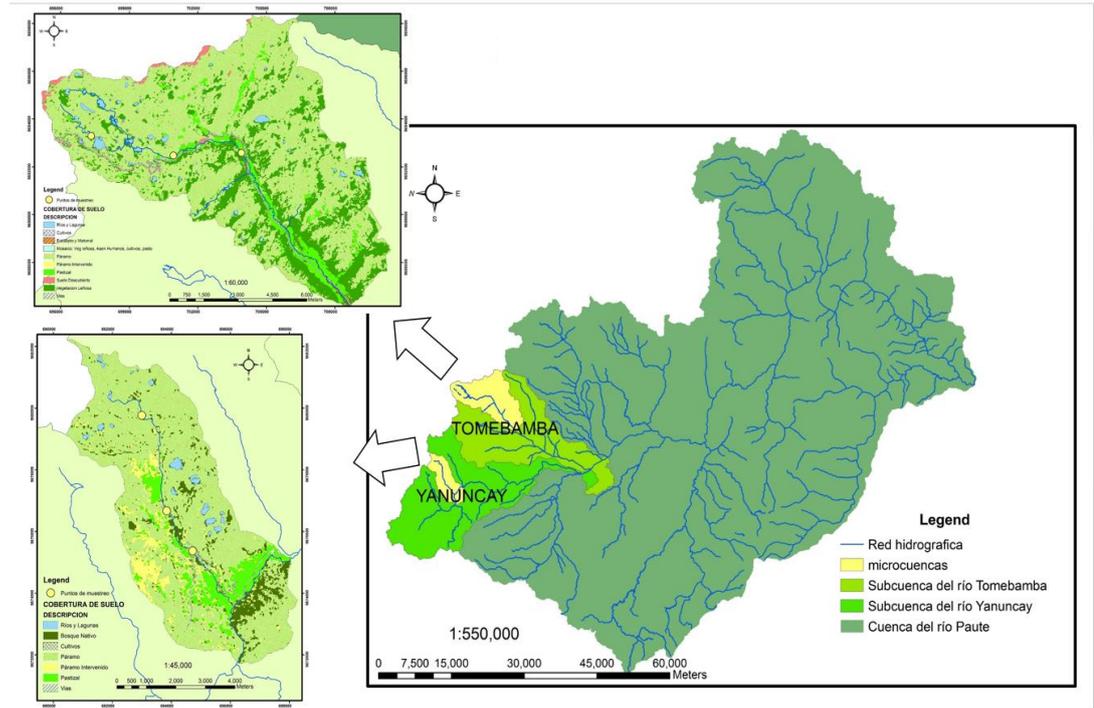
## CAPITULO 1

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1.1 Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Cajas (PNC), ubicado en la Cordillera Occidental del sur de los Andes del Ecuador, dentro del cantón Cuenca en la Provincia del Azuay con una extensión de 28544 has. Se encuentra a una altura que va desde los 3150 a 4445 m.s.n.m, su temperatura oscila entre -2°C a 18°C, no existe una marcada regularidad en el clima y se dan frecuentes heladas, lloviznas, neblina y días de intenso sol. Su precipitación fluctúa entre 1000 a 2000 mm. Está formada por grandes elevaciones que guardan en su interior sistemas lacustres a manera de enormes cajas interconectadas (Ministerio del Ambiente).

Esta investigación ha considerado las microcuencas altas del río Matadero y del río Ishcayrumi en el PNC (Figura 1). Es uno de los páramos más diversos de todo el ecosistema andino (GAD Municipal, s.f.), en donde se han identificado cuatro zonas de vida. En los sitios de estudio la vegetación que se destaca son las hierbas en penacho del género *Calamagrostis* y *Festuca* (Sierra, 1996), además se encuentra bosque de *Polylepis*, pajonal y páramo de almohadillas que se encuentran en zonas inundadas. Otro tipo de formación predominante en estos sitios es el herbazal lacustre montano que se localiza en las riberas de los ríos, donde las especies predominantes son de las familias *Juncaceae* y *Cyperaceae*, que se caracterizan por sus raíces sumergidas (Rivera, 2007). En algunos lugares se desarrollan actividades antrópicas como pastoreo, piscicultura, senderismo, investigación científica, entre otras.



**Figura 1.** Mapa de la cuenca del río Paute y la ubicación regional de las microcuencas de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero.

**Fuente:** Damodara Rojas

## 1.2 Diseño Experimental

### 1.2.1 Descripción de las Microcuencas

El área de estudio está conformada por la microcuenca del Río Matadero, perteneciente a la cuenca alta del Río Tomebamba, y la cuenca alta del Río Yanuncay (Río Ishcayrumi), en donde se realizaron muestreos mensuales en seis estaciones (tres estaciones en cada microcuenca). Las estaciones estuvieron ubicadas con una variación altitudinal de 200 m, siendo el primer rango de 3800, segundo de 3600 y por último 3400 m.s.n.m.

### 1.3 Fase de muestreo

Los puntos de muestreo en los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero se eligieron de acuerdo a las características físicas de la microcuenca, la accesibilidad a los sitios de muestreo en los diferentes intervalos altitudinales.

En cada sitio se tomaron tres submuestras a lo largo del gradiente altitudinal antes descrito. Los muestreos se realizaron en los meses de noviembre, diciembre (2014, época seca), primera semana de marzo y última semana de marzo (2015, época de lluvia). Durante los muestreos se registraron los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura del agua (T°C), pH, conductividad, oxígeno disuelto, profundidad, velocidad de la corriente y caudal; además se registraron las coordenadas geográficas de cada sitio.

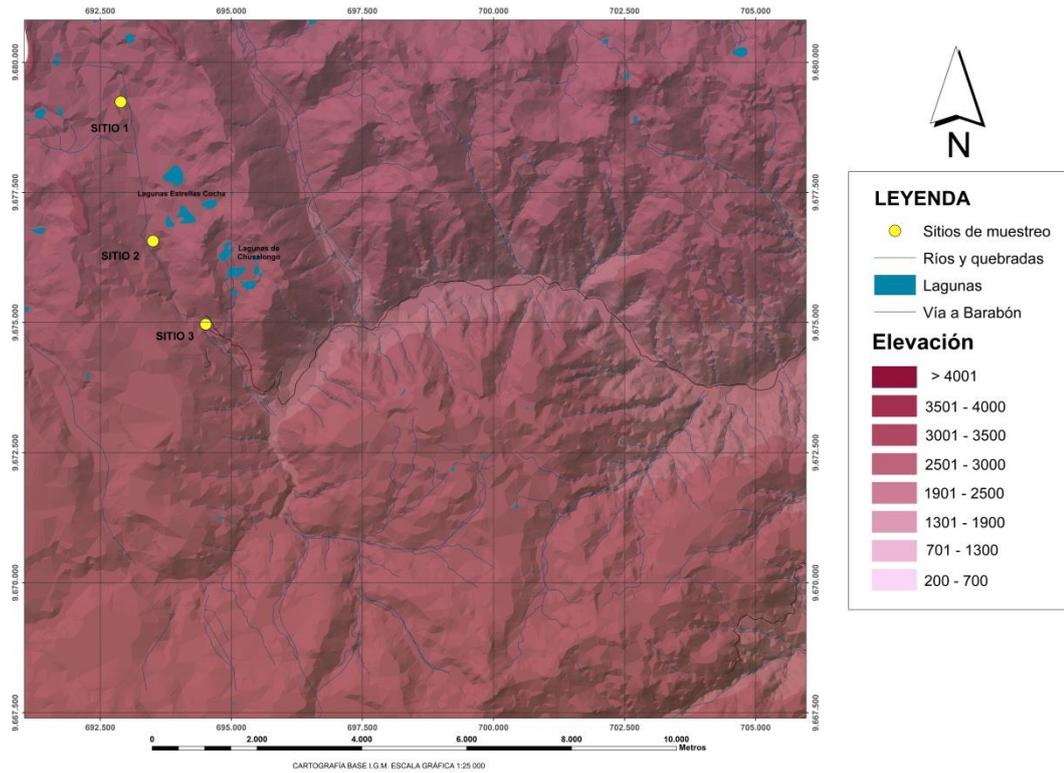
### 1.4 Descripción de los Sitios Muestreados en las Microcuencas

En las Tablas 1 y 2 se describen las características generales y ubicación de los sitios seleccionados en cada microcuenca (Anexo 1).

#### 1.4.1 Microcuenca Ishcayrumi -Yanuncay

**Tabla 1.** Descripción de la Microcuenca río Ishcayrumi-Yanuncay

	<b>Coordenadas</b>	<b>T° del agua (°C)</b>	<b>Altura (m.s.n.m)</b>	<b>Vegetación</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Sitio 1</b>	x: 692891 y: 9679238	10 a 17	3800 a 3600	Pajonal y almohadillas	Caudal bajo incremento en época de lluvia. Sustrato muy rocoso.
<b>Sitio 2</b>	x: 693507 y: 9676564	10 a 17	3600 a 3400	Pajonal y árbol de <i>Polylepis</i>	Caudal aumentó en la época de lluvia. Sustrato dominado por rocas grandes a medianos tamaños.
<b>Sitio 3</b>	x: 694513 y: 9674967	11 a 17	3400 a 3200	Pastizales	Caudal con aumento en época de lluvia. Sustrato, rocas pequeñas a medianas.

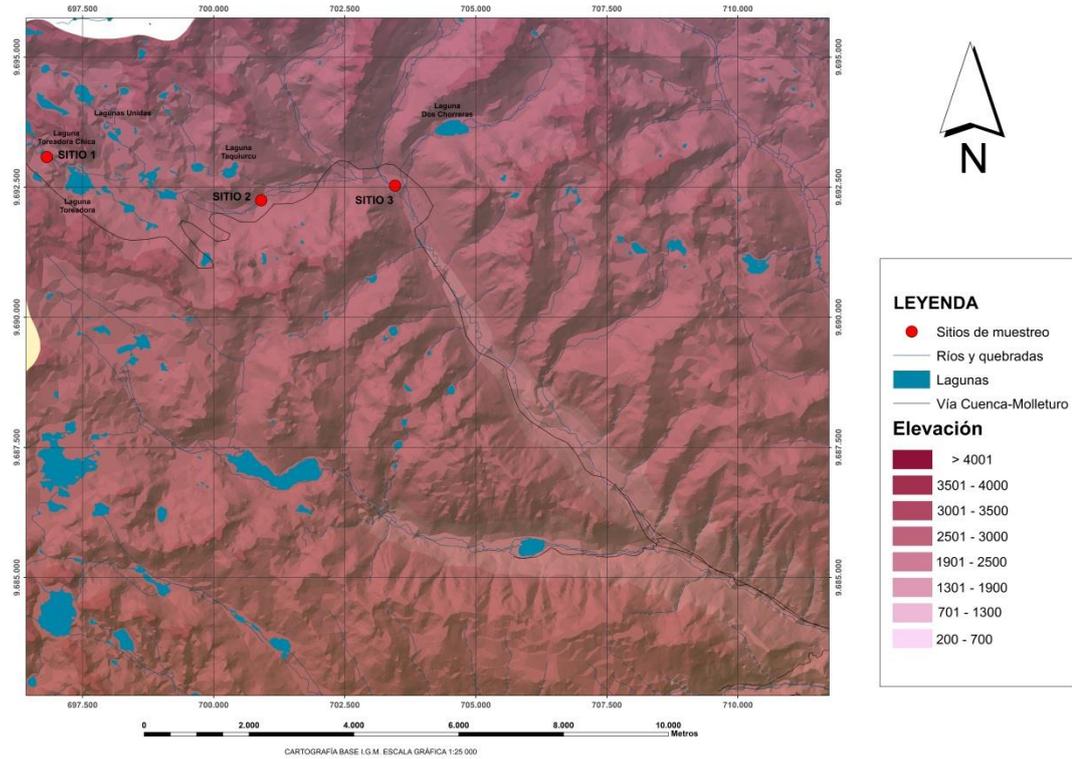


**Figura 2.** Ubicación de los sitios de muestreo en el Río Ishcayrumi-Yanuncay

### 1.4.2 Microcuenca Matadero

**Tabla 2.** Descripción de la Microcuenca río Matadero

	Coordenadas	T° del agua (°C)	Altura (m.sn.m)	Vegetación	Observaciones
<b>Sitio 1</b>	x: 696818 y: 9693078	10 a 15	3800 a 3600	Pajonal y almohadillas	Caudal bajo incremento en época de lluvia.
<b>Sitio 2</b>	x: 700907 y: 9692246	11 a 13.9	3600 a 3400	Pajonal y árbol de <i>Polylepis</i>	Aumento de caudal en época de lluvia. Sustrato con rocas medianas.
<b>Sitio 3</b>	x: 703462 y: 9692528	11 a 13.4	3400 a 3200	Pastizales	Mayor caudal que los otros sitios. Sustrato, rocas pequeñas a medianas.



**Figura 3.** Ubicación de los sitios muestreo del Río Matadero

## 1.5 Toma de Muestras

### 1.5.1 Toma de muestras para análisis de Perifiton

La toma de muestras de perifiton se realizó con el método de raspado a las rocas que se encuentren completamente sumergidas y en corriente (Anexo2). Para la recolección de las muestras se seleccionaron cuatro piedras. Se raspó únicamente la cara superior de los substratos con un cepillo de dientes, utilizando una cuadrícula de 5x5cm para tener la misma área de raspado en cada muestra. Se colocó en envases plásticos de 100 ml con agua del mismo río, para su traslado se guardaron las muestras en una hielera. Se les adicionó 0.5ml de solución de Lugol al 1% para su conservación y posterior identificación en laboratorio (Stevenson, & Bahls, s.f.). Para el análisis cualitativo se realizó con montajes de muestras en portaobjetos y el cuantitativo con ayuda de la cámara de recuento de Neubauer, las observaciones fueron realizadas con ayuda de un microscopio óptico (100x).

### **1.5.2 Nutrientes y Parámetros físico-químicos:**

Algunos parámetros fueron medidos *in-situ* con la ayuda de los equipos de campo, los cuales proporcionan mayor confiabilidad en los resultados (Jáimez-Cuéllar & et al., 2002): Un oxímetro PROODO profesional series (YSI), el cual toma datos de oxígeno disuelto y temperatura; y el multiparamétrico HANNA HI 991300 que toma datos de pH, conductividad, sólidos disueltos y temperatura. Estos parámetros se tomaron para cada muestreo.

Para el análisis de nutrientes se tomaron muestras de agua las cuales fueron recolectadas de forma manual en envases plásticos de un litro, estas fueron llevadas en un cooler al laboratorio de química de la Universidad del Azuay para su respectivo análisis.

## **1.6 Análisis biológico y físico-químico**

### **1.6.1 Identificación y recuento de las algas perifíticas**

Para la identificación de muestras de algas perifíticas se utilizó un microscopio óptico (OLYMPUS CX21 y OLYMPUS CH-2), las muestras fueron colocadas en una placa Neubauer con un cubre objetos y aceite de inmersión. En cada placa se depositó una gota de muestra para la identificación y conteo de especímenes. En la identificación de individuos se utilizó libros con ilustraciones y descripción de algas (“Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce”, de Heinz Streble y Dieter Krauter, 1987), fotos de páginas en línea, (Micros\*cope, s.f.) (Gates, 2011), (AlgaeBase, 1996), (Plankton Net), entre otras. Se creó un registro fotográfico de especies y una base de datos en Excel tanto las especies identificadas como de las que se tenga dificultad para identificarlas.

### **1.6.2 Nutrientes**

Para este análisis el agua se pasó previamente a través de filtros microbiológicos de 0,45  $\mu\text{m}$  y posteriormente se utilizó un Cromatógrafo Iónico Dionex ICS-1600, el cual permite la detección de iones del agua y nos proporcionó con una lectura de los siguientes compuestos: Fluoruros, Acetatos, Cloruros, Nitritos, Bromuros, Nitratos, Fosfatos, Sulfatos y Yoduros. Otros parámetros como sólidos disueltos totales,

turbiedad, amonio, nitrógeno total y metales pesados disueltos en el agua fueron determinados a través de los protocolos internos del laboratorio de química de la Universidad del Azuay, además se midieron metales pesados disueltos en el agua (zinc, cadmio, plomo y cobre) a través de polarografía (stripping).

### **1.6.3 Clorofila *a***

Las muestras para Clorofila *a* se obtuvieron mediante el método de raspado de 2 piedras sumergidas en zonas con agua corriente utilizando un cepillo de dientes y una cuadrícula de 5x5 cm, así se analizó una misma área de raspado en cada punto de muestreo.

El sustrato se colocó en un recipiente oscuro y con mínima cantidad de agua de río, los envases se cerraron herméticamente para su traslado y posterior análisis en el laboratorio, el mismo día de muestreo para que no produzca la oxidación de los pigmentos clorofílicos (Vicente et al., 2005) (Anexo 2). Para la extracción de clorofila se utilizó el siguiente procedimiento basado en Standard Methods (Vicente et al., 2005):

Se concentró la muestra mediante el filtrado de un volumen suficiente de agua a través de un filtro de microfibra de vidrio (GF/F). Se realizó el filtrado de la muestra el día de la recolección. Se colocó el filtro en un tubo cubierto con papel aluminio para proteger de la luz y se adicionó 10 ml de solución de acetona, este se llevó a refrigeración por 12 horas. Para finalizar la extracción centrifugamos por 10 minutos a 3.000 rpm. Es importante trabajar rápido para evitar la evaporación de la acetona y la variación del volumen del extracto. El extracto es muy sensible a la luz por lo que hay que realizar este proceso, así como la lectura espectrofotométrica con la luz de la habitación muy atenuada, y mantener los tubos en una caja negra o debidamente protegidos de la luz.

Posteriormente se registró la lectura de absorbancia por espectrofotometría, para esto se llenaron las celdas de cuarzo y se establecieron las longitudes de onda adecuadas para la clorofila especificadas en la siguiente fórmula de Vicente et al. (2005):

$$Chl. a \left( \frac{ug}{L} \right) = \frac{[11,85x(A664 - A750) - 1,54 (A647 - A750) - 0,08X(A630 - A750)x v]}{V}$$

Donde A630, A647, A664, A750 = densidad óptica medida a las longitudes de onda indicadas, en una cubeta de paso óptico de 1cm (en nm), v= volumen en ml del extracto, V= volumen de agua filtrada (en L).

### 1.7 Análisis de datos

Para determinar la abundancia, riqueza y diversidad de géneros por cada sitio muestreado se estandarizaron los conteos de la siguiente forma:

$$x = \frac{(\# \text{ individuos} * 100ml)}{(0.0004ml * \#placas)}$$

Dónde:

- # individuos: número total observado
- 100 ml: volumen total de la muestra
- 0.0004 ml: volumen de la celda en la Cámara de Neubauer
- # placas: número de repeticiones

### 1.8 Análisis estadísticos

Los resultados de las variables físico-químicas fueron sometidos a un Análisis de Componentes Principales (ACP o PCA) con software PRIMER 6.0; para decidir cuáles de estas variables muestran una mayor explicación en la ordenación de los sitios estudiados. Las variables que no cumplieron los requisitos de normalidad de la media fueron transformadas con LOG (1+V).

Para evitar la multicolinealidad se excluyeron aquellas variables físico-químicas que obtuvieron un coeficiente de correlación de Spearman mayor a 0.5 para esto utilizamos el software Past 3.07.

Se hizo un análisis de curvas de rarefacción para estimar la riqueza de especies mediante el estimador Chao-1, que se utiliza en caso de tener muestras de tamaño

desigual. Este método calcula el número esperado de especies de cada muestra al reducirlas a un tamaño igual para todas, es decir, reduce el tamaño de la muestra mayor para equipararla con la muestra menor (Villarreal, et al., 2004).

Se calcularon los índices de diversidad alfa: Shannon, Simpson, Fisher-alpha con el programa PRIMER 6.0 para obtener los valores de riqueza, diversidad y equidad en cada sitio.

Se determinó también un análisis de clasificación cuantitativa CLUSTER y análisis de ordenamiento NMDS para obtener las tendencias de asociación de la comunidad de algas de los sitios de cada muestreo, además de un análisis de porcentajes de similitud SIMPER, estos basados en la matriz de similitud de Bray-Curtis con la ayuda de PRIMER 6.0.

Se hizo una matriz en Excel donde se unieron las variables ambientales y los géneros de cada sitio muestreado normalizando los valores mediante la transformación de los datos a  $\log_{10}(x+1)$  y de esta forma cumplir con los supuestos de normalidad e independencia de varianza requeridos para aplicar el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) que se realizó con el programa CANOCO 4.5. El Análisis de Correspondencias Canónico (CCA) es una técnica multivariante que permite representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de objetos (especies) condicionado por una serie de variables predictoras (variables ambientales). El CCA es una técnica de ordenación restringida (*constrained ordination*), lo que significa que la ordenación de las especies representa solamente la estructura de los datos que maximiza la relación con una segunda matriz de variables predictoras ambientales. Normalmente el CCA relaciona dos matrices: la matriz de variables dependientes (p.e. una matriz de sitios x especies) y la matriz de variables independientes (p.e. una matriz de variables ambientales). La relación entre ambas matrices se hace por medio de técnicas de regresión multivariante. En el CCA, la variabilidad explicada por los ejes de ordenación está representada por el término inercia (*Inertia*). Hay una inercia total que representaría la variabilidad total de los datos (como la desviación del modelo nulo en GLM) y una desviación de la ordenación restringida (*constrained inertia*) que informa de la parte de la variabilidad total explicada por las variables predictoras en el CCA. Asimismo

es interesante ver qué proporción de dicha variabilidad queda explicada por cada uno de los ejes del CCA, teniendo en cuenta que habrá tantos ejes como variables predictoras incluyamos en el modelo, si bien generalmente la mayor parte de la variabilidad va a quedar resumida en los 2 o 3 primeros ejes. Básicamente, este análisis nos permitirá relacionar la abundancia de especies con las variables del entorno donde se visualiza la relación entre los sitios, objetos (algas perifíticas) y variables (parámetros físico-químicos) de los ríos. (Braak & Cajo, 1986). Una prueba de permutación de Montecarlo se empleó para probar la significancia del modelo de ordenación restringido obtenido por el CCA. Este test estadístico prueba la hipótesis nula de que los datos de las especies no son una combinación lineal (son independientes) de los valores de las variables ambientales. Específicamente, en la prueba de Montecarlo se hacen permutaciones de los valores de las variables ambientales con respecto a la matriz de especies que se mantiene intacta. Para cada grupo de datos permutado se calcula un modelo de ordenación restringido y se utiliza el estadístico F para juzgar la calidad del modelo. La distribución de estos valores define la distribución de este estadístico bajo el modelo nulo. Si resulta muy improbable que el valor del estadístico obtenido a partir de los datos originales (sin ninguna permutación) provenga de esa distribución (siendo mucho mayor), se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los datos de las especies son combinaciones lineales de las variables ambientales con una probabilidad  $p=0.05$  (Leps y Smilauer 2003).

## CAPITULO 2

### RESULTADOS

#### 2.1 Caracterización físico-química de las áreas de estudio

En la Tabla 3 se presenta la composición físico-química promedio de los dos ríos estudiados. En estos resultados se observan los valores promedios, máximos y mínimos de las características físicas y químicas del agua de las dos cuencas. Se puede resaltar la diferencia en la composición físico-química entre ambas microcuencas.

Las características físico-químicas presentan diferencias entre ambos ríos, especialmente en las variables de Caudal, Sólidos Totales y en Sulfatos. El valor promedio de caudal en Ishcayrumi-Yanuncay durante el período de estudio fue de  $0,3\text{m}^3/\text{s}$  y en Matadero de  $0,9\text{ m}^3/\text{s}$ . Los Sólidos Totales en Ishcayrumi-Yanuncay resultaron con un mínimo de 0 y un máximo de 196 mg/L y en Matadero se registró un mínimo de 16 y un máximo de 164 mg/L. Los Sulfatos en el río Ishcayrumi-Yanuncay mostraron un mínimo de 0,2 y máximo 2,8 y en Matadero 0,6 y 7,5 mínimo y máximo respectivamente. Algunos parámetros (por ejemplo: Nitratos, Caudal, Sulfatos, etc.) mostraron una elevada variabilidad evidenciada por los valores de desviación estándar, lo cual indica las variaciones tanto espaciales como temporales de estos parámetros cuando se comparan las cuencas como un todo. Las variaciones específicas en cada microcuenca son descritas a partir del análisis de componentes principales que comentaremos más adelante.

**Tabla 3.** Valores promedios, máximos y mínimos de los parámetros físico-químico de los ríos estudiados.

Parámetros	Río Ishcayrumi - Yanuncay				Río Matadero			
	Min	Max	Promedio	SD	Min	Max	Promedio	SD
ST (mg/L)	0	196	47,1	46,1	16	164	64,8	42,9
Turb (NTU)	21,2	139,9	71	34,1	11,5	144,6	53,3	28,2
Ph	6,4	8,2	7,8	0,3	7,5	8,4	8	0,2
Cond (µs)	31,4	184,0	86,3	48,9	19,2	166	89,5	43,1
OD (%)	62,6	67,6	65,4	1,4	55,3	66,4	60	3,8
OD (mg/l)	6,0	7,1	6,6	0,3	5,8	7,2	6,5	0,4
Temp (°C)	10	17,9	13,3	2,8	10,3	13,9	12	0,9
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,01	0,7	0,3	0,2	0,1	4,1	0,9	1,1
Cloru (ppm)	0,1	1,2	0,4	0,2	0,2	2,8	0,4	0,5
Nitra (ppm)	0	0,3	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1
Sulfa (ppm)	0,2	2,8	0,4	0,4	0,6	7,5	3,7	2,5

### 2.1.1 Análisis de Componentes Principales

Para la aplicación del ACP algunas de las variables químicas no fueron consideradas debido a que no se presentan en todas las muestras (tienen valor cero) y/o mostraban alta correlación (multicolinealidad) (Anexo 4). De tal modo que no todas las variables medidas fueron utilizadas en el análisis. Las variables seleccionadas fueron: Turbiedad, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto (% y mg/l), Temperatura, Caudal, Cloruros, Nitratos y Sulfatos.

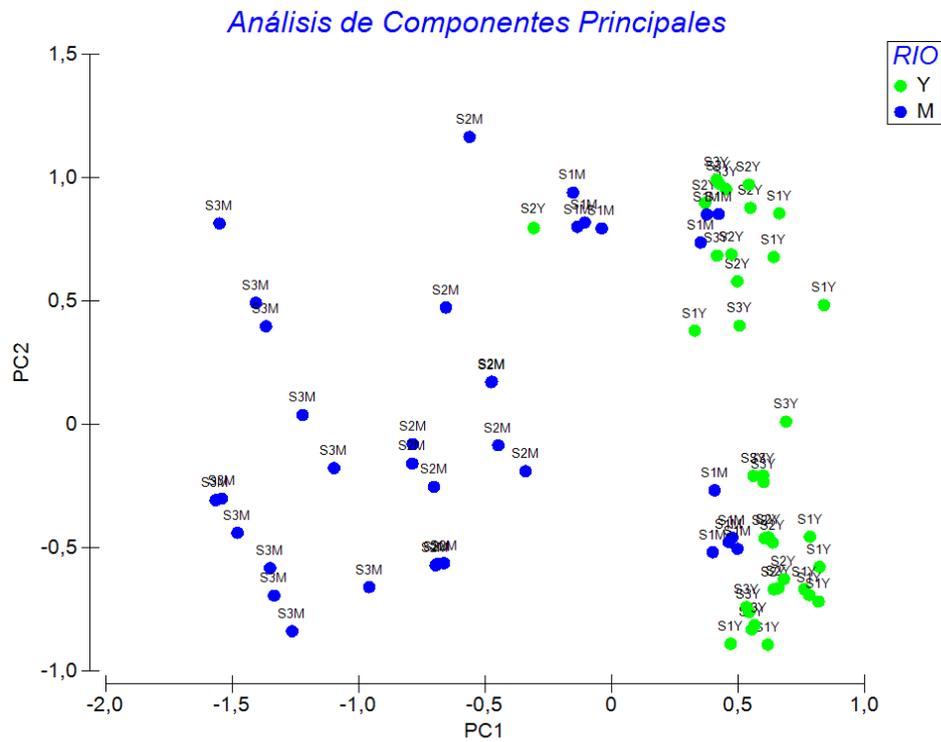
El ACP reveló un 77% de la varianza total de las variables físico-químicas considerando solo dos componentes (PC-1 y PC-2). El primer componente (45,1%) estuvo relacionado fundamentalmente con las variable Sulfatos y Caudal. El segundo componente (31,9%) se relacionó negativamente con la Conductividad y Turbidez. La ordenación de los sitios de muestreo en los dos componentes (Figura 4) permite observar una clara separación de los sitios muestreados del río Ishcayrumi-Yanuncay los cuales presentan valores bajos de Sulfatos y Caudal; al contrario los sitios muestreados en el río Matadero presentan valores altos de sulfatos, caudal y conductividad (Tabla 4).

**Tabla 4.** Porcentaje de Variación y Coeficientes de combinación lineal de las variables de los Componentes Principales

Eigenvalues			
PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	0,579	45,1	45,1
2	0,41	31,9	77

Eigenvectors		
Variable	PC1	PC2
Turb (NTU)	-0,269	-0,624
Ph	0,027	-0,022
Cond (μs)	0,105	-0,756
OD (%)	-0,017	-0,015
OD (mg/l)	0,014	0,028
Temp (°C)	-0,018	-0,037
Caudal (m3/s)	0,37	-0,178
Cloru (ppm)	0,006	-0,06
Nitra (ppm)	-0,002	0,013
Sulfa (ppm)	0,882	-0,026



**Figura 4.** Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables físico-químicas de los Ríos. Los puntos verdes corresponden a los muestreos en el río Ishcayrumi-Yanuncay y los puntos azules a los del río Matadero.

## 2.2 Descripción de los Parámetros Biológicos

### 2.2.1 Abundancia

En los muestreos realizados se registraron un total de 56.959 individuos sin estandarizar, de los cuales 20.276 individuos se cuantificaron en el río Ishcayrumi-Yanuncay y 36.683 individuos en el río Matadero.

Se identificaron 86 géneros de algas perifíticas para ambos ríos y 34 morfotipos que se los denominó así por lo que no pudieron ser identificados. Específicamente, en el río Ishcayrumi-Yanuncay se identificaron 70 géneros y 14 morfotipos; mientras que en el río Matadero 70 géneros y 20 morfotipos.

La incidencia relativa en los sitios del río Ishcayrumi-Yanuncay, indica que el género *Achnantheidium* en relación a los demás géneros resultó con el mayor porcentaje de abundancia relativa (15,44%), seguido de *Synedra* (12,71%), *Ceratoneis* (10,59%), *Gomphonema* (7,01%), *Nitzschia* (6,64%), *Diatoma* (5,71%), *Eunotia* (5,09%), *Navicula* (4,20%), *Fragilaria* (4,10%) y *Cosmarium* (3,50%) entre los valores más altos, como se indica en el Anexo 5.

En los sitios del río Matadero, la incidencia relativa, indica que nuevamente el género *Achnantheidium* en relación a los demás géneros presenta el mayor porcentaje (20,29%), seguido de *Tabellaria* (13,18%), *Navicula* (9,72%), *Synedra* (8,69%), *Diatoma* (7,33%) y *Fragilaria* (5,38%), entre los valores más altos, como se indica en el Anexo 7.

La Tabla 5 presenta los valores de los individuos contados y estandarizados en la identificación del río Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero, siendo en el Sitio 1 del río Matadero el que muestra mayor abundancia ( $2.43 \times 10^8$ ) y el Sitio 3 en el río Ishcayrumi-Yanuncay ( $3.78 \times 10^8$ ). En promedio la abundancia de algas perifíticas resultó mayor en el río Ishcayrumi-Yanuncay ( $2,07 \times 10^8$ ) en relación al río Matadero ( $1,85 \times 10^8$ ).

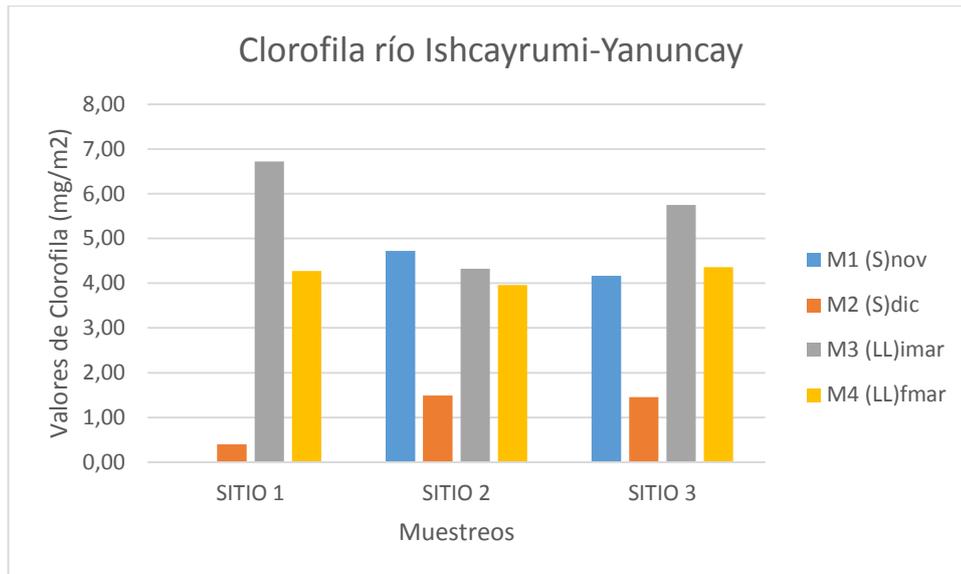
**Tabla 5.** Variación de abundancia por sitios del río Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero

<b>Abundancia Total por Sitio río Matadero (<math>\times 10^8</math>)</b>	
<b>Sitio 1</b>	2,43
<b>Sitio 2</b>	1,64
<b>Sitio 3</b>	1,47
<b>Media <math>\pm</math> SD</b>	1,85 $\pm$ 0,51

<b>Abundancia Total por Sitio río Ishcayrumi-Yanuncay (<math>\times 10^8</math>)</b>	
<b>Sitio 1</b>	1,13
<b>Sitio 2</b>	1,31
<b>Sitio 3</b>	3,78
<b>Media <math>\pm</math> SD</b>	2,07 $\pm$ 1,48

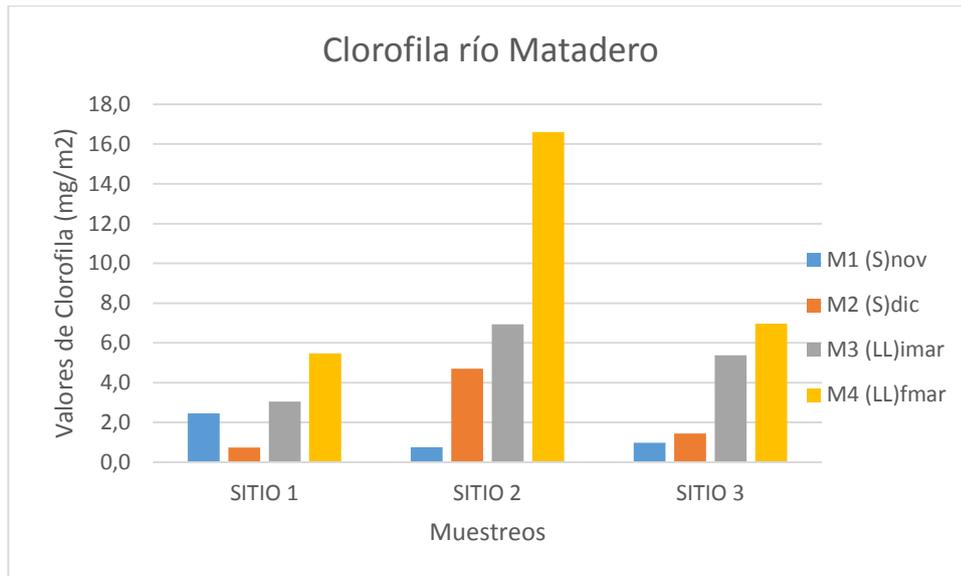
### 2.2.2 Clorofila

Los resultados de concentración de clorofila-*a* para el río Ishcayrumi-Yanuncay en los 3 sitios de muestreo presentaron variaciones entre las temporadas seca y lluviosa (Figura 5). En el Sitio 1 el valor máximo observado fue a inicios del mes de marzo (6,72 mg/m<sup>2</sup>) y el valor mínimo en el mes de noviembre (0,02 mg/m<sup>2</sup>). En el Sitio 2 los valores de clorofila-*a* variaron desde un máximo en el mes de noviembre (4,72 mg/m<sup>2</sup>) y un mínimo en diciembre (1,49 mg/m<sup>2</sup>); en el Sitio 3 se presentó un máximo de clorofila-*a* a inicios del mes de marzo (5,75 mg/m<sup>2</sup>) y un mínimo en diciembre (1,46 mg/m<sup>2</sup>). Aunque no hay un patrón muy evidente, parece que durante los muestreos secos se presentan valores de clorofila más bajos, sobre todo en el mes de diciembre (Figura 5).



**Figura 5.** Concentraciones de *clorofila-a* en el río Ishcayrumi-Yanuncay. Donde M1, M2, M3 y M4 representan los periodos de muestreo en noviembre, diciembre y marzo en época seca y de lluvia.

Los resultados de concentración de *clorofila-a* para el río Matadero en los 3 sitios de muestreo presentaron variaciones entre las temporadas seca y lluviosa (Figura 6). En el Sitio 1 el valor máximo observado fue a inicios del mes de marzo ( $5,5 \text{ mg/m}^2$ ) y el valor mínimo en el mes de diciembre ( $0,7 \text{ mg/m}^2$ ); en el Sitio 2 los valores de *clorofila-a* variaron desde un mínimo en el mes de noviembre ( $0,7 \text{ mg/m}^2$ ) a un máximo en el mes de marzo ( $16,6 \text{ mg/m}^2$ ); en el Sitio 3 se presentó un máximo de *clorofila-a* a inicios del mes de marzo ( $7,0 \text{ mg/m}^2$ ) y un mínimo en noviembre ( $1,0 \text{ mg/m}^2$ ). En este caso un patrón de valores bajos de *clorofila* en los muestreos más secos (noviembre y diciembre) se hace más evidente en los tres sitios estudiados (Figura 6).



**Figura 6.** Concentraciones de *clorofila-a* en el río Matadero Donde M1, M2, M3 y M4 representan los periodos de muestreo en noviembre, diciembre y marzo en época seca y de lluvia.

En la Tabla 6 de concentraciones de *clorofila a* se observa que en el río Ishcayrumi-Yanuncay el sitio 3 presenta una mayor concentración de *clorofila a* con un promedio de 3,9 mg/m<sup>2</sup>, y en los sitios 1 y 2 con 2,9 y 3,6 mg/m<sup>2</sup> respectivamente. Para el río Matadero el sitio 2 es el que presenta mayor concentración con 7,2 mg/m<sup>2</sup>, el sitio 3 con 3,7 mg/m<sup>2</sup> y el sitio 1 con 2,9 mg/m<sup>2</sup>. El promedio total de *clorofila a* para la cuenca del río Iscayrumi-Yanuncay es menor (3,5 mg/m<sup>2</sup>) que para el río Matadero (4,6 mg/m<sup>2</sup>) encontrando ligeramente una mayor cantidad de *clorofila a* para esta cuenca.

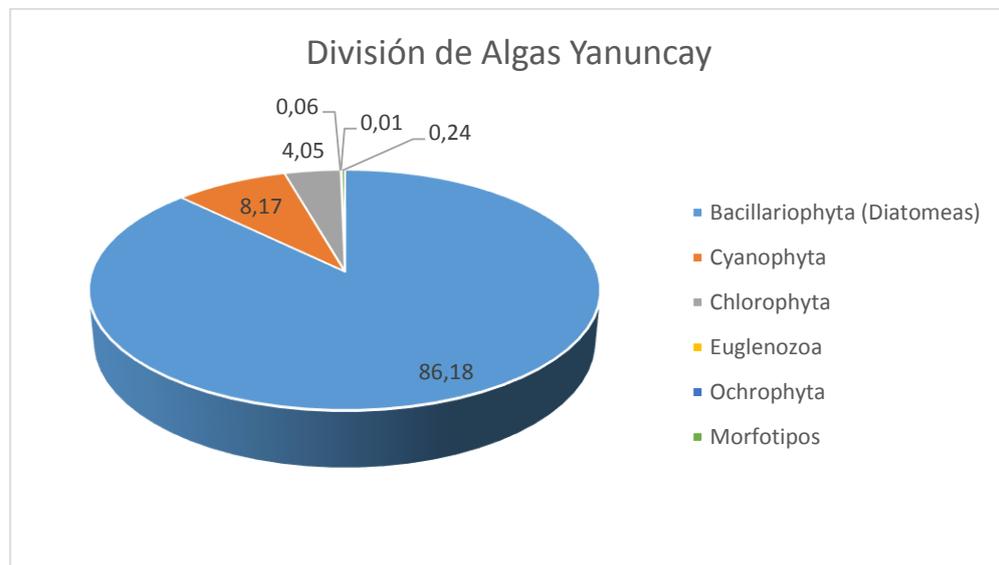
**Tabla 6.** Concentraciones de *Clorofila a* de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero

	Ishcayrumi-Yanuncay (mg/m <sup>2</sup> )			Matadero (mg/m <sup>2</sup> )		
	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
<b>Sitio 1</b>	0,02	6,7	2,9	0,7	5,5	2,9
<b>Sitio 2</b>	1,5	4,7	3,6	0,7	16,6	7,2
<b>Sitio 3</b>	1,5	5,8	3,9	1,0	7,0	3,7
<b>Total</b>	1,0	5,7	3,5	0,8	9,7	4,6

### 2.2.3 Composición y División de algas perifíticas en los ríos

Los resultados de las muestras procesadas indican que el componente algal está integrado por una comunidad de organismos pertenecientes a las siguientes divisiones taxonómicas: *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenozoa*, *Ochrophyta* y *Dinophyta* (Anexo 3).

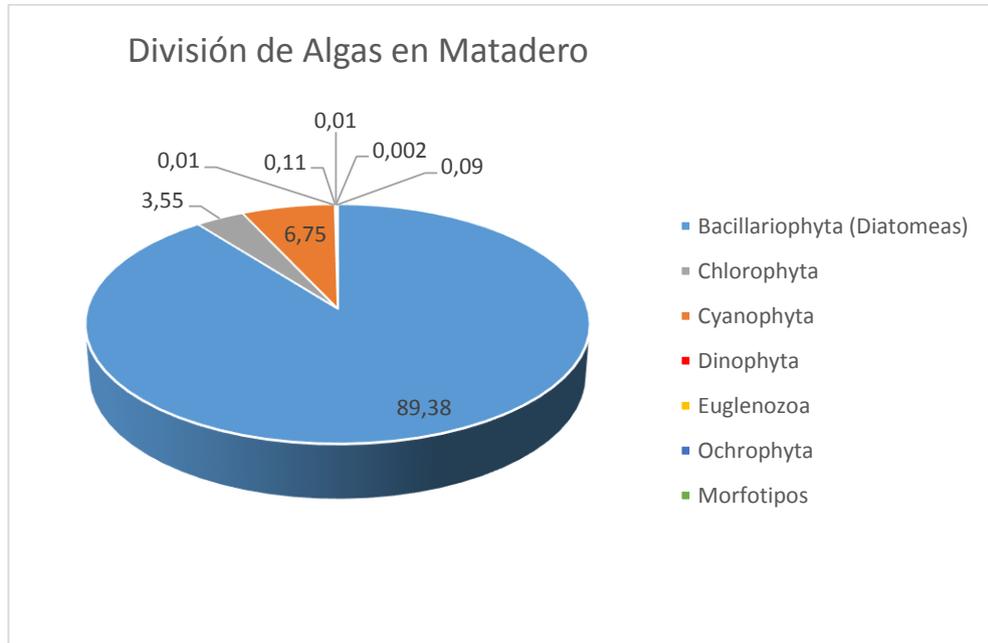
En la Figura 7 se observa la composición de las algas perifíticas de la cuenca del río Ishcayrumi-Yanuncay en donde *Bacillariophyta* (diatomeas) es la división que presentó el mayor número de géneros (41 géneros) del total de géneros, seguido por *Cyanophyta* (15 géneros), *Chlorophyta* (11 géneros), *Euglenozoa* (3 géneros), *Ochrophyta* (2 géneros), y Morfotipos (14 géneros). En términos de abundancia la composición de algas perifíticas mostró que la división *Bacillariophyta* dominó con un 86% de la abundancia total de algas, luego *Cyanophyta* con 8,2% y *Chlorophyta* con 4,05%, el resto de las divisiones mostró menos del 1% de la abundancia total de algas.



**Figura 7.** Composición de algas perifíticas en el río Ishcayrumi-Yanuncay

En el río Matadero la división *Bacillariophyta* (diatomeas) presentó el mayor número de géneros (38 géneros) del total, seguido por *Cyanophyta* (13 géneros), *Chlorophyta* (12 géneros), *Euglenozoa* (2 géneros), Morfotipos (20 géneros), *Ochrophyta* (2 géneros), *Dinophyta* (1 género). En términos de abundancia la composición de algas perifíticas mostro que la división *Bacillariophyta* domino con un 89% de la abundancia

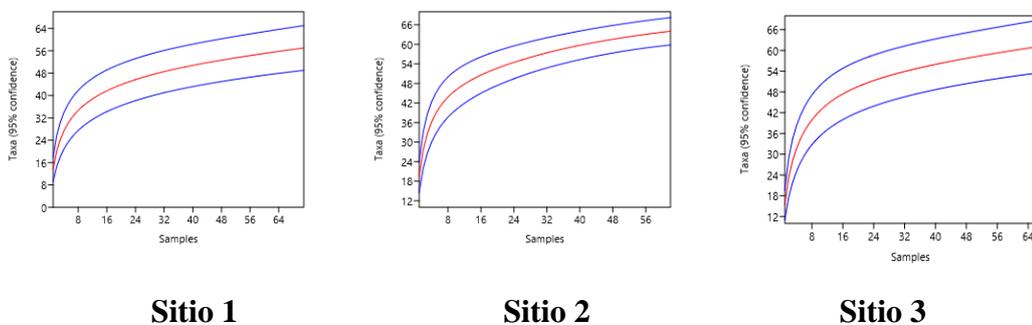
total de algas, seguido de *Cyanophyta* con el 7% y *Chlorophyta* con el 4%, el resto de las divisiones mostro menos del 1% de la abundancia total de algas.



**Figura 8.** Composición de algas perifíticas en el río Matadero

### 2.2.4 Estimación de la Riqueza

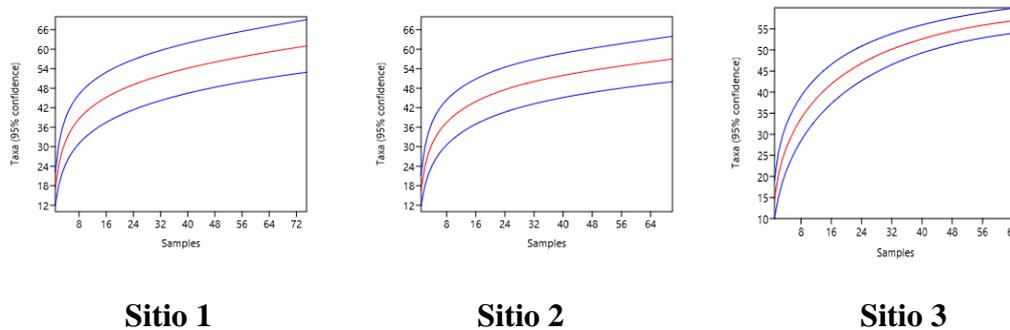
La Figura 9 representa la curva de acumulación de géneros estimada por el procedimiento de rarefacción por sitio muestreado en el río Ishcayrumi-Yanuncay con un intervalo de confianza del 95%; se observa que el número de géneros estimados entre los sitios es similar. Se estimó una riqueza de acuerdo al índice de Chao-1 de 67 géneros de algas perifíticas para el Sitio 1, 57 en el Sitio 2 y 61 para el Sitio 3.



**Figura 9.** Curvas de acumulación de géneros por rarefacción por sitio del río Ishcayrumi-Yanuncay (líneas azules indican el intervalo de confianza 95%)

La Figura 10 presenta la riqueza de géneros por cada sitio muestreado del río Matadero mediante las curvas de rarefacción con intervalos de confianza del 95%; se observa que existe similitud entre el número de géneros estimados. Se estimó una riqueza de acuerdo al índice de Chao-1 de 61 géneros de algas perifíticas para el sitio 1 y para los sitios 2 y 3 presentaron 57 géneros de algas, respectivamente.

Las curvas de riqueza estimadas van en aumento, lo que indica que si incrementamos el número de muestras es posible que la riqueza de géneros de algas perifíticas en estos cursos de agua sea mayor a la registrada en este estudio.



**Figura 10.** Curvas de acumulación de géneros por rarefacción por sitio del río Matadero (líneas azules indican el valor de confianza 95%)

**2.2.5 Diversidad y Riqueza**

En la Tabla 7 se muestran los valores de riqueza y de diferentes índices de diversidad de los sitios muestreados de Ishcayrumi-Yanuncay. El índice Fisher- $\alpha$  nos indica que en el Sitio 2 hay mayor diversidad y riqueza que en los Sitios 1 y 3. El índice de Shannon muestra valores ligeramente más altos en el Sitio 2, mientras que Simpson no muestra diferencias importantes entre los sitios muestreados.

**Tabla 7.** Valores de riqueza, diversidad y equidad del río Ishcayrumi-Yanuncay

Sitios	Riqueza Observada	Fisher - $\alpha$	Shannon H'	Simpson
1	56	3,52	2,80	0,89
2	64	4,02	2,83	0,88
3	54	3,09	2,69	0,91

Aunque los valores de los índices de diversidad no son tan altos en el río Matadero, se observa que el Sitio 2 tiene valores más altos de diversidad y riqueza como indica el índice de Shannon, Fisher- $\alpha$  y Simpson en comparación a los otros dos sitios (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de riqueza, diversidad y equidad del río Matadero

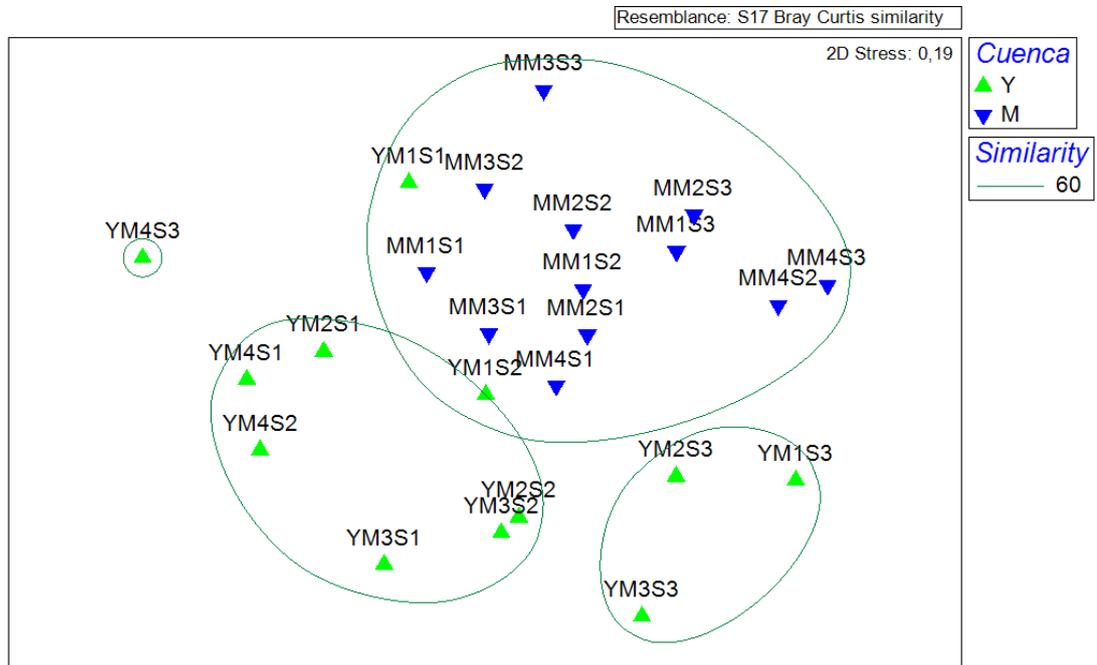
Sitios	Riqueza Observada	Fisher - $\alpha$	Shannon H'	Simpson
1	61	3,67	2,63	0,88
2	65	4,03	2,85	0,91
3	59	3,66	2,72	0,88

El análisis de similitud SIMPER, presentó el porcentaje de contribución de cada género en los ríos y sitios de muestreo. En Ishcayrumi-Yanuncay los géneros que contribuyen más a la separación de los grupos fueron: *Achnantheidium* (15,33%); *Gomphonema* (10,98%); *Navicula* (8,41%); *Nitzschia* (7,92%); *Tabellaria* (7,18%); *Synedra* (4,31%); *Fragilaria* (3,84%); *Cosmarium* (3,72%); *Ceratoneis* (3,25%); *Oscillatoria* (3,18%) y *Pinnularia* (3,09%).

En el río Matadero los géneros más influyentes fueron: *Achnantheidium* (14,22%); *Navicula* (10,72%); *Synedra* (9,83%); *Fragilaria* (7,7%); *Tabellaria* (7,25%); *Cymbella* (7,23%); *Gomphonema* (4,72%); *Nitzschia* (4,69%); *Diatoma* (4,57%); *Oscillatoria* (4,05%) y *Encyonema* (3,76%) (Anexo 6).

El análisis NMDS permitió identificar tres asociaciones. La asociación I conformada por los sitios 1, 2 y 3 de los cuatro muestreos (MM1S1, MM2S1, MM3S1, MM4S1, MM1S2, MM2S2, MM3S2, MM4S2, MM1S3, MM2S3, MM3S3, MM4S3) del río Matadero, e incluye los sitios 1 y 2 del primer muestreo (YM1S1, YM1S2) del río Ishcayrumi-Yanuncay. La asociación II, se muestra los sitios 1 y 2 del segundo, tercer y cuarto muestreo (YM2S1, YM3S1, YM4S1, YM2S2, YM3S2, YM4S2) del río Ishcayrumi-Yanuncay. En la asociación III, el agrupamiento del sitio S3 del muestreo 1, 2 y 3 (YM1S3, YM2S3, YM3S3) del río Ishcayrumi-Yanuncay. Finalmente la muestra YM4S3, se aparece con un comportamiento totalmente distinto al resto de los

grupos, se muestra distante de las demás asociaciones, lo que indica que su composición taxonómica difiere significativamente de los demás sitios (Figura 11).



**Figura 11.** Representación del análisis descriptivo multivariado no paramétrico de Escalamiento Multidimensional no Métrico NMDS para la composición de la comunidad de algas (Nomenclatura: YMS o MMS, Y/M nombre de la microcuenca,  $M_{(n^{\circ})}$  número de muestreo,  $S_{(n^{\circ})}$  sitio al que pertenece).

### 2.2.6 Relación de las variables ambientales con la composición de la comunidad (CCA)

En un primer análisis se incluyeron todas las variables biológicas dando un total de 121 géneros, pero al visualizar que los primeros componentes explicaban un porcentaje de varianza total muy bajo, se procedió a limpiar la matriz de datos originales para una mejor interpretación visual y espacial, así se consideraron los géneros de mayor importancia con mayor frecuencia de aparición, es decir, los porcentajes mayores de género y abundancia, donde el criterio para la inclusión es que la abundancia promedio debía ser mayor a 1%.

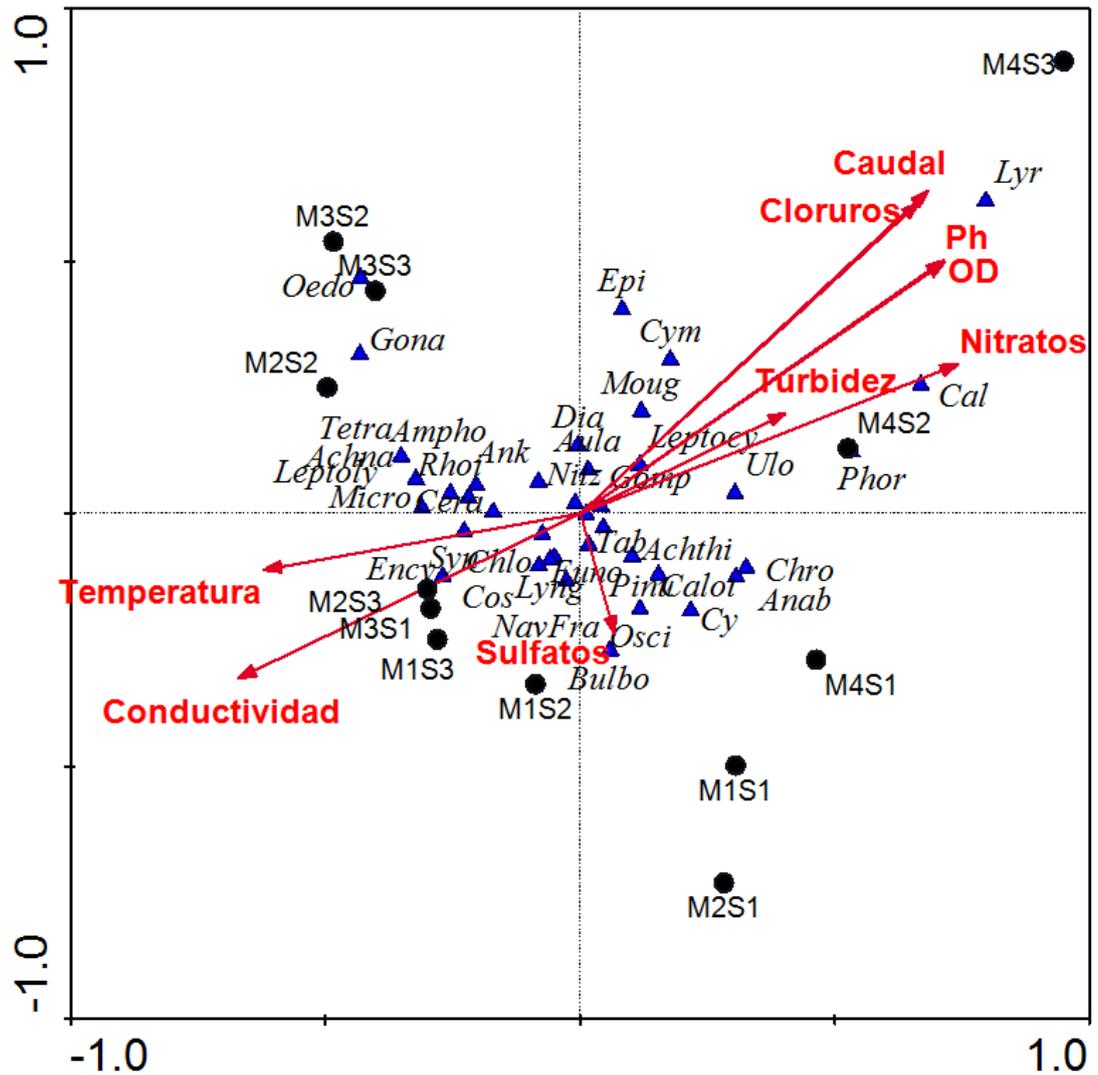
En total 48 variables biológicas (géneros) cumplieron con los aspectos antes mencionados para ambos ríos (Anexo 7), estas son: *Achnanthes*, *Achnanthidium*, *Amphipecta*, *Amphora*, *Anabaena*, *Ankistrodesmus*, *Aulacoseira*, *Bulbochaete*, *Caloneis*, *Calothrix*, *Ceratoneis*, *Chlorococcum*, *Chroococcus*, *Coleochaete*, *Cosmarium*, *Cyclotella*, *Cymbella*, *Diatoma*, *Encyonema*, *Epithemia*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Gonatozygon*, *Leptocylindrus*, *Leptolyngbya*, *Lyngbya*, *Lyrella*, *Melosira*, *Microspora*, *Mougeotia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Oedogonium*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Pinnularia*, *Pseudanabaena*, *Rhoicosphenia*, *Rivularia*, *Scenedesmus*, *Spirulina*, *Stigeoclonium*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Tetraedron*, *Ulothrix*. Sin embargo, al realizar los análisis por separado, para el río Ishcayrumi-Yanuncay se tomaron en cuenta 39 variables y para el río Matadero 33 variables biológicas.

En la Tabla 9 se observa los resultados obtenidos al realizar el CCA para los datos del río Ishcayrumi- Yanuncay, donde se observa que los dos primeros ejes explican un 58,4% de la varianza total. De igual manera, se observa que la correlación especies-variables ambientales es alta en los dos primeros componentes. El test de Montecarlo resultó ligeramente no significativo ( $p=0.054$ ), por lo no se pudo demostrar que los valores de las especies son una combinación lineal de las variables ambientales. De todos modos, se analizará el resultado gráfico debido a que el valor de significancia estuvo muy cercano a rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 9.** Análisis de correspondencia canónica entre la densidad de algas perifíticas en respuesta a los parámetros ambientales evaluados río Ishcayrumi-Yanuncay

Ejes	1	2	Inercia Total
Autovalores ( $\lambda$ )	0.187	0.094	0.695
Correlación Especies – Var. Ambientales	0.991	0.957	
Inercia Restringida	37.5	18.9	
% Varianza Acumulada, relación algas perifíticas-ambiente	37.5	56.4	
Test de significancia de todos los ejes canónicos	F-ratio= 1.447 Permutaciones de Montecarlo	p-valor= 0.054 945	

La Figura 12 muestra los resultados del CCA para la cuenca del río Ishcayrumi-Yanuncay. En general el eje 1 está principalmente representado de forma positiva por las variables ambientales Nitratos y Turbidez y de forma negativa por la temperatura y la conductividad. En el eje 2 se asocian de forma positiva el caudal y los cloruros y de forma negativa los valores de sulfatos. En general se puede observar que los muestreos de la época de lluvia (M4) y sitio 3 (S3) ubicados a la derecha y cuadrante superior presentan valores más elevados de caudal, nitratos y turbidez. Mientras que los muestreos en el sitio 1 independientemente de la época de muestreo tienden a presentar valores bajos de caudal pero altos de sulfatos y se ubican el cuadrante inferior derecho. En cuanto a los géneros de algas destacamos que *Lyrella*, *Calloneis* y *Phormidium* parecen preferir sitios con elevado caudal, aguas bien oxigenadas y valores altos de nitratos; mientras que *Oedogonium* y *Gonatozygon* prefieren aguas con elevado caudal pero con bajos a medios valores de nitrato y condiciones de turbidez. La mayoría de los géneros se ubican en una posición central en el diagrama indicando que tienen preferencias por condiciones intermedias de la mayoría de los parámetros ambientales incluidos en el análisis.



**Figura 12.** Diagrama de ordenación (triplot) obtenido por el Análisis de Correspondencia Canónica sobre los datos del río Ischcayrumi-Yanuncay donde se muestra la posición de las especies (triángulos azules), los sitios (círculos negros) y las variables ambientales (flechas de color rojo). Los ejes F1 y F2 explican un 56.4% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales. Las abreviaturas de los géneros se explican en el Anexo 8.

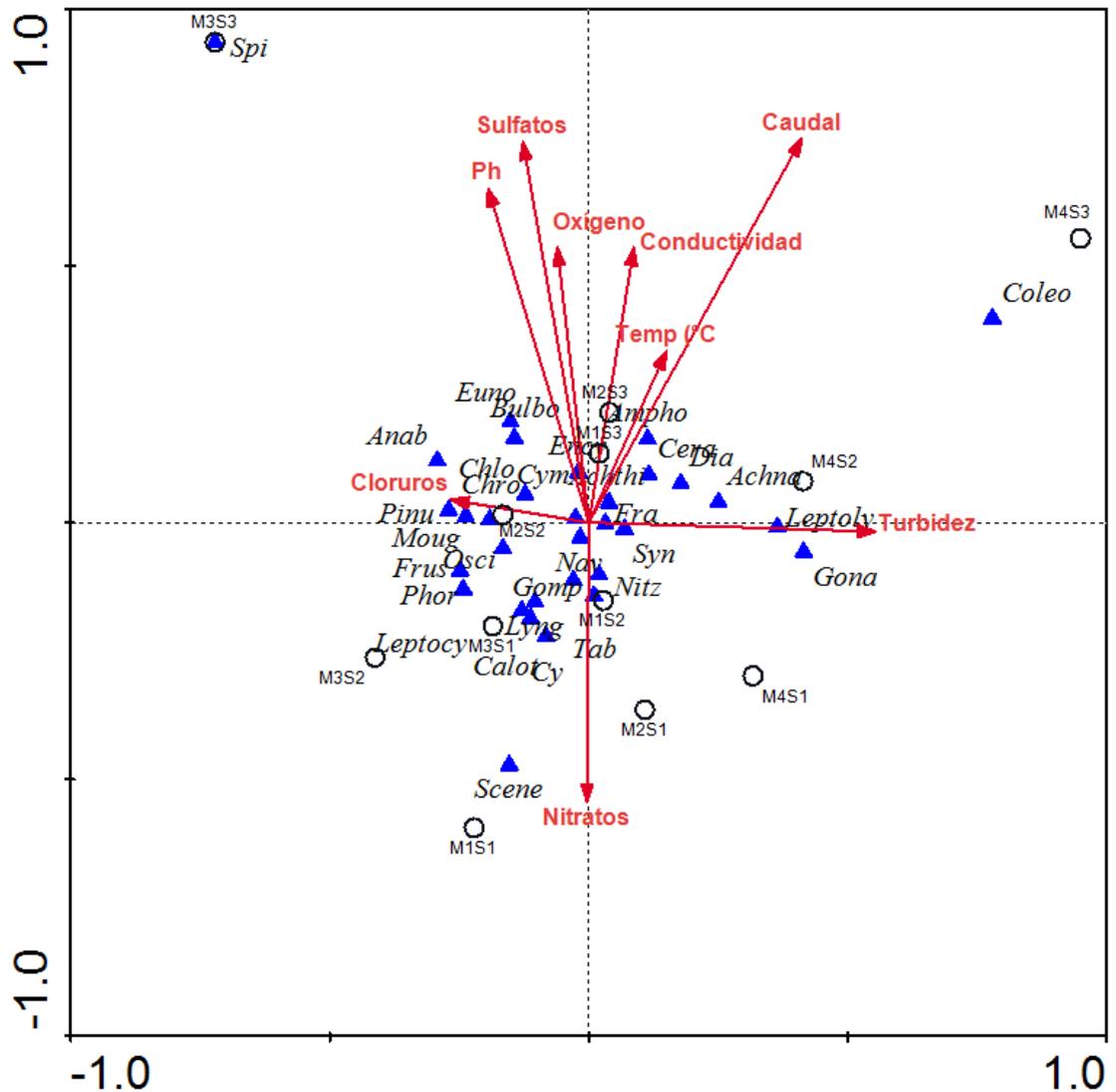
En la Tabla 10 se observan los resultados del CCA para los datos del río Matadero, donde observamos que en los dos primeros ejes de ordenación canónica se explica un 55.1% de la varianza total de la relación entre las especies y las variables ambientales. Los valores de la correlación entre las especies y las variables fue bastante alto tanto para el eje 1 (0.982) como para el eje 2 (0.975). En este caso se obtuvo un nivel de significancia  $p=0.0026$  en el test de Montecarlo por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta que las especies son combinaciones lineales de las variables ambientales.

**Tabla 10.** Análisis de correspondencia canónica entre la densidad de algas perifíticas en respuesta a los parámetros ambientales evaluados río Matadero

Ejes	1	2	Inercia Total
Autovalores ( $\lambda$ )	0.16	0.11	0.536
Correlación Especies – Var. Ambientales	0.982	0.975	
Inercia Restringida	32.5	22.6	
% Varianza Acumulada, relación algas perifíticas-ambiente	32.5	55.1	
Test de significancia de todos los ejes canónicos	F-ratio= 2.137 Permutaciones de Montecarlo	p-valor= 0.026 999	

La Figura 13 representa al diagrama de ordenación canónico donde se observa que la variable Turbidez se asocia positivamente y la variable cloruros negativamente al eje 1. Por su parte, las variables caudal, sulfatos y pH se asocian positivamente al eje 2, mientras que los nitratos se asocian negativamente a este eje. Los muestreos del mes de marzo (M4) aparecen hacia el extremo derecho (superior e inferior) del espacio bidimensional lo que nos indica que durante este muestreo los valores altos de turbidez, mientras que el resto de los muestreos y sitios se ubican hacia el centro o izquierda del eje indicando valores más bajos de turbidez. En general la mayoría de los sitios muestran valores medios de todas las variables, sin embargo se resalta al sitio M1S1 con valores altos de nitratos y bajos de caudal, sulfatos y pH. En cuanto a los géneros se observa un patrón similar al observado en el río Yanuncay, la mayoría de los géneros prefieren aguas con valores intermedios de la mayoría de las variables ambientales y se ubican en el centro del diagrama. Algunas, excepciones son el género *Coleochaete* el cual se ubica en el cuadrante superior derecho del diagrama indicando que los organismos de este género prefieren aguas más turbias, más caudalosas, con mayor

contenido de sulfatos y bajas concentraciones de nitratos. Mientras que *Scenedesmus* se ubica en la parte media e inferior del diagrama indicando que prefiere condiciones de mayor concentración de nitratos, pero bajos caudales y sulfatos. Similarmente, la cianofita *Spirulina* con ubicación en el cuadrante superior izquierdo nos indica que prefiere condiciones de alto caudal, baja turbidez y bajos contenidos de nitratos.



**Figura 13.** Diagrama de ordenación (triplo) obtenido por el Análisis de Correspondencia Canónica sobre los datos del río Matadero donde se muestra la posición de las especies (triángulos azules), los sitios (círculos blancos) y las variables ambientales (flechas de color rojo). Los ejes F1 y F2 explican un 55.1% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales. Las abreviaturas de los géneros se explican en el Anexo 8.

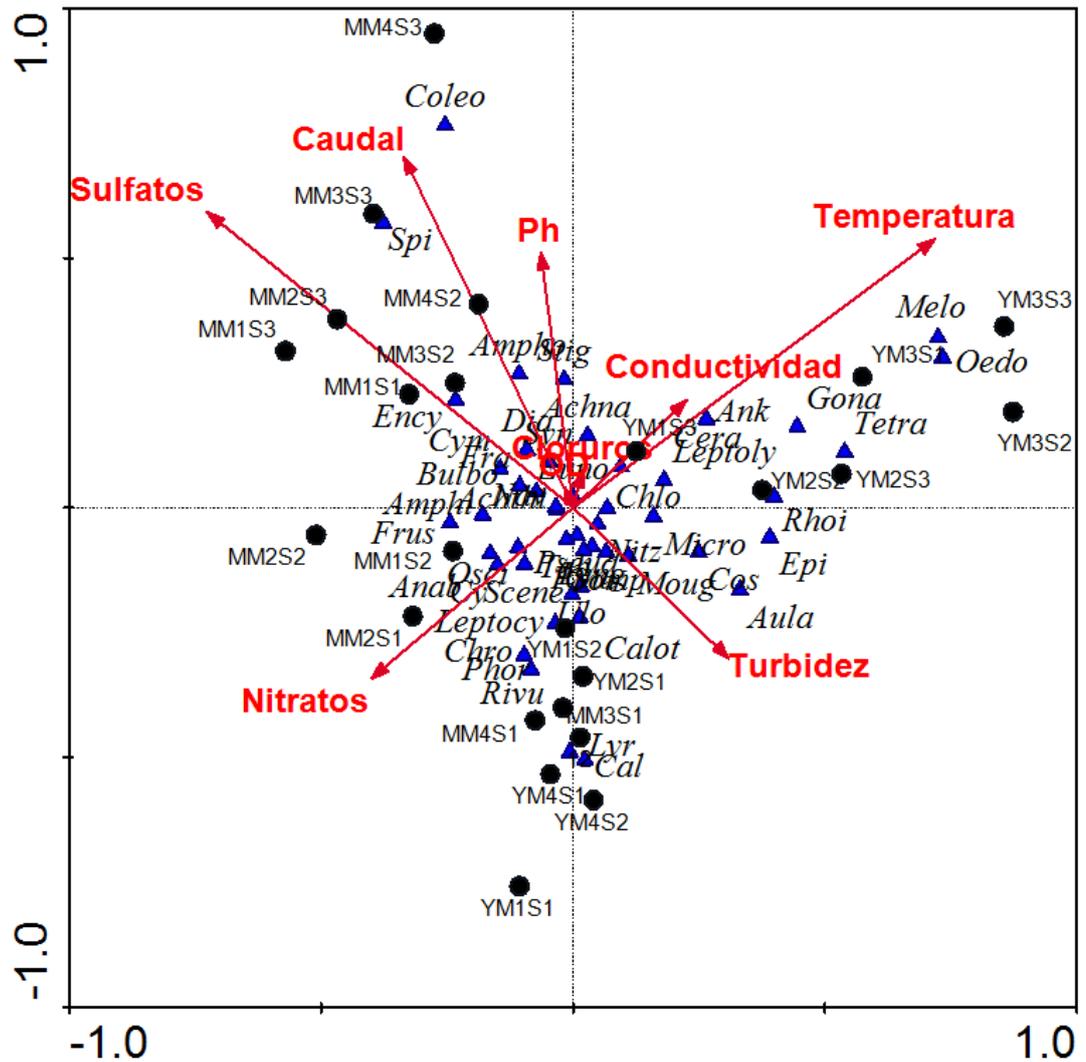
En la Tabla 11 se presentan los resultados del CCA combinando los datos de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero. Se observa que los dos primeros ejes explican una varianza del 46,2% y que la correlación entre las especies y las variables ambientales, aunque con los dos primeros ejes es un poco menor a la registrada para los ríos por separado, pero es de igual manera relativamente alta. El test de Montecarlo resultó significativo ( $p=0.001$ ) de tal modo que podemos aceptar que las especies presentan una combinación lineal con las variables ambientales.

**Tabla 11.** Análisis de correspondencia canónica entre la densidad de algas perifíticas en respuesta a los parámetros ambientales evaluados de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero.

Ejes	1	2	Inercia Total
<b>Autovalores (<math>\lambda</math>)</b>	0.131	0.111	1.000
<b>Correlación Especies – Var. Ambientales</b>	0.955	0.854	
<b>Inercia Restringida</b>	25.0	21.2	
<b>% Varianza Acumulada, relación algas perifíticas-ambiente</b>	25.0	46.2	
<b>Test de significancia de todos los ejes canónicos</b>	<b>F-ratio= 1.695</b> <b>Permutaciones de Montecarlo</b>	<b>p-valor= &lt;0.001</b> 999	

La figura 14 muestra un diagrama de ordenación un poco más complejo que los dos casos individuales. Las variables positivamente asociadas al eje 1 resultaron la temperatura, conductividad y turbidez y negativamente los nitratos y los sulfatos. Al eje 2 se asocian positivamente el caudal y el pH. En el diagrama se observa una clara separación de los sitios de muestreo de los ríos Matadero y Yanuncay (Ishcayrumi) y los muestreos realizados en cada sitio. De tal modo que la mayoría de los sitios de muestreo del río Matadero se ubican a la izquierda del diagrama, mientras que los del río Yanuncay se observan a la derecha del diagrama. Claramente el río Matadero presenta mayores valores de sulfatos, nitratos y caudales pero menores temperaturas y turbidez. Por el contrario, los sitios del río Yanuncay muestran mayores valores de temperatura y turbidez y menores valores sulfatos, nitratos y caudal. Adicionalmente, tomando en consideración al eje 2 se observa la separación de los sitios de muestreo en sentido vertical del eje. Los muestreos del sitio 3 de ambas microcuencas se ubican en la parte superior del diagrama, mientras que S1 y S2 se ubican en la parte inferior. Esto indica que los muestreos en el sitio S3 presentan mayores caudales y pH.

Nuevamente la mayoría de los géneros ocupan la parte central del diagrama indicando preferencias por condiciones medias de las variables, pero destacan *Coleochaete* y *Spirulina* ubicados en el cuadrante superior izquierdo que prefieren aguas caudalosas, frías, poco turbias y con moderadas concentraciones de nitratos. Mientras que *Melosira*, *Oedogonium*, *Gonatozygon* y *Tetraedron*, ubicados en el cuadrante superior derecho, prefieren aguas con mayor turbidez y temperatura, caudales intermedios a altos y bajas concentraciones de sulfatos y nitratos. Finalmente, *Lyrella* y *Caloneis* ubicados en la parte inferior y central del diagrama parecen preferir condiciones de poco caudal y valores medios de sulfatos, nitratos, turbidez y temperatura.



**Figura 14.** Diagrama de ordenación (triplo) obtenido por el Análisis de Correspondencia Canónica sobre los datos conjuntos de los ríos Yanuncay y Matadero donde se muestra la posición de las especies (triángulos azules), los sitios (círculos negros) y las variables ambientales (flechas de color rojo). Los ejes F1 y F2 explican un 46.2% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales. Las abreviaturas de los géneros se explican en el Anexo 8.

### CAPITULO 3

#### DISCUSIÓN

El Análisis de Componentes Principales (ACP) redujo la dimensionalidad del conjunto de datos de las variables físico-química de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero, para encontrar los factores que mejor explican los cambios espaciales y temporales en los sitios muestreados en el PNC. Es así que al comparar los valores de las variables físico-químicas de los ríos, se pueden identificar cambios significativos entre las variables: caudal, sulfatos, turbiedad y conductividad; se observa también un marcado aumento o disminución de las variables entre la época de lluvia y la época seca, es decir condicionado por el clima local (Martínez & Donato, 2003).

El análisis del CCA de los datos separados para cada microcuenca permitió evidenciar patrones de ordenaciones tanto espaciales como temporales de los sitios de muestreo. Las variables ambientales que mejor explican estos patrones son el caudal, la turbidez, los sulfatos y los nitratos. Al analizar en conjunto los datos para ambas microcuencas los resultados obtenidos del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se observa una importante diferencia en la composición espacial de la comunidad de algas en ambas microcuencas. En este análisis se pudo observar una clara separación entre los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero, que si bien comparten ciertas similitudes geográficas y morfológicas, la composición física, química y biológica difiere de manera importante entre los dos, tal como se observó en los distintos análisis de correlación entre las variables físico-químicas, biológicas y sitios de muestreo. Las variables que mayormente explican las diferencias en la composición de la comunidad de algas perifíticas en ambas microcuencas fueron el caudal, la temperatura, turbidez, sulfatos y nitratos. Estas variables ambientales han sido reportadas como controladoras importantes de las comunidades de algas bentónicas en los ríos (Alan y Castillo 2007). El caudal puede tener tanto un efecto benéfico como negativo sobre las comunidades de algas bentónicas (respuesta compensatoria) (Biggs et al. 1998). El flujo puede renovar y suministrar nutrientes y gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) pero también puede tener un efecto abrasivo sobre los sustratos provocando el desalojo y remoción de las comunidades de

algas bentónicas. La forma de crecimiento y la arquitectura de las comunidades de algas perifíticas pueden determinar la respuesta de estas a ambos factores. Muchas especies se han encontrado ocupando lugares específicos de regímenes de flujo. Bajo velocidades de corriente elevada las formas unicelulares son representadas por diatomeas adherentes pequeñas que se adhieren firmemente al sustrato (Stevenson 1996).

La afinidad de los géneros de algas por los parámetros físico-químicos como Temperatura (°C), Conductividad ( $\mu\text{s}$ ), Nitratos (ppm), Oxígeno Disuelto (mg/l), pH, Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), Sulfatos (ppm), Turbiedad (NTU) y Cloruros (ppm), se ve reflejada en la distribución espacio-tiempo de los géneros en cada sitio y según el muestreo del CCA. Por lo que se distinguen algunos géneros más separados de los otros como: *Lyrella*, *Caloneis*, *Oedogonium*, *Coleochaete*, *Spirulina*, *Melosira*, *Phormidium*, entre otros. Esta particularidad se debe a que los conjuntos de algas se asocian a un sustrato, sus características se ven afectadas por disturbios físicos, químicos y biológicos que ocurren en el tramo de un río durante el tiempo de desarrollo del ensamblaje (De la Parra & Rodelo, 2012). En el río Matadero la temperatura varía entre 10 a 15 °C y en Ishcayrumi-Yanuncay de 10 a 17 °C lo que significa que las algas que se muestrearon se encuentran en condiciones óptimas para desarrollarse, es así que se presentó gran abundancia de diatomeas en ambos ríos. La luz y la temperatura están estrechamente relacionadas en términos de productividad de ecosistemas acuáticos (Neiff et al., 2013), la temperatura no es determinada únicamente por la altitud o la temperatura del aire, pero algunas de ellas pueden ser debido a las diferencias en las características del sitio tales como la insolación y/o pérdida de calor por evaporación (Jacobsen, 2008). Las algas están en condiciones de crecer entre límites térmicos bastante amplios, algunos grupos como diatomeas crecen en el rango entre 5 y 20°C, algunas desmidiáceas y crisofíceas entre 15 y 30°C, la mayoría de cianobacterias son termófilas y prefieren temperaturas por encima de los 30°C (Neiff et al., 2013). Según Jacobsen, (2008) en corrientes del páramo ecuatoriano la amplitud de los cambios de temperatura en un período de 24 horas es bastante pequeña, pero sin embargo, supera la variación anual limitada de la temperatura media mensual.

El pH de los sitios estudiados es básico (7,37 a 8,37) y es aquí en donde mejor se desarrollan las comunidades de perifiton, ya que bajo estas condiciones los nutrientes

están más disponibles al igual que los carbonatos y bicarbonatos que son fuente de dióxido de carbono en el agua (De la Parra & Rodelo , 2012).

El aumento de caudal en el mes de marzo (M3 y M4) a medida que las lluvias se incrementaban implica un arrastre diferencial de sedimentos, variación en la capacidad de dilución y en la dinámica del río. Esto trajo como consecuencia un cambio en la composición de algas en ambas microcuencas. Como ya comentamos, el caudal es una variable muy influyente que se relaciona directamente con el tamaño, fijación, crecimiento y estabilidad física de las algas perifíticas (Montoya et al. , 2008; Aguirre & Montoya, 2013).

La variación de la abundancia total entre las microcuencas Ishcayrumi-Yanuncay ( $6,22 \times 10^8$ ) y Matadero ( $5,54 \times 10^8$ ) es menor a la observada entre los sitios de cada microcuenca. El sitio 1 del río Matadero supera a los sitios dos y tres con una diferencia de 0,79 y 0,96 respectivamente; el sitio 1 del río Matadero es el que menos presión antrópica presentó y con el menor caudal de los tres sitios. En los puntos de monitoreo del río Ishcayrumi-Yanuncay la diferencia es mayor, el sitio 3 supera a los sitios 1 y 2 con 2,65 y 2,47 respectivamente. En este caso el sitio 3 en ambas microcuencas presentó mayor presión antrópica, pues cerca del mismo fue posible constatar actividades de pastoreo y mayor actividad de transeúntes. Esto permitió identificar que tanto la corriente como el estado de conservación de un sitio, son factores que pueden influir en la abundancia.

En este trabajo se identificaron 70 géneros en cada río, pero el río Ishcayrumi-Yanuncay posee 16 géneros que lo distinguen totalmente del río Matadero con 15 géneros, donde la mayoría de ellos pertenecen a la división de *Bacillariophyta* (Diatomeas), quien predomina en Matadero con 89% y Ishcayrumi-Yanuncay con un 86 % de la división taxonómica de algas. Las diatomeas son las más representativas en este tipo de ambiente fluvial debido a que poseen un exoesqueleto de sílice, el cual es un elemento abundante en la mayoría de las corrientes de agua (Moschini, 1996); y es gracias a su adaptabilidad a diferentes ecosistemas que son utilizadas como indicadoras de condiciones ambientales (Díaz-Quirós, 2004). También pueden responder sensiblemente a cambios físicos, químicos y biológicos que se producen en el entorno (López & Siqueiros, 2011).

Debido a la ubicación en la zona central de los diferentes diagramas de ordenación canónica, la mayoría de los géneros de algas perifíticas para ambos ríos parecen comportarse como generalistas ya que tienen una amplia preferencia y pueden desarrollarse en una extensa gama de condiciones ambientales. Sin embargo, algunos géneros como *Lyrella*, *Oedogonium*, *Gonatozigon* y *Caloneis* aparecen con una ubicación en la periferia del diagrama de ordenación CCA practicado en el río Ishcayrumi-Yanuncay, lo que nos puede indicar que estos géneros poseen alguna especialidad en sus preferencias ambientales. En el diagrama del río Matadero el género *Coleochaete* se desarrolla mejor en sitios con mayor caudal y turbidez pero con menor cantidad de nitratos. Por su parte, *Spirulina* parece requerir menor cantidad de turbidez y nitratos y en mayor cantidad caudal, oxígeno disuelto y sulfatos; y *Scenedesmus* se desarrolla mejor en aguas con niveles altos de nitratos y menor cantidad de caudal, oxígeno disuelto y sulfatos. Para el análisis de ambos ríos se observa una clara separación de estos en donde *Coleochaete* y *Spirulina* se desarrolla mejor en un ambiente con mayor caudal y menor contenido de nitratos en el río Matadero; y los géneros *Oedogonium*, *Melosira* y *Tetraedron* parecen preferir temperaturas un poco más altas, mayor caudal y menor cantidad de nitratos; mientras que *Caloneis* y *Lyrella* muestran sus óptimos en ambientes con mayor cantidad de nitratos y menor caudal. Ramírez y Viña (1998) han indicado que las Cianophytas son más generalistas y poseen rangos intermedios de tolerancia ambiental. Por su parte, las Chlorophytas, contrario a las cianofíceas, poseen las tolerancias más estrechas y son favorecidas por el incremento de fósforo. En cuanto a las Bacillariophytas se plantea que su comportamiento responde específicamente a nivel de especie, por lo que es complicado realizar generalizaciones dentro de este grupo.

Se ha sugerido que los métodos de evaluación de calidad del agua utilizando las diatomeas se fundamentan en las identificaciones a nivel de género, porque existe una considerable similitud en las características ecológicas de las especies dentro de un mismo género. En nuestro estudio el género *Achnantheidium* mostró un amplio rango de tolerancia a diferentes condiciones ambientales y así se explica su mayor abundancia y su presencia tanto en Ishcayrumi-Yanuncay como en Matadero. Ponader & Potapova (2007) indican en su estudio que varias especies del género *Achnantheidium* que habitan en aguas de una misma zona geográfica (los Apalaches

Americanos) son diferentes en algunos aspectos de su ecología. Aunque la mayoría de los representantes tienen una tendencia a producirse en el ambiente de bajo contenido de nutrientes, los rangos de su distribución a lo largo del gradiente de nutrientes varían considerablemente. También encontraron grandes diferencias en la distribución de las especies en relación con el pH y el contenido iónico, esto sugiere que las identificaciones a nivel de especies ayudarían a mejorar la precisión de las evaluaciones biológicas.

Este estudio permitió generar una primera base de datos de los géneros presentes en las cuencas del río Ishacayrumi-Yanuncay y Matadero, la misma que puede ser utilizada como un insumo importante para futuros trabajos para evaluaciones del componente perifítico de estos ríos altoandinos. En la base de datos obtenida se encuentran los géneros de algas perifíticas que son tolerantes a la contaminación como el género *Oscillatoria* y en contraste, algas del género *Ceratoneis*, *Diatoma*, *Cosmarium*, *Fragillaria* y *Achnanthes* se desarrollan bien en medios oligotróficos y oxigenados. En ambientes más eutróficos comúnmente se encuentran algunas especies de los géneros *Navicula*, *Amphora*, *Nitzschia*, *Melosira*, *Microspora*, *Achnanthes*, *Scenedesmus*, *Oedogonium* y *Gomphonema* (Moschini, 1996). Nuestros resultados indican que ambos ríos poseen un comportamiento oligotrófico dado que los valores de nutrientes (N y P) estuvieron por debajo de los límites de detección de los equipos utilizados. Se ha mostrado que los ríos altoandinos ecuatorianos tienen una baja concentración de nutrientes pero en la medida que descienden hacia los valles los niveles de nutrientes incrementan (Jacobsen, 2008). En general se ha indicado que los ríos son oligotróficos en su nacimiento, pero su conductividad y su concentración de iones aumentan progresivamente a medida que llegan a los valles, por efectos de erosión del cauce, el arrastre de sedimentos y la escorrentía provocada por lluvias (De la Parra & Rodelo, 2012).

Al comparar los índices de diversidad de los sitios muestreados entre las dos cuencas (Y - M), indican que los sitios 2 (S2), tienen mayor diversidad y riqueza, y a pesar de que los valores de los índices son similares entre los dos ríos, se hizo una comparación con los trabajos de López (2010) y Jiménez et al. (2014) en Colombia, en la que los índices de diversidad de López (2010) presenta valores muy bajos lo que indica que son sitios con cierto grado de intervención antrópica, y los índices de Jiménez et al.

(2014), tienen una diversidad significativa, pero no mayor al nuestro. De igual manera si comparamos la riqueza de taxones, podemos decir que el PNC es muy diverso y rico en cuanto a géneros y especies de algas perifíticas a nivel de Ecuador.

La clorofila-*a* mostró mayores valores en el río Matadero, esta es considerada equivalente a la biomasa perifítica, y está fuertemente ligada al proceso de la productividad primaria (Jacobsen, 2008). Los valores obtenidos de clorofila-*a* pueden ser utilizados para indicar la presencia de contaminantes y/o efectos de los mismos; altas concentraciones de clorofila-*a* ocurren en áreas que tienen una alta entrada de nutrientes posiblemente asociada a una eutrofización del cuerpo de agua, ocasionando la proliferación de algas. Por otra parte, bajas concentraciones de clorofila-*a*, también pueden ser negativas ya que indican deficiencias tróficas en el sistema y/o la presencia de sustancias tóxicas en el mismo (Signoret et al., 1998; Martínez et al., 2001). Según estudios realizados en Ecuador se reporta que la acumulación de Clorofila-*a* en el Páramo (3400-4100 msnm) fue de 33 mg/m<sup>2</sup>, estableciendo un rango de 2-175 mg/m<sup>2</sup> siendo los valores más altos atribuibles a la acumulación de algas filamentosas (Jacobsen, 2008). Los datos obtenidos en nuestra investigación (un promedio de 2 mg/m<sup>2</sup>) se encuentran en el nivel más bajo del rango establecido por Jacobsen (2008); los valores de clorofila *a* para la cuenca de los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero es de menor concentración en los sitios 1 con valores promedios de 2,9 mg/m<sup>2</sup> respectivamente, esto puede obedecer a que la radiación UV llegan con mayor intensidad por lo que destruyen el aparato fotosintético de las algas perifíticas (Jacobsen, 2008). Además, la cobertura vegetal influye debido a que a mayor altura esta disminuye, es más descubierto, lo que implica mayor penetración de radiación ultravioleta (UV).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Las variables con mayor influencia en los patrones espacio-temporales de las algas perifíticas observados en este estudio fueron el caudal, nitratos, turbiedad, sulfatos, conductividad, oxígeno disuelto y pH.
- La composición de la comunidad de algas perifíticas estuvo representada por 86 géneros y 34 morfotipos para ambos ríos.
- Nuestros resultados corroboran lo presentado en otros estudios para ecosistemas lóticos con respecto a la dominancia de Bacillariophytas. En nuestro estudio la división Bacillariophyta (diatomeas) represento un 85.6% de la comunidad de algas perifíticas.
- El presente trabajo permitió generar información primaria sobre la presencia o ausencia de las algas perifíticas en función de la variación espacial y temporal de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua en las partes altas de las cuencas de los ríos Ishcayrumi (Yanuncay) y Matadero. En tal virtud este trabajo es un importante insumo para futuras investigaciones, pues se ha generado una base de datos de los géneros presentes en las dos cuencas.

### **Recomendaciones:**

- Para próximos estudios de bioindicación se recomienda utilizar la comunidad de diatomeas ya que son las que permiten evaluar de mejor manera las variaciones en la calidad del agua y sus condiciones ambientales.
- Es necesario realizar más estudios con algas perifíticas, tanto en el Parque Nacional Cajas como en la provincia, ya que no existen estudios de este tipo en la zona, lo que no permite contar con una línea base que pueda ser monitoreada en el tiempo.
- La identificación de individuos debe realizarse de tal manera que se cuente con el mismo número de placas para todos los sitios.
- Aumentar los sitios de muestreo para obtener una mayor representatividad de los sitios bajo estudio.
- Para la identificación de las algas, se recomienda llegar a nivel de especie y así mejorar la evaluación de la sensibilidad de las algas a los factores ambientales y una mayor precisión en la estimación de la riqueza de especies.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- Aguirre R., N., & Montoya M., Y. (diciembre de 2013). *Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/31076/1/30155-186772-1-PB.pdf>
- Aguirre, N., & Montoya, Y. (15 de 10 de 2008). *Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical Colombiana*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972008000300002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972008000300002&lng=es&tlng=es)
- AlgaeBase. (1996). *Publicación electrónica de todo el mundo, de la Universidad Nacional de Irlanda, Galway*. Obtenido de <http://www.algaebase.org/>
- Alvarado, Z., Amateco, R., Borja, M., Valdez, S., & Valero, G. (2009). Composición del fitoplancton del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Metodología Científica*, 1-15.
- Allan, J.D. & Castillo, M.M. (2007). *Stream Ecology*. Springer, Netherlands. 436pp
- Arcos et al. (02 de diciembre de 2005). *Indicadores Microbiológicos de Contaminación de las Fuentes de Agua*. Obtenido de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)
- Bartram, J., & Ballance, R. (1996). *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater*. UNEP/WHO .
- Bicudo, C. E., & Menezes, M. (2006). *Géneros de Algas de Aguas Continentales de Brasil. Segunda Edición*. San Carlos: RiMa.
- Biggs, B.J.F, Sterenson R.J & Lowe, R.L. (1998). *A habitat matrix conceptual model for stream periphyton*. Archives for Hydrobiologie. 143: 21-59
- Braak, T., & Cajo, J. (Octubre de 1986). *Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis*. Obtenido de <http://131.95.113.139/courses/multivariate/CCA.pdf>
- Casallas, J., & Gunkel, G. (2001). Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limnetica* 20(2), 215-232.
- De la Parra, A. C., & Rodelo , K. J. (2012). *Composición y Abundancia de la Comunidad de Algas Perifíticas del Río César asociado a variables físico - químicas e hidrológicas durante los meses de Febrero - Septiembre del año 2001*. Obtenido de <http://www.corpocesar.gov.co/files/Anexo%20Tesis%20algas.pdf>
- Díaz-Quirós, C. &.-R. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Universidad Nacional de*

- Colombia, 381-394. Obtenido de:  
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39327/41211>
- Feinsinger, P. (2013). *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editorial FAN.
- Flynn, et al., N. (2002). *MAcrophyte and periphyton dynamics in a UK Cretaceous chalk stream: The River Kennet, a tributary of the Tannes*. Obtenido de The science of total Environment.
- Fontúrbel, F. (2005). Indicadores físicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada* 4(1,2), 135-141.
- Fontúrbel, F., Molina, C., & Richard, E. (2006). Evaluación rápida de la diversidad de fitoplancton en aguas eutrófica del lago Titikaka (Bolivia) y su uso como indicador del grado de contaminación. *Ciencia Abierta Internacional*. Vol 29, 1-12.
- GAD Municipal. (s.f.). Obtenido de Parque Nacional Cajas:  
<http://www.cuenca.com.ec/cuencanew/parque-nacional-cajas>
- Gallo, N., & Apolo, B. (2012). *Fundamento de Ficología*. Quito : Gráficas Ortega .
- García, C., Román, C., Vanegas, J., & Arcilla, D. (2007). Análisis Físico-químico y Biológico comparado en dos quebradas de alta montaña neotropical. *Revista de Investigaciones No. 17 - Universidad de Quindío*, 57-80.
- Gari, N., & Corigliano, M. (2004). *Limnetica*. Obtenido de La estructura del perifiton y de la deriva algal en arroyos serranos:  
[http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne23/L23a011\\_Estructura\\_perifiton\\_rio\\_Cuarto.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne23/L23a011_Estructura_perifiton_rio_Cuarto.pdf)
- Gates, P. (22 de 05 de 2011). Beyond The Human Eye. Obtenido de  
[http://beyondthehumaneye.blogspot.com/2011\\_05\\_01\\_archive.html](http://beyondthehumaneye.blogspot.com/2011_05_01_archive.html)
- González, E., Ortaz, M., Peñaherrera, C., & Matos, M. (2004). Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrófico (Pao-Cachinche, Venezuela): Abundancia, biomasa y producción primaria. *Interciencia Vol. 29 No. 10*, 548-555.
- Guasch, H., & et al. (1995). Nutrient enrichment effects on biofilm metabolism in a Mediterranean stream. En *Freshwater Biology* (págs. 373-383).
- Guillar, R. (1973). *Handbook of Phycologia Methods*. Cambridge: Stein, J.R (ed). Cambridge University Press.
- Hauer, F., & Lamberti, G. (2006). *Methods in stream ecology*.
- Herrera, J., & Quijía, C. (2007). Diversidad de microalgas y cianobacterias de la laguna de Yambo-Cotopaxi- Ecuador. *Tesis de Licenciatura Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*, 1-11.
- Jacobsen, D. (2008). Tropical High-Altitude Streams. En D. Dudgeon, *Tropical Stream Ecology* (págs. 219-238). Hong Kong: Editorial Advisory Board.

- Jáimez-Cuéllar, & et al. (2002). *Limnética*. Obtenido de [http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica\\_21v3-4\\_2002.pdf](http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf)
- Jiménez et al. (01-06 de 2014). *Relación entre la Comunidad de Fitope y Diferentes fuentes de Contaminación en una Quebrada de los Andes de Colombia*. Obtenido de Relación FitoPerifiton y Contaminación Ambiental: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v18n1/v18n1a03.pdf>
- López Martínez, M. L. ( 9 de Abril de 2010). *Diversidad de algas perifíticas en la quebrada Chapal*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/272-969-1-PB.pdf
- López, F., & Siqueiros, B. (2011). *LAS DIATOMEAS como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv99art2.pdf>
- Leps, J:R & Smilaver, P. (2003). *Mltivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press. 269pp
- Mariano, M. (2001). *UNMSM*. Recuperado el 14 de Marzo de 2014
- Martínez L. et al., A. (2001). *Cambio Estacional de Clorofila en la Bahía de la Paz, B.C.S., México*. Obtenido de [http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/11-1PDF/45-52\\_Martinez\\_L.pdf](http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/11-1PDF/45-52_Martinez_L.pdf)
- Martínez, L. F., & Donato, J. (2003). *Efectos del Caudal sobre la Colonización de Algas en un Río de Alta Montaña Tropical (Boyacá, Colombia)*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/39386-175285-1-PB.pdf
- Martínez, L., & Donato, J. (2010). *Efectos del caudal sobre la Colonización de Algas en un río de Alta Montaña Tropical (Boyacá, Colombia)*. Obtenido de [http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias/25\(2\)/2.pdf](http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias/25(2)/2.pdf)
- Medina, Leonardo & Otros. (2000). *Calidad de Agua de los Páramos*. Obtenido de El Páramo como fuente de recursos hídricos: [http://www.ecociencia.org/archivos/paramo\\_GTP03-091128.pdf](http://www.ecociencia.org/archivos/paramo_GTP03-091128.pdf)
- Microscope. (s.f.). *Microscope*. Obtenido de <http://pinkava.asu.edu/starcentral/microscope/portal.php?pagetitle=azorganism>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Parque Nacional Cajas*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-cajas/>
- Montoya et al. , Y. (jul/dic de 2008). *Diatomeas Perifíticas de la Zona Ritral del Río Medellín (Antioquía), Colombia*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-35842008000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842008000200007)
- Montoya, Y., & Aguirre, N. (2010). Dinámica de la producción primaria fitoplanctónica en un lago tropical (ciénaga Escobillitas) a lo largo del pulso de inundación. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquiá*, 76-89.

- Morales, E., Luna, V., Navarro, L., Santana, V., Gordillo, A., & Arévalo, A. (2013). Diversidad de microalgas y cianobacterias en muestras provenientes de diferentes provincias del Ecuador, destinadas a una colección de cultivos. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 129-149.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA vol.1.
- Moschini, C. (1996). *Importância, Estrutura e Dinâmica da Comunidade Perifítica nos Ecossistemas Aquáticos Continentais*. Obtenido de <http://www.ib.usp.br/limnologia/Perspectivas/arquivo%20pdf/Capitulo%206.pdf>
- Neiff et al., J. J. (2013). *Factores que Regulan la Distribucion y Abundancia del Perifiton en Ambientes Lenticos*. Obtenido de <http://www.researchgate.net/publication/260675575>
- Novelo, E., & Tavera, R. (2011). *Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México*. Obtenido de [http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/21-3PDF/333-341\\_Novelo.pdf](http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/21-3PDF/333-341_Novelo.pdf)
- Oliva, M., Rodríguez, A., Lugo, A., & Sánchez, M. d. (2008). Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica vol 18, num Su1*, 1-13.
- Pinilla, G. (2006). Evaluación de la eficiencia fotosintética del fitoplancton en un lago amazónico (Lago Boa) y en un lago andino (Lago Guatavita). *Acta Amazónica Vol. 36 (2)*, 221-228.
- Plankton Net. (s.f.). *Alfred Wegener Insitute for Polar and Marine Research*. Obtenido de <http://planktonnet.awi.de/>
- Ponader, K., & Potapova, M. (17 de 09 de 2007). *sciencedirect*. Obtenido de Diatoms from the genus *Achnantheidium* in flowing waters of the Appalachian Mountains (North America): Ecology, distribution and taxonomic notes: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951107000205>
- Quiroz, H., Mora, L., Molina, I., & García, J. (2004). Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad de agua en el lago de Chapala, Jalisco, México. *Acta Universitaria vol. 14 núm. 1*, 47-58.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá : Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramírez, G. y V. Viña. 1998. *Limnología Colombiana*. Universidad Jorge Tadeo Lozano- Exploration Company Limited (Colombia). Bogotá. Colombia. 293 pp.
- Rivera Rossi, J. (2007). Parque Nacional Cajas. En ECOLAP, & MAE, *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (págs. 177-184). Quito: ECOFUND FAND Darwin Net.

- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Obtenido de: [https://books.google.com.ec/books?id=FA5Jr7pXF1UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=FA5Jr7pXF1UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Sánchez, P., Cruz-Pizarro, L., & Carrillo, P. (1989). Caracterización del fitoplancton de las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España) en relación con las características físico-químicas del medio. *Limnética* 5, 37-50.
- Seeligmann, C., Tracanna, B., Martínez, S., & Isasmendi, S. (2001). Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad de agua de sistemas lóticos en el noroeste argentino. *Limnetica* 20(1), 123-133.
- Segnini, S. (2003). *Revista de Biología Tropical*. Obtenido de El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000800003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000800003&script=sci_arttext)
- Sierra, R. (1996). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador continental*. Quito : Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- Signoret et al., M. (Diciembre de 1998). *Patrones de distribución de clorofila a y producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/578/57880201.pdf>
- Smith, C., & Armesto, J. (2002). Importancia biológica de los bosques costeros de la décima región: impacto de la carretera costera sur. *Ambiente y Desarrollo Vol. XVIII. No. 1*, 6-14.
- Stevenson, J., & et al. (1996). *Algal ecology. Freshwater benthic*. San Diego, California: Academic Press.
- Stevenson, R., & Bahls, L. (s.f.). *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*. Obtenido de <https://hwbdocuments.env.nm.gov/Los%20Alamos%20National%20Labs/General/14195.pdf>
- Streble, H., & Krauter, D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Tapia, M. E. (2009). Productividad de fitoplancton en la Bahía de Santa Elena, Ecuador durante mayo del 2006. *Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 15. No. 1*, 27-37.
- Tapia, M. E., & Naranjo, C. (2009). Estudio de las comunidades del fitoplancton y zooplancton en Monteverde, Península de Santa Elena, Ecuador durante Noviembre del 2006. *Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 15 No. 1*, 43-66.
- Torres-Zambrano, G., & Tapia, M. (2000). Distribución del Fitoplancton y su comportamiento en el afloramiento en las Islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador 10 (1)*, 137-150.

- Vazquez, G., Castro, G., Gonzales, I., Perez, R., & Castro, T. (s.f.). *Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua*. UAM-X.26.
- Vicente, E., De Hoyos, C., Sánchez, P., & Cambra, J. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. En *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva del Marco del Agua* (págs. 1-36). Valencia: Confederación Hidrológica del Ebro.
- Villarreal, et al. (mayo de 2004). *Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Obtenido de [http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/villareal\\_et\\_al\\_2004.pdf](http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/villareal_et_al_2004.pdf)
- Villarreal, H. M., Álvarez, S., Córdova, F., Escobar, G., Fagua, F., Gast, H., Umañana, A. M. (mayo de 2004). *Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Obtenido de [http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/villareal\\_et\\_al\\_2004.pdf](http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/villareal_et_al_2004.pdf)
- Wurstbaugh, W., Vincent, W., Vincent, C., Carney, H., Richerson, P., Lazzaro, J., & Alfaro, R. (1985). Nutrientes y su limitación del crecimiento de fitoplancton. *Nutrientes y fitoplancton*, 161-175.
- Zaixso, H. (2002). *Manual de campo para el muestreo de la columna de agua*. Patagonia: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

## ANEXOS

### Anexo 1. Fotografías de los sitios muestreados



**Fotografía 0-1.** Sitio 1 río Ishcayrumi-Yanuncay / Sitio 1 río Matadero

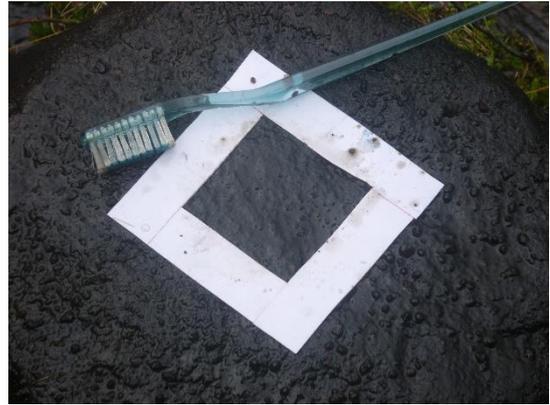


**Fotografía 1-1.** Sitio 2 río Ishcayrumi-Yanuncay / Sitio 2 río Matadero



**Fotografía 1-2.** Sitio 3 río Ishcayrumi-Yanuncay / Sitio 3 río Matadero

**Anexo 2. Fotografías del método de raspado de algas perifíticas y clorofila**



**Fotografía 2-1. Raspado Algas Perifíticas**



**Fotografía 2-2. Raspado Clorofila**

**Anexo 3.** Listado taxonómico de los géneros encontrados en las Cuencas altas de los ríos Ishcayrumi y Matadero en el PNC.

**División Grupo de Algas**

- **División Bacillariophyta (Diatomeas)**

**Clase Bacillariophyceae**

**Orden Bacillariales**

**Familia** Bacillariaceae

**Género** Denticula

**Género** Cylindrotheca

**Género** Nitzschia

**Orden Cocconeidales**

**Familia** Achnanthidiaceae

**Género** Achnanthidium

**Familia** Cocconeidaceae

**Género** Cocconeis

**Orden Cymbellales**

**Familia** Gomphonemataceae

**Género** Encyonema

**Género** Gomphonema

**Familia** Cymbellaceae

**Género** Cymbella

**Familia** Rhoicospheniaceae

**Género** Rhoicosphenia

**Orden Eunotiales**

**Familia** Eunotiaceae

**Género** Eunotia

**Orden Naviculales**

**Familia** Amphipleuraceae

**Género** Amphipleura

**Género** Frustulia

**Familia** Naviculaceae

**Género** Caloneis

**Género** Gyrosigma

**Género** Navicula

**Familia** Stauroneidaceae

**Género** Stauroneis

**Género** Craticula

**Familia** Diploneidaceae

**Género** Diploneis

**Familia** Pinnulariaceae

**Género** Pinnularia

**Orden Lyrellales**

**Familia** Lyrellaceae

**Género** Lyrella

**Orden Mastogloiales**

**Familia** Achnanthaceae

**Género** Achnanthes

**Orden Rhopalodiales**

**Familia** Rhopalodiaceae

**Género** Epithemia

**Orden Thalassiophysales**

**Familia** Catenulaceae

**Género Amphora**

**Clase Coscinodiscophyceae**

**Orden Aulacoseirales**

**Familia** Aulacoseiraceae

**Género** Aulacoseira

**Orden Melosirales**

**Familia** Melosiraceae

**Género** Melosira

**Clase Fragilariophyceae**

**Orden Fragilariales**

**Familia** Fragilariaceae

**Género** Ceratoneis

**Género** Fragilaria

**Orden Licmophorales**

**Familia** Ulnariaceae

**Género** Synedra

**Orden Tabellariales**

**Familia** Tabellariaceae

**Género** Diatoma

**Género** Tabellaria

**Clase Mediophyceae**

**Orden Leptocylindrales**

**Familia** Leptocylindraceae

**Género** Leptocylindrus

**Orden Thalassiosirales**

**Familia** Stephanodiscaceae

**Género** Cyclotella

**Género** Stephanodiscus

- **División Charophyta**

**Clase Coleochaetophyceae**

**Orden Coleochaetales**

**Familia** Coleochaetaceae

**Género** Coleochaete

**Clase Conjugatophyceae**

**Orden Desmidiiales**

**Familia** Closteriaceae

**Género** Closterium

**Familia** Desmidiaceae

**Género** Cosmarium

**Género** Staurastrum

**Género** Euastrum

**Género** Hyalotheca

**Familia** Gonatozygaceae

**Género** Gonatozygon

**Orden Zygnematales**

**Familia** Zygnemataceae

**Género** Mougeotia

**Género** Spirogyra

- **División Chlorophyta (Algas verdes)**

**Clase Chlorophyceae**

**Orden Chaetophorales**

**Familia** Chaetophoraceae





**Anexo 4.** Tabla de Correlación de los parámetros físico-químico de los Ríos

	Zn (ppb)	Pb (ppb)	Cu (ppb)	ST (mg/L)	Turb (NTU)	Ph	Cond (μs)	OD (%)	OD (mg/l)	Temp (°C)	Caudal (m3/s)	Fluor (ppm)	Aceta (ppm)	Cloru (ppm)	Nitra (ppm)
Zn (ppb)															
Pb (ppb)	0,91779														
Cu (ppb)	0,58186	0,61081													
ST (mg/L)	-0,14848	-0,13133	0,010826												
Turb (NTU)	0,41701	0,40141	0,2251	-0,18248											
Ph	-0,26863	-0,20854	0,046714	0,12553	-0,08367										
Cond (μs)	0,20455	0,26998	0,29235	-0,33723	0,30836	0,52695									
OD (%)	0,35888	0,30604	0,32952	-0,0582	0,36116	-0,03672	-0,022816								
OD (mg/l)	-0,16041	-0,16453	0,053879	0,35328	-0,26209	0,09267	-0,35081	0,41364							
Temp (°C)	-0,47677	-0,44389	-0,10251	0,028083	-0,07199	0,38317	-0,029663	0,42071	0,22788						
Caudal (m3/s)	0,10515	0,14718	0,32436	0,14038	-0,07499	0,67949	0,29799	0,11847	0,18868	0,29919					
Fluor (ppm)	-0,20945	-0,20871	0,23085	0,49457	-0,11246	0,36217	0,11582	0,17488	0,27998	0,28946	0,074084				
Aceta (ppm)	-0,41445	-0,44847	-0,22969	0,18579	-0,25342	-0,17395	-0,29756	-0,00744	0,20857	0,15494	-0,41582	0,3161			
Cloru (ppm)	-0,17251	-0,12159	-0,05267	0,098243	0,023641	0,16097	0,17583	0,03415	-0,040992	0,093137	-0,14445	0,39342	0,44577		
Nitra (ppm)	0,18993	0,145	0,040687	0,54002	-0,06271	-0,12982	-0,24552	-0,0156	0,13924	-0,24843	-0,07982	0,27846	0,01393	0,11411	
Sulfa (ppm)	-0,31444	-0,22806	-0,07362	0,43786	-0,25292	0,50039	0,06045	-0,39644	-0,058969	-0,02348	0,48923	0,13624	-0,16944	0,10983	0,17409

**Anexo 5.** Valores de Abundancias del río Ishcayrumi – Yanuncay y río Matadero**Valores de Abundancia río Ishcayrumi-Yanuncay**

<b>Géneros</b>	<b>Abundancia Absoluta (Ind/m<sup>2</sup>)*10<sup>6</sup></b>	<b>Abundancia Relativa (%)</b>
<i>Achnanthes</i>	0,38	0,63
<i>Achnanthidium</i>	9,36	15,44
<i>Amphipleura</i>	0,05	0,08
<i>Amphora</i>	0,27	0,45
<i>Anabaena</i>	0,14	0,22
<i>Anisonema</i>	0,02	0,03
<i>Ankistrodesmus</i>	0,17	0,27
<i>Astasia</i>	0,00	0,002
<i>Aulacoseira</i>	0,25	0,41
<i>Bulbochaete</i>	0,64	1,06
<i>Caloneis</i>	0,08	0,12
<i>Calothrix</i>	0,26	0,44
<i>Ceratoneis</i>	6,42	10,59
<i>Chroococcus</i>	0,43	0,71
<i>Chlorococcum</i>	0,30	0,49
<i>Closterium</i>	0,00	0,01
<i>Cocconeis</i>	0,08	0,13
<i>Cosmarium</i>	2,15	3,54
<i>Craticula</i>	0,01	0,01
<i>Cyclotella</i>	0,14	0,23
<i>Cylindrospermopsis</i>	0,00	0,01
<i>Cymbella</i>	0,19	0,31
<i>Dactylococcosis</i>	0,00	0,002
<i>Denticula</i>	0,02	0,03
<i>Diatoma</i>	3,46	5,71
<i>Dinobryon</i>	0,00	0,002
<i>Diploneis</i>	0,02	0,03
<i>Encyonema</i>	1,18	1,95
<i>Epithemia</i>	0,03	0,05
<i>Euastrum</i>	0,00	0,01
<i>Euglena</i>	0,07	0,11
<i>Eunotia</i>	3,08	5,09
<i>Fragilaria</i>	2,49	4,10
<i>Frustulia</i>	0,01	0,02
<i>Geminella</i>	0,00	0,01
<i>Gomphonema</i>	4,25	7,01
<i>Gonatozygon</i>	0,66	1,10
<i>Haplosiphon</i>	0,00	0,002
<i>Hyalotheca</i>	0,02	0,03

<i>Leptocylindrus</i>	1,22	2,01
<i>Leptolyngbya</i>	0,48	0,79
<i>Limnothrix</i>	0,04	0,06
<i>Lyngbya</i>	0,22	0,36
<i>Lyrella</i>	0,03	0,05
<i>Melosira</i>	0,04	0,06
<i>Merisnopedia</i>	0,00	0,002
<i>Microspora</i>	0,31	0,51
<i>Mougeotia</i>	0,40	0,65
<i>Navicula</i>	2,55	4,20
<i>Nitzschia</i>	4,02	6,64
<i>Oedogonium</i>	0,08	0,13
<i>Oocystis</i>	0,00	0,01
<i>Oscillatoria</i>	0,34	0,57
<i>Phormidium</i>	0,04	0,07
<i>Pinnularia</i>	0,52	0,86
<i>Planktothrix</i>	0,01	0,01
<i>Pseudanabaena</i>	0,40	0,66
<i>Rhoicosphenia</i>	0,47	0,77
<i>Rivularia</i>	0,01	0,01
<i>Scenedesmus</i>	0,04	0,06
<i>Spirogyra</i>	0,15	0,25
<i>Spirulina</i>	0,04	0,06
<i>Staurastrum</i>	0,00	0,01
<i>Stephanodiscus</i>	0,00	0,003
<i>Stigeoclonium</i>	0,06	0,09
<i>Synedra</i>	7,70	12,71
<i>Tabellaria</i>	1,81	2,99
<i>Tetraedron</i>	0,23	0,38
<i>Ulothrix</i>	0,08	0,13
<i>Vacuolaria</i>	0,00	0,01
Morfotipo 15	0,02	0,03
Morfotipo 16	1,32	2,18
Morfotipo 17	0,00	0,003
Morfotipo 18	0,35	0,57
Morfotipo 19	0,63	1,03
Morfotipo 20	0,00	0,005
Morfotipo 21	0,12	0,19
Morfotipo 22	0,21	0,35
Morfotipo 23	0,01	0,01
Morfotipo 28	0,01	0,02
Morfotipo 31	0,04	0,06
Morfotipo 32	0,00	0,002
Morfotipo 33	0,00	0,002
Morfotipo 34	0,00	0,01
<b>Total Individuos</b>	<b>60,60</b>	<b>100</b>

**Géneros con mayor Abundancia Relativa****Valores de Abundancias del río Matadero**

<b>Género</b>	<b>Abundancia Absoluta (Ind/m<sup>2</sup>)*106</b>	<b>Abundancia Relativa %</b>
<i>Achnanthes</i>	1,26	2,74
<i>Achnanthidium</i>	9,32	20,29
<i>Amphipleura</i>	0,10	0,22
<i>Amphora</i>	0,47	1,02
<i>Anabaena</i>	0,24	0,52
<i>Ankistrodesmus</i>	0,11	0,25
<i>Aphanothece</i>	0,00	0,00
<i>Aulacoseira</i>	0,02	0,04
<i>Bulbochaete</i>	0,79	1,72
<i>Caloneis</i>	0,04	0,09
<i>Calothrix</i>	0,21	0,46
<i>Ceratoneis</i>	0,56	1,22
<i>Chlorococcum</i>	0,23	0,49
<i>Chroococcus</i>	0,21	0,46
<i>Chrysococcus</i>	0,00	0,00
<i>Closterium</i>	0,05	0,10
<i>Coelosphaerium</i>	0,01	0,01
<i>Coleochaete</i>	0,22	0,47
<i>Cosmarium</i>	0,07	0,16
<i>Craticula</i>	0,02	0,04
<i>Crenothrix</i>	0,00	0,00
<i>Cyclotella</i>	0,47	1,02
<i>Cymbella</i>	1,98	4,30
<i>Denticula</i>	0,00	0,01
<i>Desmodesmus</i>	0,00	0,00
<i>Diatoma</i>	3,37	7,33
<i>Diploneis</i>	0,01	0,03
<i>Encyonema</i>	1,10	2,40
<i>Epithemia</i>	0,01	0,03
<i>Euglena</i>	0,01	0,03
<i>Eunotia</i>	0,55	1,20
<i>Fragilaria</i>	2,47	5,38
<i>Frustulia</i>	0,21	0,45
<i>Gomphonema</i>	1,66	3,61
<i>Gonatozygon</i>	0,24	0,51
<i>Gongrosira</i>	0,03	0,07
<i>Gyrosigma</i>	0,00	0,00
<i>Haplosiphon</i>	0,00	0,00
<i>Leptocylindrus</i>	0,45	0,97
<i>Leptolyngbya</i>	0,30	0,66

<i>Lyngbya</i>	0,16	0,35
<i>Melosira</i>	0,01	0,01
<i>Microspora</i>	0,10	0,23
<i>Monoraphidium</i>	0,06	0,12
<i>Mougeotia</i>	0,10	0,22
<i>Navicula</i>	4,46	9,72
<i>Nitzschia</i>	1,33	2,89
<i>Oedogonium</i>	0,01	0,02
<i>Oocystis</i>	0,04	0,09
<i>Ophryoglena</i>	0,06	0,13
<i>Oscillatoria</i>	1,53	3,32
<i>Peridinium</i>	0,00	0,01
<i>Phormidium</i>	0,21	0,46
<i>Pinnularia</i>	0,32	0,69
<i>Plectonema</i>	0,01	0,02
<i>Pseudanabaena</i>	0,04	0,10
<i>Rhoicosphenia</i>	0,05	0,11
<i>Rivularia</i>	0,09	0,20
<i>Scenedesmus</i>	0,12	0,26
<i>Spirogyra</i>	0,00	0,01
<i>Spirulina</i>	0,17	0,36
<i>Staurastrum</i>	0,00	0,00
<i>Stauroneis</i>	0,01	0,01
<i>Stigeoclonium</i>	0,10	0,22
<i>Synedra</i>	3,99	8,69
<i>Tabellaria</i>	6,05	13,18
<i>Trachelomona</i>	0,01	0,03
<i>Tolypothrix</i>	0,04	0,08
<i>Tribonema</i>	0,00	0,00
<i>Ulothrix</i>	0,04	0,09
Morfotipo 10	0,00	0,00
Morfotipo 11	0,00	0,00
Morfotipo 12	0,00	0,00
Morfotipo 13	0,00	0,00
Morfotipo 14	0,00	0,00
Morfotipo 24	0,00	0,01
Morfotipo 25	0,00	0,01
Morfotipo 26	0,00	0,00
Morfotipo 27	0,00	0,00
Morfotipo 29	0,01	0,03
Morfotipo 30	0,00	0,01
Morfotipo 1	0,00	0,00
Morfotipo 2	0,00	0,00
Morfotipo 3	0,00	0,00
Morfotipo 4	0,00	0,00
Morfotipo 5	0,00	0,00

Morfotipo 6	0,00	0,00
Morfotipo 7	0,00	0,00
Morfotipo 8	0,00	0,01
Morfotipo 9	0,00	0,01
Total Individuos	45,93	100

**Géneros con mayor Abundancia Relativa**

**Anexo 6. Simper**

## SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

## One-Way Analysis

Data worksheet

Name: Data1

Data type: Abundance

Sample selection: All

Variable selection: All

## Parameters

Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

Cut off for low contributions: 90,00%

## Group Y

Average similarity: 58,61

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Achnantheidii	1,32	8,99	4,82	15,33	15,33
Gomphonerr	0,98	6,44	4,35	10,98	26,32
Navicula	0,84	4,93	2,32	8,41	34,72
Nitzschia	0,74	4,64	4,03	7,92	42,64
Tabellaria	0,72	4,21	2,02	7,18	49,82
Synedra	0,6	2,53	1,11	4,31	54,14
Fragilaria	0,44	2,25	2,13	3,84	57,98
Cosmarium	0,42	2,18	1,56	3,72	61,69
Ceratoneis	0,5	1,9	1,14	3,25	64,94
Oscillatoria	0,47	1,87	1,14	3,18	68,12
Pinnularia	0,36	1,81	1,7	3,09	71,21
Eunotia	0,37	1,73	1,35	2,94	74,16
Chlorococcur	0,28	1,4	1,47	2,38	76,54
Diatoma	0,37	1,29	0,86	2,2	78,74
Bulbochaete	0,32	1,05	0,84	1,78	80,52
Chroococcus	0,28	0,96	0,92	1,64	82,16
Mougeotia	0,27	0,88	0,76	1,49	83,66
Leptolyngby:	0,27	0,84	0,62	1,43	85,09
Cymbella	0,24	0,8	1,17	1,37	86,46
Calothrix	0,23	0,76	0,79	1,3	87,76
Ankistrodesr	0,24	0,66	0,67	1,12	88,89
Achnanthes	0,23	0,55	0,46	0,93	89,82
Gonatozygor	0,29	0,51	0,37	0,87	90,69

## Group M

Average similarity: 66,63

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Achnantheidii	1,31	9,48	6,35	14,22	14,22
Navicula	1	7,14	7,78	10,72	24,94
Synedra	0,95	6,55	4,45	9,83	34,77
Fragilaria	0,79	5,13	5,09	7,7	42,48
Tabellaria	0,86	4,83	2,29	7,25	49,72
Cymbella	0,71	4,82	4,01	7,23	56,95
Gomphonem	0,57	3,15	2,28	4,72	61,68
Nitzschia	0,54	3,13	1,97	4,69	66,37
Diatoma	0,66	3,05	1,2	4,57	70,94
Oscillatoria	0,55	2,7	1,53	4,05	74,99
Encyonema	0,47	2,51	1,84	3,76	78,76
Ceratoneis	0,32	1,93	2,02	2,9	81,66
Bulbochaete	0,37	1,62	1,25	2,43	84,08
Amphora	0,28	1,35	1,34	2,02	86,1
Achnanthes	0,34	1	0,56	1,5	87,61
Chlorococcu	0,19	0,98	1,75	1,47	89,07
Cyclotella	0,24	0,87	1,07	1,31	90,38

## Anexo 7. Tabla resumen de las variables biológicas de los ríos

Géneros	YM1S1	YM1S2	YM1S3	YM2S1	YM2S2	YM2S3	YM3S1	YM3S2	YM3S3	YM4S1	YM4S2	YM4S3	MM1S1	MM1S2	MM1S3	MM2S1	MM2S2	MM2S3	MM3S1	MM3S2	MM3S3	MM4S1	MM4S2	MM4S3	Total
Achnanthes	0,00	0,56	0,00	0,15	0,75	0,00	0,53	0,54	0,24	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,56	0,00	1,07	0,50	0,07	0,00	0,43	0,85	0,58	6,83
Achnantheidium	1,33	1,50	1,01	1,45	1,40	1,13	1,36	1,41	0,84	1,45	1,60	1,33	0,88	1,34	1,52	1,36	1,31	1,40	1,10	1,30	1,35	1,26	1,35	1,59	31,56
Amphipleura	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,03	0,08	0,00	0,08	0,00	0,15	0,40	0,00	0,00	0,00	1,29
Amphora	0,03	0,06	0,19	0,12	0,07	0,18	0,05	0,30	0,29	0,10	0,07	0,00	0,15	0,14	0,50	0,23	0,15	0,55	0,09	0,27	0,31	0,02	0,38	0,60	4,86
Anabaena	0,58	0,15	0,00	0,23	0,12	0,15	0,00	0,00	0,00	0,08	0,21	0,30	0,22	0,27	0,05	0,15	0,17	0,25	0,17	0,36	0,60	0,00	0,00	0,00	4,06
Ankistrodesmus	0,00	0,00	0,06	0,46	0,07	0,25	0,79	0,23	0,60	0,00	0,05	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,88	0,00	0,00	0,00	3,76
Aulacoseira	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,29	0,41	0,06	0,42	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,03	0,00	1,79
Bulbochaete	0,24	0,25	0,05	0,80	0,02	0,22	1,05	0,14	0,12	0,65	0,31	0,00	0,04	0,19	0,26	0,22	0,61	0,73	0,32	0,60	0,89	0,32	0,00	0,27	8,30
Caloneis	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,28	0,71	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89
Calothrix	0,12	0,23	0,00	0,42	0,30	0,00	0,21	0,21	0,04	0,52	0,72	0,00	0,07	0,00	0,00	0,18	0,39	0,00	0,21	0,35	0,00	0,13	0,10	0,00	4,21
Ceratoneis	0,35	0,50	1,21	0,18	0,58	1,28	0,13	0,28	0,98	0,18	0,00	0,37	0,00	0,27	0,36	0,40	0,45	0,34	0,26	0,27	0,28	0,28	0,38	0,60	9,92
Chlorococcum	0,39	0,30	0,01	0,36	0,45	0,41	0,22	0,28	0,41	0,09	0,30	0,08	0,30	0,31	0,02	0,08	0,26	0,11	0,14	0,24	0,43	0,15	0,16	0,13	5,64
Chroococcum	0,43	0,20	0,01	0,91	0,17	0,17	0,03	0,12	0,00	0,29	0,40	0,61	0,00	0,20	0,02	0,05	0,14	0,11	0,32	0,45	0,25	0,16	0,00	0,05	5,07
Coleochaete	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,95	1,36
Cosmarium	0,17	0,10	0,75	0,50	0,29	0,68	0,54	0,40	0,43	0,63	0,52	0,08	0,19	0,00	0,05	0,07	0,04	0,01	0,16	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	5,70
Cyclotella	0,24	0,20	0,01	0,42	0,11	0,02	0,05	0,09	0,00	0,10	0,22	0,14	0,83	0,07	0,05	0,11	0,47	0,19	0,35	0,18	0,08	0,41	0,16	0,00	4,49
Cymbella	0,09	0,07	0,07	0,11	0,00	0,31	0,15	0,19	0,65	0,15	0,23	0,81	0,76	0,69	0,79	0,82	0,89	0,37	0,67	0,74	0,93	0,74	0,44	0,68	11,34
Diatoma	0,09	0,31	1,00	0,16	0,06	0,44	0,00	0,35	0,84	0,00	0,62	0,59	0,02	0,66	0,47	0,67	1,22	1,24	0,31	0,20	0,19	0,50	1,39	1,06	12,40
Encyonema	0,03	0,05	0,61	0,07	0,17	0,33	0,00	0,12	0,00	0,00	0,02	0,00	0,31	0,62	0,95	0,32	0,41	0,90	0,27	0,51	0,57	0,04	0,29	0,48	7,06
Epithemia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,08	0,16	0,42	0,08	0,20	0,25	0,03	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	1,33
Eunotia	0,09	0,30	0,93	0,49	0,19	0,52	0,57	0,32	0,00	0,32	0,19	0,55	0,01	0,04	0,57	0,11	0,08	0,81	0,34	0,16	0,52	0,11	0,02	0,00	7,25
Fragilaria	0,61	0,84	0,80	0,28	0,37	0,70	0,33	0,33	0,37	0,13	0,30	0,20	0,57	1,29	1,06	0,72	0,95	0,51	0,63	0,67	0,64	0,80	0,88	0,70	14,68
Frustulia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,19	0,02	0,00	0,00	0,15	0,03	0,00	0,35	0,07	0,28	0,53	0,06	0,00	0,00	0,00	1,71
Gomphonema	0,56	1,10	0,77	0,96	1,19	0,90	0,95	1,00	0,77	1,22	1,15	1,17	1,11	0,71	0,36	0,63	0,54	0,17	0,90	0,39	0,51	0,89	0,33	0,32	18,60
Gonatozygon	0,00	0,00	0,16	0,00	0,87	0,08	0,34	1,06	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,58	0,46	0,16	4,74
Leptocylindrus	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,06	0,31	0,86	0,20	0,08	0,00	0,07	0,40	0,44	0,08	0,36	0,63	0,08	0,34	0,00	0,00	5,49
Leptolyngbya	0,57	0,19	0,16	0,06	0,69	0,00	0,57	0,49	0,53	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,01	0,29	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,42	0,44	0,48	5,43
Lyngbya	0,66	0,06	0,04	0,02	0,45	0,14	0,33	0,00	0,19	0,03	0,07	0,08	0,37	0,07	0,04	0,02	0,18	0,00	0,16	0,18	0,11	0,14	0,22	0,00	3,54
Lyrella	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05
Melosira	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	1,03
Microspora	0,10	0,17	0,17	0,00	0,32	0,40	0,05	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,13	0,16	0,01	0,09	0,02	0,10	0,00	0,24	0,00	0,00	2,37
Mougeotia	0,00	0,64	0,14	0,04	0,31	0,22	0,00	0,00	0,64	0,25	0,29	0,72	0,00	0,14	0,04	0,04	0,18	0,05	0,18	0,29	0,15	0,00	0,04	0,00	4,36
Navicula	1,10	0,85	0,78	1,22	0,50	0,80	1,18	0,93	0,88	1,12	0,55	0,18	1,23	1,00	1,10	0,91	0,87	1,05	1,04	1,05	1,20	0,90	0,69	0,69	22,16
Nitzschia	0,94	0,44	1,01	0,52	0,74	0,94	0,61	0,81	0,90	0,64	0,48	0,88	0,75	0,88	0,60	0,72	0,15	0,78	0,55	0,61	0,17	0,58	0,35	0,34	15,36
Oedogonium	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	1,69
Oscillatoria	1,33	0,57	0,03	0,62	0,62	0,38	0,12	0,04	0,47	0,98	0,32	0,20	0,69	0,75	0,45	0,39	0,83	0,56	0,48	1,31	0,62	0,10	0,38	0,00	12,23
Phormidium	0,67	0,14	0,00	0,09	0,00	0,12	0,00	0,03	0,00	0,54	0,16	1,03	0,02	0,14	0,05	0,11	0,19	0,10	0,18	0,67	0,06	0,00	0,00	0,00	4,32
Pinnularia	0,29	0,40	0,29	0,64	0,22	0,48	0,00	0,17	0,48	0,69	0,28	0,37	0,40	0,19	0,08	0,08	0,26	0,07	0,44	0,40	0,54	0,04	0,00	0,05	6,85
Pseudanabaena	0,15	0,18	0,29	0,05	0,14	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32
Rhoicosphenia	0,00	0,15	0,13	0,00	0,06	0,91	0,00	0,06	0,52	0,06	0,20	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,22	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	2,42
Rivularia	0,40	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,02	0,00	1,24
Scenedesmus	0,48	0,15	0,00	0,00	0,14	0,00	0,04	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,19	0,03	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94
Spirulina	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00	1,09
Stigeoclonium	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,21	0,00	0,00	0,43	0,00	1,00
Synedra	0,63	0,83	1,29	0,21	0,96	1,03	0,28	0,76	0,89	0,13	0,16	0,00	0,92	1,01	1,20	1,06	1,02	0,74	0,86	0,77	0,57	0,92	1,17	1,13	18,54
Tabellaria	0,57	0,92	0,31	0,86	0,88	0,10	1,09	1,01	0,69	0,81	0,82	0,63	1,38	0,81	0,59	1,33	0,83	0,51	1,54	0,62	0,34	1,39	0,53	0,50	19,05
Tetraedron	0,00	0,18	0,12	0,00	0,18	0,42	0,00	0,27	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46
Ulothrix	0,00	0,15	0,01	0,19	0,00	0,17	0,03	0,00	0,04	0,02	0,24	0,25	0,00	0,08	0,07	0,00	0,00	0,00	0,04	0,26	0,03	0,00	0,00	0,00	1,57

**Anexo 8.** Abreviatura de los géneros de algas perifíticas para CCA.

- *Achnanthes* (*Achna*)
- *Achnantheidium* (*Achthi*)
- *Amphipleura* (*Amphi*)
- *Amphora* (*Ampho*)
- *Anabaena* (*Anab*)
- *Ankistrodesmus* (*Ank*)
- *Aulacoseira* (*Aula*)
- *Bulbochaete* (*Bulbo*)
- *Caloneis* (*Cal*)
- *Calothrix* (*Calot*)
- *Ceratoneis* (*Cera*)
- *Chlorococcum* (*Chlo*)
- *Chroococcus* (*Chro*)
- *Coleochaete* (*Coleo.*)
- *Cosmarium* (*Cos*)
- *Cyclotella* (*Cy*)
- *Cymbella* (*Cym*)
- *Diatoma* (*Dia*)
- *Encyonema* (*Ency*)
- *Epithemia* (*Epi*)
- *Eunotia* (*Euno*)
- *Fragilaria* (*Fra*)
- *Frustulia* (*Frus*)
- *Gomphonema* (*Gomp*)
- *Gonatozygon* (*Gona*)
- *Leptocylindrus* (*Leptocy*)
- *Leptolyngbya* (*Leptoly*)
- *Lyngbya* (*Lyng*)
- *Lyrella* (*Lyr*)
- *Melosira* (*Melo*)
- *Microspora* (*Micro*)
- *Mougeotia* (*Moug*)
- *Navicula* (*Nav*)
- *Nitzschia* (*Nitz*)
- *Oedogonium* (*Oedo*)
- *Oscillatoria* (*Osci*)
- *Phormidium* (*Phor*)
- *Pinnularia* (*Pinu*)
- *Pseudanabaena* (*Pseud*)
- *Rhoicosphenia* (*Rhoi*)
- *Rivularia* (*Rivu*)
- *Scenedesmus* (*Scene*)
- *Spirulina* (*Spi*)
- *Stigeoclonium* (*Stig*)
- *Synedra* (*Syn*)
- *Tabellaria* (*Tab*)
- *Tetraedron* (*Tetra*)
- *Ulothrix* (*Ulo*)

**Anexo 9.** Catálogo fotográfico de algas perifíticas identificadas en los ríos Ishcayrumi-Yanuncay y Matadero en el Parque Nacional Cajas.