



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Diversidad de diatomeas bentónicas, en riachuelos de los
páramos del sur del Ecuador.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGO, CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autores:

MAYRA ELIZABETH BARZALLO GUARQUILA

ANA PAULINA SACOTO GUZMÁN

Director:

EDWIN JAVIER ZÁRATE HUGO

CUENCA, ECUADOR

2019

DEDICATORIA

A Dios, por la sabiduría y fuerza durante toda mi carrera estudiantil. A mis padres Teresa e Iván por brindarme todo su apoyo incondicional, y consejos, para ser cada día mejor persona; a mis abuelos Victoria, Manuel, Ernesto y Etelvina (+) por darme su cariño y comprensión durante todos estos años de formación. A Fernando, por apoyarme en todo momento, y no solo ser mi hermano, sino mi amigo. A mis amigos Jaime y Margarita, por brindarme su amistad.

Mayra Barzallo

AGRADECIMIENTO

A la universidad del Azuay, por plantar las bases de mi formación académica. De manera especial a mi director de tesis, MsC. Edwin Zárate, por apoyarnos durante toda la fase de campo, y estar pendiente siempre de las correcciones al documento de tesis. A los miembros del tribunal, Dra. Cecilia Palacios y Dr. Piercòsimo Tripaldi, por las observaciones al Anteproyecto y documento final de tesis. A los técnicos de laboratorio, por brindarnos las facilidades durante los procesos de limpieza e identificación de algas diatomeas. Al Blgo. Agustín Sparer por indicarnos técnicas de recolección de algas, e identificación al microscopio.

Mayra Barzallo

Mi más grande agradecimiento a mis abuelos y mi madre que sin ellos nada de esto se hubiera logrado, por su gran apoyo. A nuestro director de tesis quien supo guiarnos durante todo el trayecto de la tesis, a nuestro tribunal y a los técnicos de laboratorio quienes supieron brindarnos su apoyo en este proyecto y, por último, pero no menos importante, a ti Rubia por haber estado ahí conmigo en cada momento y por toda la ayuda que me supiste dar, sin ti tampoco lo hubiera logrado.

Paulina Sacoto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	6
METODOLOGÍA	6
1.1 Área de estudio	6
1.2 Fase de campo	8
1.2.1 Diseño experimental	8
CAPÍTULO II	15
RESULTADOS	15
2.1 Variables físico-químicas	15
2.2 Variables biológicas	17
2.2.1 Composición y abundancia relativa de las comunidades.	17
2.2.2 Diversidad alfa	23
2.2.2.1 Riqueza específica	23
2.2.2.2 Rarefacción	24
2.2.2.3 Método no paramétrico de análisis de diversidad (Chao 1)	25
2.2.2.4 Equidad y dominancia.	26

2.2.3 Ordenamiento de las comunidades biológicas	28
2.2.3.1 Análisis de conglomerados (Clúster).	28
2.2.4 Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)	29
CAPÍTULO III	34
DISCUSIONES	34
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio. Los puntos rojos señalan los sitios de monitoreo.	7
Figura 2. Abundancia relativa de los valores promedio de las microcuencas de estudio. Río Migüir y río Patul, los más y menos representativos respectivamente (columnas color negro).	17
Figura 3. Abundancia relativa de las especies de toda el área de estudio. Tabellaria sp.1 y Placoneis sp. entre las más y menos importantes, por su abundancia relativa. El eje de la Y muestra el porcentaje de contribución de cada especie.....	18
Figura 4. Abundancia relativa por cada uno de los puntos de muestreo. Río Machángara 1 es el sitio con mayor abundancia relativa (columna color negro), río Vivar 2 es la microcuenca con menor contribución en porcentaje (columna color gris).	19
Figura 5. Configuración de las especies en las distintas microcuencas. El eje X muestra las especies y el eje Y la contribución en porcentaje.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Riqueza específica por microcuenca de estudio. Río Balao y río Cañar con mayor y menor número de especies (columnas color negro).	23
Figura 7. Curva de rarefacción que muestra la riqueza de especies para una muestra estándar de 732 individuos. No existe superposición de los intervalos de confianza en el punto en el que la muestra mayor (río Migüir) iguala a la muestra menor (río Patul).....	24
Figura 8. Curva de acumulación de especies. Riqueza observada (Sobs) 133 sp., riqueza estimada 136 sp. El eje de las X indica el número de sitios de muestreo, el eje de las Y muestra el número de especies. Líneas azules indican valores de Sobs y Chao1.	25
Figura 9. Valores de diversidad de Shanon-Wiener y equidad (J). Río Balao y río Migüir los más diversos; río Cañar y río Yanuncay, las microcuencas con mayor equidad (J). Las barras de error indican la incertidumbre de los datos.	27
Figura 10. Análisis de conglomerados (Clúster) de las diferentes microcuencas de estudio.	29
Figura 11. Relación entre sitios de estudio y variables ambientales. Los vectores (líneas rojas) indican la proximidad de las variables con las estaciones de muestreo (en color verde).....	32

Figura 12. Correlación de sitios, objetos (especies) y variables ambientales.	33
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Códigos por estación de muestro y sus coordenadas	9
Tabla 2. Valores promedio (PRO) y desvío estándar (DS) de las variables físico-químicas medidas en las microcuencas de estudio, durante los meses de febrero a mayo.	16
Tabla 3. Valores de inercia total (restringida y no restringida). La Inercia restringida representa el 54.58%, la inercia no restringida equivale al 45.41%.	30
Tabla 4. Dimensiones que mejor explican la inercia total restringida (donde se encuentran las dimensiones relacionadas con las variables explicativas).	30
Tabla 5. Tabla de resultados del Análisis de varianza (ANOVA).	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo a. Abundancia total y relativa por microcuenca de estudio	46
Anexo b. Composición de las comunidades por cada uno de los sitios de estudio. Abundancia relativa.	47
Anexo c. Especies dominantes en cada microcuenca de estudio.	50
Anexo d. Riqueza específica por sitio de muestreo.	55
Anexo e. Tabla de resultados de cálculos de diversidad alfa, por microcuencas de estudio y sitios de muestreo.	57
Anexo f. Códigos (especies) empleados en el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC).	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

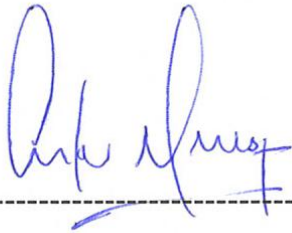
Ilustración 1. <i>Gomphonema sp.6</i>	59
Ilustración 2. <i>Navicula sp.2</i>	59
Ilustración 3. <i>Amplipleura pellucida</i> y <i>ceratoneis sp.</i>	60
Ilustración 4. <i>Tabellaria sp.1</i>	60
Ilustración 5. <i>Melosira sp.</i>	60

Ilustración 6. <i>Diatoma sp.</i> 5	61
Ilustración 7. Limpieza de las microalgas con peróxido de hidrógeno	61
Ilustración 8. Muestra de microalgas para la limpieza	62
Ilustración 9. Muestras listas para la limpieza	62
Ilustración 10. Río Yanuncay.....	63
Ilustración 11. Río Yanuncay punto 1	63
Ilustración 12. Río Balao.....	64
Ilustración 13. Piedras con muestra de microalgas.....	64
Ilustración 14. Piedras con muestra de microalgas lista para la recolección.....	65
Ilustración 15. Río Migüir	65
Ilustración 16. Río Cañar.....	66

RESUMEN

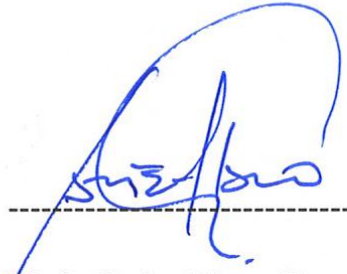
El presente estudio investigó la diversidad de microalgas diatomeas presentes en 10 riachuelos en los páramos del sur del Ecuador. El muestreo se realizó mediante el método de raspado de piedras. Se registraron un total 103993 individuos de 126 especies pertenecientes a 64 géneros. Se encontró una riqueza promedio de 69 especies por sitio siendo la mayor de 73. El análisis clúster determinó la presencia de tres grupos a un nivel de 58% de similitud, mientras que el ACC nos muestra como las principales variables que influenciaron en la agrupación de especies al caudal, conductividad y la temperatura del agua.

Palabras clave: microalgas, diatomeas, diversidad, bentónicas, riachuelos, páramos, ecuador



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Coordinador de Escuela.



Edwin Javier Zárate Hugo

Director de tesis



Mayra Elizabeth Barzallo Guarquila

Autoras:

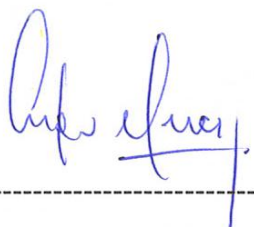


Ana Paulina Sacoto Guzmán

ABSTRACT

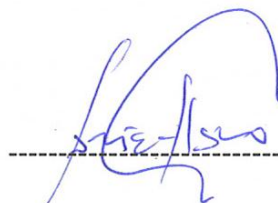
This study investigated the diversity of diatomic microalgae present in 10 paramo streams of southern Ecuador. Sampling was performed using the stone scraping method. A total of 103993 individuals of 126 species belonging to 64 genera were registered. An average richness of 69 species per site was found being the highest of 73. The cluster analysis determined the presence of three groups at a level of 58% similarity, while the ACC showed that the main variables that influenced the grouping of species were flow, conductivity and water temperature.

Keywords: Microalgae, diatoms, diversity, benthic, creeks, paramos, Ecuador.



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Faculty Coordinator



Edwin Javier Zárate Hugo

Thesis Director

Authors



Mayra Elizabeth Barzallo Guarquila



Ana Paulina Sacoto Guzmán



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by
Ing. Paúl Arpi

INTRODUCCIÓN

Los páramos poseen diversos ecosistemas que son capaces de ofrecer valores ambientales para la mayoría de la población mundial, ya que estos abarcan diferentes especies endémicas. Lo más importante y fundamental para todos los seres vivos es el agua, pero este recurso se ha visto afectado por la expansión de la frontera agrícola, ganadera y la minería, entre otros factores. Esto ha hecho que este recurso tenga un manejo inadecuado, y así dañando la integridad de los páramos y sus servicios ecosistémicos (Hofstede, et. al, 2014).

Estos contienen la mayor diversidad de organismos. Debido a los cambios que sufren por la contaminación, se han venido deteriorando en su forma y estructura de cada comunidad, e incluso, se ha visto alterada la función biológica de los medios acuáticos. Los cuales contienen distintos grupos funcionales que se benefician de la materia orgánica como fuente de energía, según la gradiente, generando respuestas biológicas en función de la comunidad a lo largo del río. (Vannote, et al. 1980). Afectando el ciclo de vida, por medio del estudio de algunos organismos acuáticos se ha logrado obtener información de los cambios físicos y químicos en el agua (Calero, et. al, 2012).

La mayoría de los ríos por su recorrido a través de extensas zonas en los valles andinos, la corriente va arrastrando sedimentos que son propios de la cuenca, en algunos casos estos sedimentos son procedentes de alcantarillados que son desechos de las fabricas e industrias que son derivadas de la zonas agrícolas. En su mayoría, estos factores determinan un elevado sistema heterogéneo, debido a estos factores se deben efectuar los análisis físico-químicos con equipos sofisticados, los cuales reflejan los resultados solo al momento que se muestrea. En algunos países, la falta de estos equipos sofisticados ha hecho que busquen alternativas, como la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea, que recomienda el

uso de organismos como los peces, macroinvertebrados y microalgas, como herramientas en la evaluación del estado ecológico de aguas superficiales. (Calizaya, Avendaño & Delgado, 2013).

El conjunto de algas bénticas es la base energética en los medios fluviales, por su principal aporte en la producción primaria, siendo así las diatomeas importantes para la composición de la biota, por la riqueza y diversidad, y siendo útiles como bioindicadores (Pedraza, et. al. 2011).

Las microalgas participan en las cadenas tróficas como productoras primarias, producen materia orgánica, contiene clorofila y otros pigmentos fotosintéticos capaces de realizar fotosíntesis orgánica. Estas son las principales productoras de oxígeno en algunos ambientes y puede establecer un grupo dominante en la flora microscópica dentro de un ecosistema, ya que son los principales productores primarios del planeta. Debido a su rápida respuesta a cambios en el ambiente, las convierte en excelentes bioindicadores de la calidad de agua (Céspedes, 2014).

Las diatomeas son las más utilizadas para los estudios de calidad de agua, debido a que brindan mayor eficiencia en la información sobre la integridad biológica de los sistemas acuáticos, debido a su rápido cambio en las condiciones ambientales. Si hay una alta riqueza indica una buena calidad de agua, dado que muchas de estas especies se adaptan a condiciones favorables, y disminuyendo en ambientes contaminados (Hernández Silvia, 2012) debido a que estas, forman un inmenso conjunto de fricción algal de las corrientes de agua (Río, et. al, 1993).

La característica más importante que poseen estas algas es la capacidad depuradora del medio ambiente, gracias a la fase de la fotosíntesis, por medio de cual introduce oxígeno

disuelto para la oxidación de la materia orgánica, y para el bienestar del resto de microorganismos que componen el sistema lótico. (Luján, 2000).

Las investigaciones que se han desarrollado con estas técnicas de biomonitoreo usando indicadores biológicos, a través de la estimación de índices de sensibilidad de los organismos, mediante su sensibilidad a la presencia de sustancias malignas que contienen los ríos, los índices biológicos informan la sensibilidad, en qué estado de contaminación se encuentra el agua. (Toro et al., 2003).

Importancia de los indicadores biológicos

Un indicador biológico es considerado por su presencia y abundancia, estos indican cambios en los sistemas en el cual habitan, por lo que a estos se les asocia directamente como indicadores de calidad de agua. Un contaminante que perturbe el ambiente provocará cambios en la mayoría de los organismos, debido a su sensibilidad, ya que algunas sustancias pueden adherirse al cuerpo, y otros, pueden indicar las características del agua, como es la turbulencia, estratificación y presencia de iones, mediante la utilización de estos indicadores biológicos ha facilitado tener información de los parámetros físico químicos, (Pinilla, 1998).

Generalidades de las algas

Las algas son importantes por su capacidad de cambiar el pH, alcalinidad, el color, la turbidez y radioactividad del agua; estas también generan grandes cantidades de materia orgánica, y gracias a su función reguladora y productora, son conocidas como productoras primarias de los sistemas fluviales (Santamaría, 2011).

Generalidades de las diatomeas

Las diatomeas son agentes principales en detectar y monitorear la mayor contaminación y eutrofización (Lobo, et. al. 2010). Se encuentran adheridas a rocas o plantas, son heterótrofas y fotosintéticas, siendo las principales productoras de oxígeno (Céspedes, 2014). Estas se caracterizan por que tienen células que están rodeadas por una pared celular formada de sílice. La frústula está constituida de dos partes no simétricas, que son, la epiteca y la hipoteca. (Colín, et. al. 2013). Cuando un río está contaminado con algún químico, se puede diferenciar rápidamente por la baja presencia de las microalgas. (Medina, et. al. 2012). Tienen capacidad fitorremediadora, ya que reciclan los contaminantes a su cuerpo mediante la absorción, para generar biomasa (Hernández & Labbé, 2014).

Objetivo general:

- Determinar la diversidad de microalgas diatomeas bentónicas presente en las diferentes corrientes de los páramos del sur del Ecuador.

Objetivos específicos:

- Identificar las especies de microalgas presentes en las corrientes de agua de los Páramos del sur del Ecuador
- Determinar la estructura y composición de microalgas presentes en los páramos del sur del Ecuador.
- Realizar análisis comparativos entre las diferentes localidades estudiadas.

CAPÍTULO I

METODOLOGÍA

1.1 Área de estudio

Nuestra investigación se realizó en el Macizo del Cajas, que abarca las provincias de Azuay, Cañar, Guayas y El oro, en el sur del Ecuador, con una altitud máxima de 4.450 msnm y llegando hasta la franja marino-costera, ocupando una superficie aproximada de 1 millón de hectáreas (Etapa, 2013). Siendo sus principales afluentes el río Tomebamba, Mazan, Yanuncay, Migüir, Balao, Machángara, y Quinoas, La vegetación está compuesta de Bosque de Neblina, Bosque Siempre Verde Montano Alto y Páramo (MAE, 2014).

El Macizo del Cajas, que está ubicado al sur del Ecuador, se caracteriza por su alta diversidad de flora y fauna, pero sobre todo por el gran número de cuerpos de agua que lo conforman siendo un total de 786. (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2018). Los páramos dentro del Macizo del Cajas se encuentran ubicados principalmente en la provincia del Azuay, pero también se extienden a la provincia del Cañar, (figura 1), y se ubican entre los 3200 y 4500 m s.n.m. Siendo la especie predominante del páramo de pajonal la gramínea de *Calamagrostis intermedia*, se encuentra además especies como *Polypepis* y *Pinus sp.* (Árboles de quinua y pino), *Pteridofitas* (helechos), *Puya Hamata* (achupalla), *Azorella pedunculata* (yareta) *Cortaderia selloana* (sigsal), (Jiménez & Rodríguez, 2013).

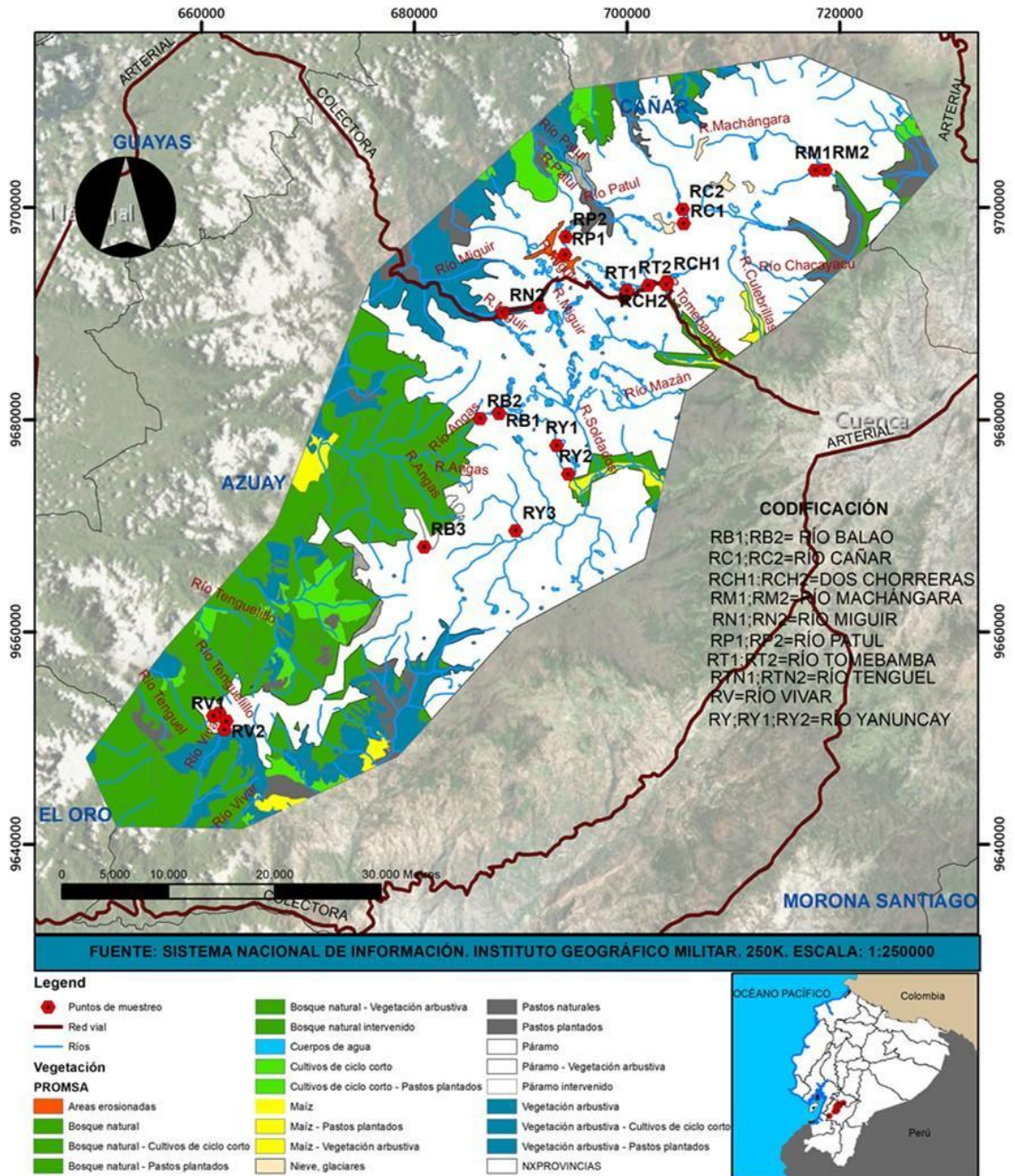


Figura 1. Mapa del área de estudio. Los puntos rojos señalan los sitios de monitoreo.

La red hidrográfica dentro del Macizo del Cajas, el área de estudio incluye las cuencas altas de los ríos Machángara, Yanuncay, Tomebamba, que drenan hacia el Atlántico, y las cuencas de los ríos Cañar, Balao, Migüir, Tenguel, Patul y Vivar que drenan al Pacífico. El 90.6% del área corresponde al ecosistema de páramo herbáceo, exceptuando pequeñas áreas, localizadas al Sur, Este y Oeste que corresponde a espacios intervenidos; los sectores norte (Patul), y sur (Soldados), incluyen a un sistema lacustre de 235 lagunas de origen

glacial (MAE, 2014). La precipitación media anual varía entre 750 y 1562 mm (Galeas & Guevara, 2012). Por otra parte, la temperatura media anual esta alrededor de 8°C mientras que la mínima y máxima varia de -2 a 24 °C respectivamente (Camacho, 2013).

Actualmente el Macizo del Cajas es una región altamente productiva generando recursos de importancia nacional como turismo, cerca del 51 % de la hidroenergía del país, pesca y diversas industrias (Rodríguez et. al, 2014). Casi el 49,42% del Macizo del Cajas se ha visto afectado por actividades antrópicas (MAE, 2015).

1.2 Fase de campo

1.2.1 Diseño experimental

Para nuestro estudio se seleccionó 10 riachuelos en diferentes microcuencas y se tomó en cada una 2 réplicas, separadas entre uno a dos kilómetros, y en cada réplica se tomaron tres sub-muestras, estos sitios se encuentran ubicados entre los 3400 a 4000msnm, siendo en su mayoría los puntos de muestreo ubicados en páramo herbáceo.

A estos riachuelos se les trato como una microcuenca, siendo cada uno de estos afluentes a los ríos que nombramos a continuación, (Tabla 1).

Tabla 1. CÓDIGOS POR ESTACIÓN DE MUESTRO Y SUS COORDENADAS

Ríos	Código	X	Y
Angas zona alta	RB1	688002	9680590
Angas zona baja	RB2	686216	9680102
Migüir zona baja	RN1	691757	9690573
Migüir zona alta	RN2	688344	9690084
Quinoas zona baja	RT1	700009	9692173
Quinoas zona alta	RT2	702045	9692667
Yanuncay zona alta	RY1	689548	9669552
Yanuncay zona baja	RY2	693417	9677589
Yanuncay	Ry3	694527	9674899
Pucará zona alta	RTN1	661700	9652375
Pucara zona baja	RTN2	661122	9652110
Destacamento militar	RV1	662345	9651631
Quebrada militar	RV2	662180	96508837
Chanlud zona alta	RM1	717721	9703489
Chanlud zona baja	RM2	718672	9703508
Patococha zona alta	RC1	705337	9698478
Patococha zona baja	RC2	705257	9699827
Patul zona alta	RP1	694178	9695535
Patul zona baja	RP2	694261	9697214
Dos chorreras	RCH1	703761	9693019
Dos chorreras zona baja	RCH2	703698	9692758

Toma de muestras

El muestreo de diatomeas se realizó en diferentes riachuelos que se encuentran en los páramos en el Macizo del Cajas, sur del Ecuador. La recolección de las muestras se realizó mediante el método del raspado de piedras que estuvieron dentro de la corriente, evitando las zonas con poca luz, corriente lenta o agua empozada.

Para la toma de muestras se realizó el método de raspado el cual es realizado con la ayuda de un cepillo, en una superficie conocida marcada mediante un recipiente en forma circular para tener la misma área de raspado en cada muestra. Así en cada estación se raspo tres piedras o sustratos, es decir, en cada muestreo se recolecto tres submuestras. En cada estación, además, con la ayuda de multiparámetros se midió la temperatura, conductividad, O₂ y pH del agua.

Protocolo de conservación de muestras.

Las muestras fueron colocadas en frascos de plástico de 100ml con agua del mismo río, este frasco fue etiquetado con un código para cada muestra, se adiciono 5 gotas de solución de lugol al 1% como conservante y se trasladó las muestras al laboratorio en hieleras para su identificación.

Trabajo de laboratorio

Tratamiento de muestras

Para la conservación y manipulación de las muestras se utilizó placas portaobjetos y cubreobjetos. Para poder realizar el conteo primero se realizó un proceso de limpieza en las muestras, el cual elimina toda la materia innecesaria, quedando solo con diatomeas (Cambra, et. al 2005) con los siguientes pasos a seguir:

- Agitar el frasco de muestra para homogenizarla y vertir 10ml de muestra en un Erlenmeyer.
- Añadir 20 ml de Peróxido de hidrógeno, agitar y calentar en la cocina a 90°C por 3 horas en la campana de extracción para la correcta oxidación de la materia.

- Colocar 5 gotas de ácido clorhídrico y dejar reposar por 3 horas para eliminar el carbonato cálcico.
- Pasar la muestra del erlenmeyer a dos tubos de ensayo con la misma cantidad de muestra, de ser necesario se ajustó con agua destilada.
- Se colocó por 5 minutos en la centrifugadora a una velocidad de 2000 rpm ($v=2$) repitiendo 3 veces el proceso con 5 minutos de descanso.
- Finalmente, se prepararon 8 placas colocando una gota de muestra en cada placa con su respectivo cubreobjetos.

Identificación de Muestras

La identificación se realizó siguiendo las claves de Fitoplancton de Bicundo Carlos & Meneses Mariágela, 2006, la tesis de Merchán Diana & Sparer Agustín, 2015, Catalogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador (Guamán & Gonzáles, 2016) y Atlas de los microorganismos de Agua Dulce (Salazar, 1987). Mediante estas claves se llegó a género de especie y de los posibles se llegó a nivel de especie.

Las muestras se observaron por medio de un microscopio (OLYMPUS CX21 y OLYMPUS CH-2) y para su conteo se utilizó el método directo (Villafañe y Reid, 1995) considerando a cada célula como un individuo.

Análisis de datos.

Para los análisis de datos se tuvo en cuenta el uso de:

Índices de diversidad alfa y beta los cuales se consideró tanto el número de especies como la abundancia de individuos de cada especie en un mismo lugar.

Índice de diversidad alfa (α) de Williams

Este índice está basado en el modelo de la serie logarítmica de distribución de abundancia de especies. Su valor se obtuvo a partir de la ecuación o del diagrama de William

$$S = \alpha 1n^{\frac{1+N}{\alpha}}$$

Diversidad beta es el grado de recambio de especies que pudo producirse por gradientes ambientales (Whittaker, 1972). Se basa en proporciones que pueden evaluarse en base a índices o coeficientes de similitud, disimilitud o distancia a partir de datos cualitativos o cuantitativos. (Wilson & Shmida, 1984).

Chao

Nos permitió calcular índices de diversidad, curvas de rarefacción, y graficar curvas de acumulación de especies (Espinosa, 2003).

Chao1

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Smith y van Belle, 1984).

S= es el número de especies en una muestra

a= es el número de especies que estuvieron representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de “single- tons”)

b= es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (Colwell, 1997)

Índice de Simpson

Este índice nos muestra la probabilidad de que individuos tomados al azar en una muestra sean de la misma especie.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la

especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifestó la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Ya que su valor es inverso a la equidad, su diversidad puede ser calculada como $1 - \lambda$ (Lande, 1996).

Shannon – Wiener.

Este considera todas las especies en una muestra aleatoria de una población infinita que están representadas en una muestra. Este índice es considerado un buen indicador del impacto del ambiente sobre las diatomeas, es expresado en “bits cel-1” que es una unidad que detona la cantidad de individuos de cada muestra, utilizando este índice se sugiere el uso de una escala de valores de diversidad para los diferentes niveles de contaminación, de 0 - 4 donde valores de 0-1 representaría una contaminación severa y de 3 - 4 una contaminación imperceptible (Calizaya-Anco, et al, 2013).

$$H = 1/N \log(N!/\prod n_i!)$$

H = Índice de diversidad,

n_i = número de individuos

$N = \sum n_i$ total de individuos en todas las especies.

Utilizando la aproximación de Stirling para $N!$:

$$\ln N! \approx N \ln N - N$$

La fórmula de Shannon - Wiener seria:

$$\hat{H} = -\sum p_i \ln p_i$$

$\hat{H}$ = diversidad estimada

$p_i = n_i/N$ proporción de individuos en la i -ésima especie

También se efectuó un análisis de correspondencia entre variables. Específicamente Análisis Canónico de Correspondencias el cual nos permitió relacionar la abundancia de especies con variables ambientales (Carmona Jiménez et al. 2016).

Para verificar si hay un conglomerado de especies se aplicó un análisis clúster, el cual clasifica a las especies formando grupos de homogeneidad de acuerdo a un conjunto de variables (Santana, 1991).

Anova

Para determinar si existe una diferencia significativa entre las microcuencas de estudio se realizó un análisis de varianza la nos permitió analizar, y probar la hipótesis en donde hipótesis nula nos muestra que todas las medias de la población son iguales en tanto que la hipótesis alternativa nos indica que existe diferencia (Boqué, 2004).

CAPÍTULO II

RESULTADOS

2.1 Variables físico-químicas

En cada una de las microcuencas de estudio se midieron parámetros físico-químicos como la temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), conductividad (uS/cm), sólidos disueltos (ppm), oxígeno disuelto (mg/l), ancho del cauce (m), y caudal (m/s). El rango promedio de temperatura en las 10 microcuencas estudiadas va de 8 a 13.8 °C. La microcuenca con menor temperatura son río Balao, con 8.0 C; mientras que, río Cañar (13.8 °C) tiene la más altas temperaturas. Los demás sitios de estudio no presentan mayor variación en su temperatura.

Al hablar de pH la mayoría de las microcuencas tiende a un pH alcalino, llegando a 8.2 en río Cañar. Las demás microcuencas de estudio presentan poca variación, con excepción del río Yanuncay y Patul que poseen un pH ácido cercano a la neutralidad con 6.6. Se puede apreciar que la conductividad varía mucho, esto puede ser debido a la diversidad de cada sitio, al igual que la conductividad está relacionada directamente relacionada con los sólidos disueltos

Mientras que el rango de oxígeno disuelto (mg/l) va de -0.06 mg/l a 7.80 mg/l. Río Yanuncay es la microcuenca con más alta concentración y la microcuenca Dos Chorreras es la microcuenca con los valores más bajos de oxígeno disuelto, presentando un valor promedio.

En cuanto al caudal podemos ver que sus valores van desde 0.01 m/s hasta 1.7 m/s siendo el más rápido el río Machángara y el más bajo el río Vivar esto junto a esto tenemos ancho del cauce que varía entre los 0.93 m llegando hasta los 4m.

.

Tabla 2. Valores promedio (PRO) y desvío estándar (DS) de las variables físico-químicas medidas en las microcuencas de estudio, durante los meses de febrero a mayo.

Microcuencas	Temperatura (°C)		Potencial hidrógeno		Conductividad (uS/cm)		Sólidos disueltos		Oxígeno disuelto (mg/l)		Ancho del cauce (m)		Caudal (m/s)	
	PRO	DS	PRO	DS	PRO	DS	PRO	DS	PRO	DS	PRO	DS	PRO	DS
Río Migüir	8,9	0,495	7,6	0,106	116	27,577	57	13,435	7,75	0,297	3,5	0,636	0,39	0,225
Río Tomebamba	8,8	0,141	7,8	0,127	139	18,385	61	6,170	7,75	0,035	4,0	0,707	0,21	0,194
Río Balao	8,0	0,354	7,6	0,057	93	4,243	48	3,536	7,27	0,841	1,1	0,071	0,19	0,122
Río Yanuncay	8,3	1,344	6,6	0,516	20	8,485	10	4,243	7,80	0,099	3,6	2,263	1,11	1,437
Río Cañar	13,8	0,990	8,2	0,127	159	29,698	80	14,849	7,20	0,071	2,0	0,686	0,06	0,017
Río Machángara	10,5	1,202	7,6	0,134	102	21,920	51	11,314	7,49	0,311	1,7	0,742	1,75	2,292
Río Patul	8,5	0,424	6,8	0,368	42	3,536	21	2,121	7,05	0,233	0,9	0,849	0,14	0,173
Río Tenguel	11,8	2,051	7,5	0,424	69	53,740	36	26,163	7,24	0,049	2,1	0,643	0,02	0,025
Dos Chorreras	10,6	0,000	7,8	0,042	164	0,707	82	0,707	-0,06	0,066	2,1	0,827	0,39	0,316
Río Vivar	11,8	2,051	7,5	0,424	69	53,740	36	26,163	7,24	0,049	2,1	0,643	0,02	0,025

PRO=Promedio DS= Desviación estándar

2.2 Variables biológicas

2.2.1 Composición y abundancia relativa de las comunidades.

Durante los meses de febrero a mayo de 2018, se registraron en total 103993 individuos (Anexo 1), que corresponde a 126 morfoespecies, en 20 puntos de muestreo de 10 ríos diferentes (dos puntos en cada río). Si analizamos la abundancia por microcuenca, río Migüir fue la que presentó más individuos (19.91 %), seguido de los ríos Balao (18.60%), Machángara (14.16%) y Tenguel (12.97%), representando en conjunto el 65.6% de su abundancia relativa; mientras que río Yanuncay (3.84%), río Cañar (3.81%), río Patul (1.61%) y río Vivar (1.42%) representan en conjunto apenas el 10.7 % de la abundancia relativa. (Figura 2).

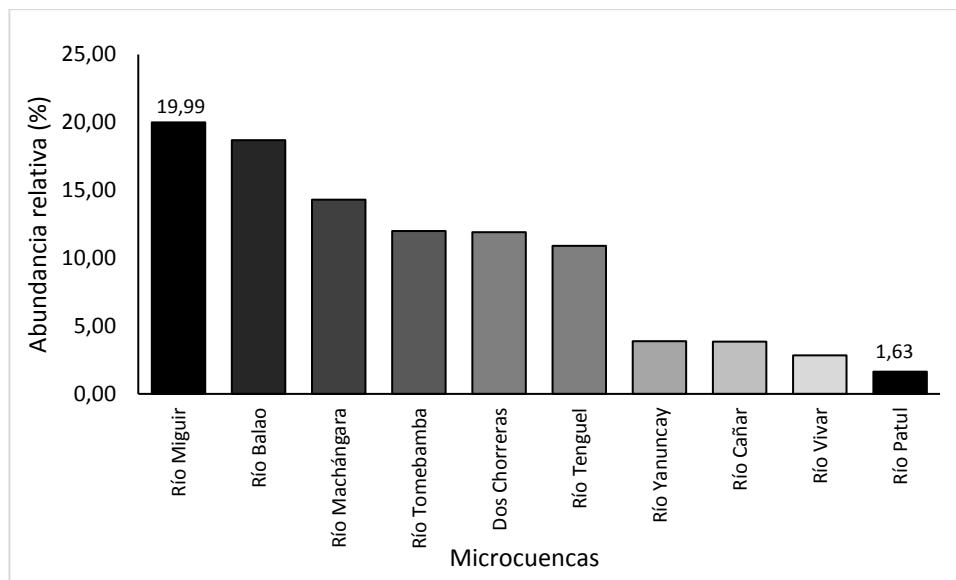


Figura 2. Abundancia relativa de los valores promedio de las microcuenas de estudio. Río Migüir y río Patul, los más y menos representativos respectivamente (columnas color negro).

Tabellaria sp.1 es la morfoespecie más abundante (17.5%), seguida de *Melosira* sp.1(10.6%), *Achnantidium* sp. (9.7%) y *Navícula* sp.1(6.7%) sumando en conjunto el

44.5% de su abundancia relativa; al contrario, especies como *Fragilaria sp. 3*, *Pseudabaena sp.*, *Fragilaria construens* y *Placoneis sp.* tienen abundancias poco significativas. (Figura 3)

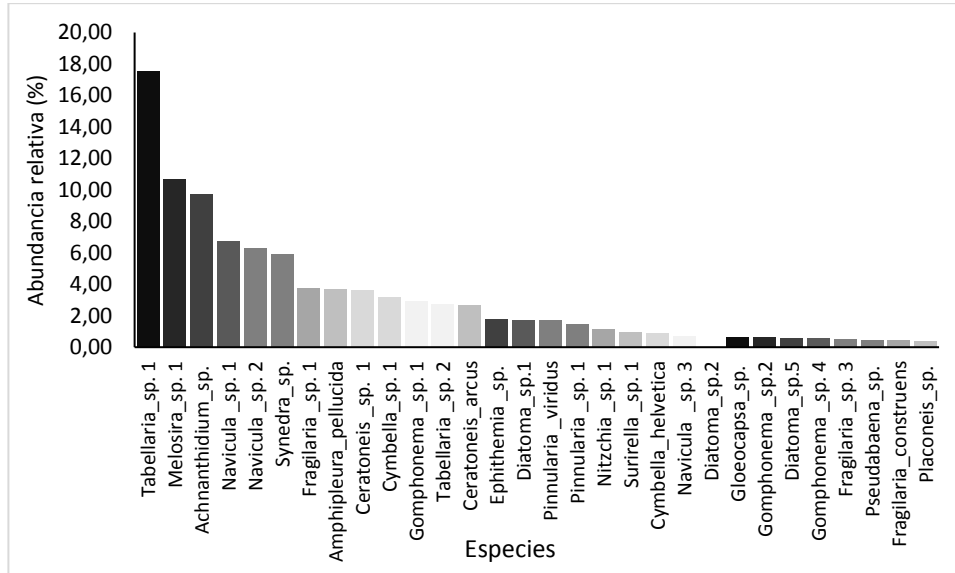


Figura 3. Abundancia relativa de las especies de toda el área de estudio. *Tabellaria sp.1* y *Placoneis sp.* Entre las más y menos importantes, por su abundancia relativa. El eje de la Y muestra el porcentaje de contribución de cada especie.

Si analizamos la información por cada uno de los puntos de estudio, encontramos una relación bastante similar que si la analizáramos en su conjunto. Río Machángara 2, río Migüir 2, río Vivar, río Cañar 1 y río Patul 2 son los cinco sitios de estudio con mayor número de individuos, alcanzando en su conjunto una abundancia relativa de 52.3%. Al otro extremo encontramos a río Yanuncay 2, Dos Chorreras 1, río Patul 1, río Yanuncay 1 y río Tomebamba 1 como los sitios con menor abundancia relativa, sumando en conjunto solo un 4.7%. (Figura 4).

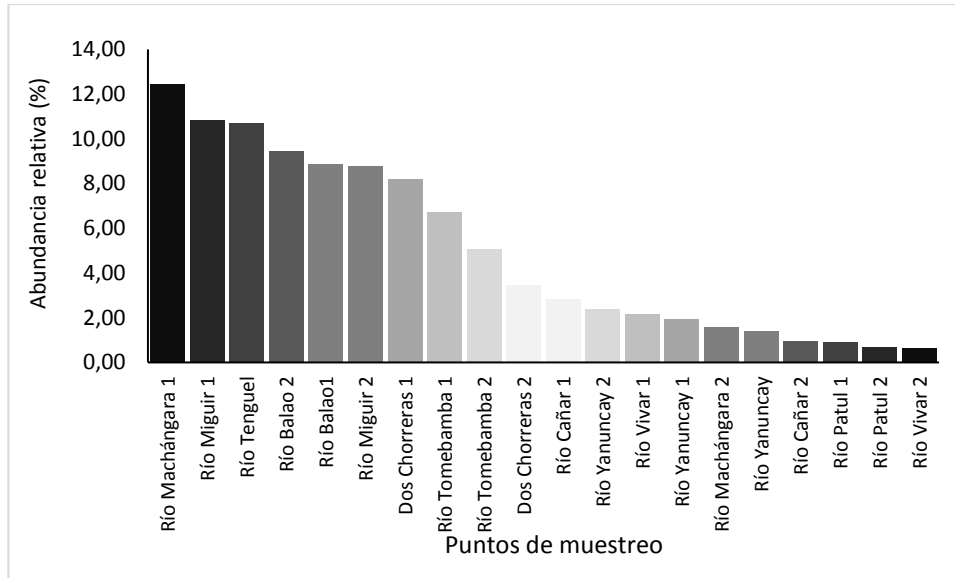


Figura 4. Abundancia relativa por cada uno de los puntos de muestreo. Río Machángara 1 es el sitio con mayor abundancia relativa (columna color negro), río Vivar 2 es la microcuenca con menor contribución en porcentaje (columna color gris).

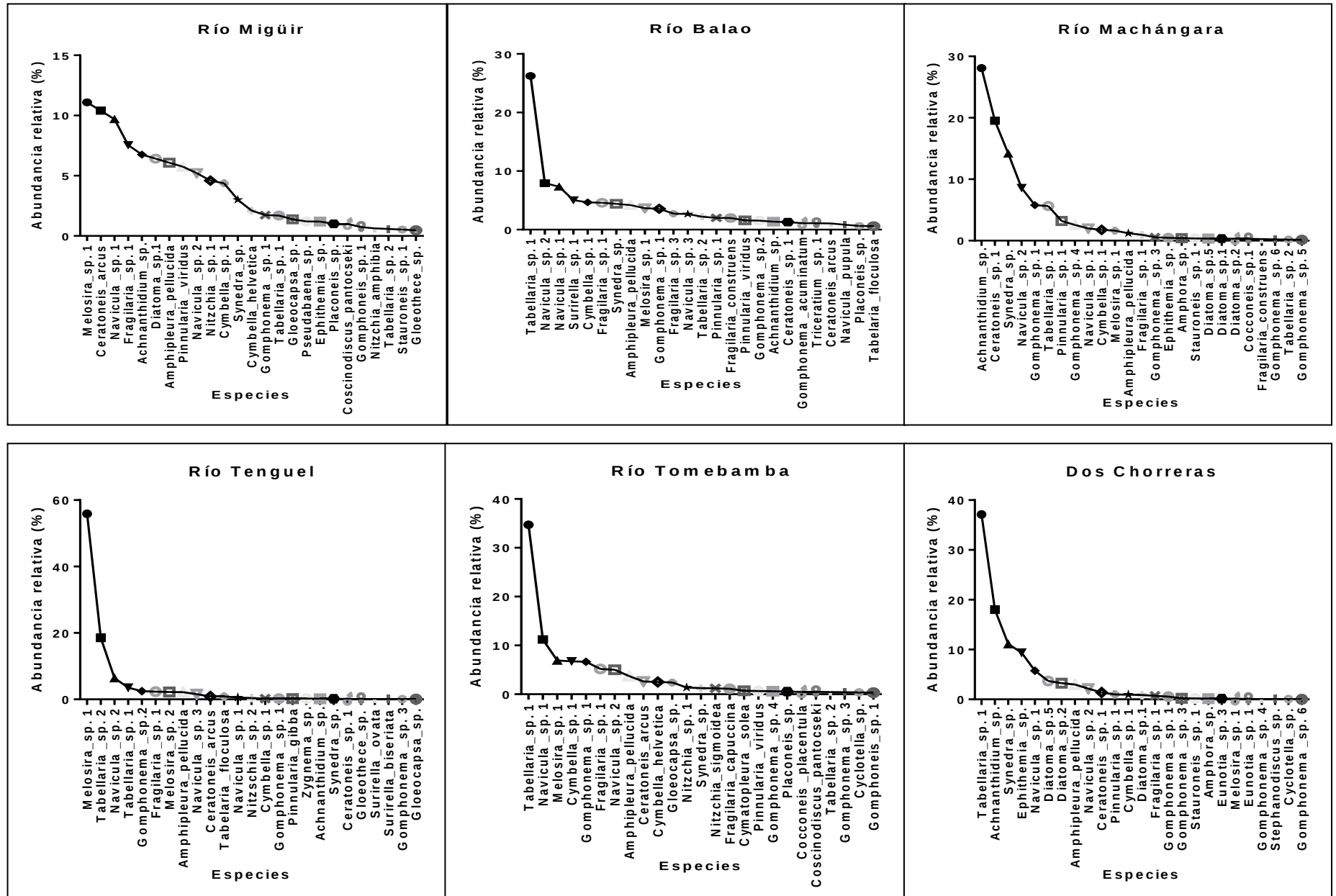
La configuración de las especies es muy diferente si analizamos cada una de las microcuencas de estudio. De las 126 morfoespecies registradas, solo 12 de ellas se encuentran en todas las microcuencas (*Amphipleura pellúcida*, *Cymbella* sp. 1, *Fragilaria* sp. 1, *Melosira* sp. 1, *Navícula* sp., *Tabellaria* sp. 1) entre otras; es decir, que el 90.9% restante de especies se encuentra repartida indistintamente entre los sitios de estudio. Podemos comparar algunas microcuencas con mayor y menor abundancia y determinar sus especies características.

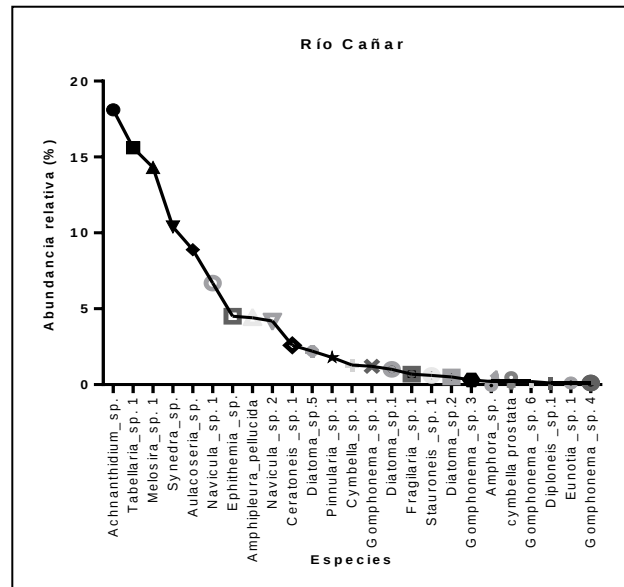
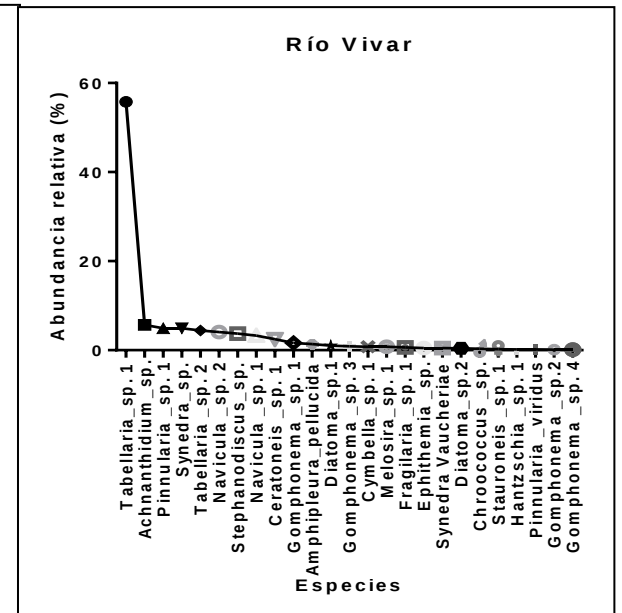
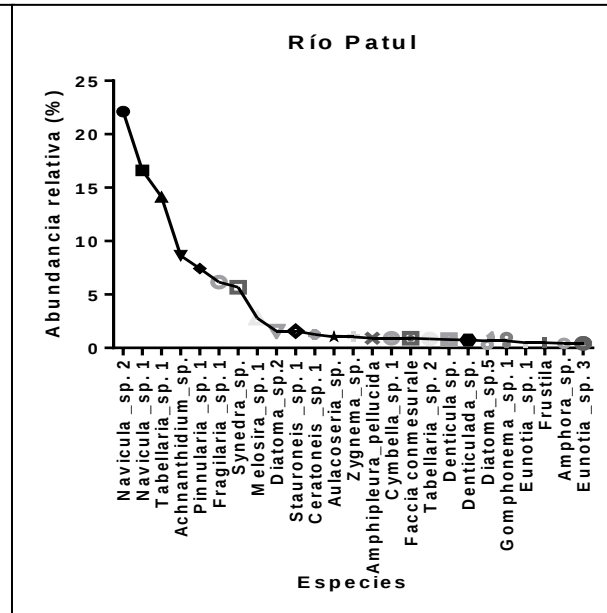
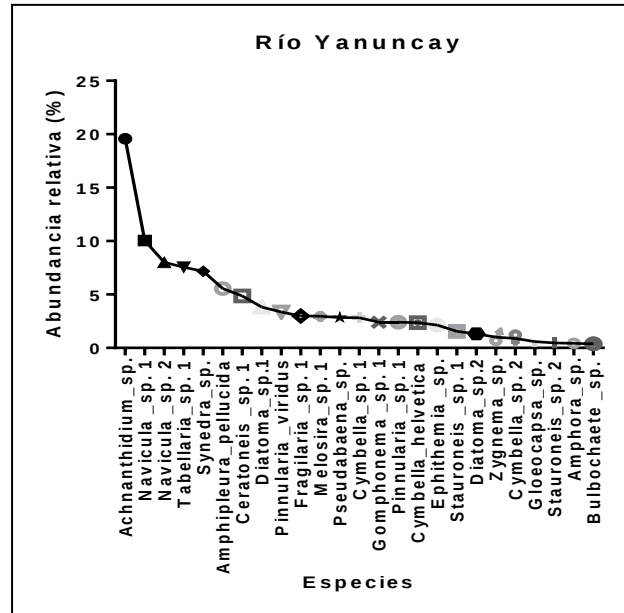
La microcuenca del río Miguir, que de acuerdo a los resultados es uno de los sitios con mayor abundancia relativa, refleja especies dominantes como *Melosira* sp.1. (11.0%), *Ceratoneis arcus* (10.3%), *Navícula* sp.1 (9.6%) y *Fragilaria* sp.1 (7.5%); pero si la comparamos con la microcuenca del río Balao, que es la segunda en abundancia relativa, en esta las especies más importantes son *Tabellaria* sp.1 (26.1%), *Navícula* sp.2 (7.9%), *Navícula* sp.1 (7.3%) y *Surirella* sp.1 (5.0%). De las cuatro primeras especies dominantes, solo *Navícula* sp.1 se repite en las dos microcuencas con mayor abundancia.

Si comparamos la dominancia de las especies entre microcuencas con menor abundancia relativa, encontramos que en Patul, especies como *Navícula sp.2* (22.1%), *Navícula sp.1* (16.6%), *Tabellaria sp.1* (14.1%) y *Achnantidium sp.* (8.6%) figuran entre las más importantes; mientras que en río Vivar, en primer lugar, encontramos a *Tabellaria sp.1* (27.2%), seguida de *Achnantidium sp.* (18.6%), *Navícula sp.2* (11.5%) y *Trachelomana sp.2* (9.8%). Podemos ver que, al comparar las dos microcuencas menos abundantes, se repiten la mayoría de sus especies dominantes.

Si comparamos ahora las microcuencas con mayor y menor abundancia relativa, registramos a *Melosira sp.1.* (11.0%), *Ceratoneis arcus* (10.3%), *Navícula sp.1* (9.6%) y *Fragilaria sp.1* (7.5%) como las especies más dominantes en río Migüir; mientras que en río Patul, *Navícula sp.2* (22.1%), *Navícula sp.1* (16.6%), *Tabellaria sp.1* (14.1%), seguida de *Achnantidium sp.* (8.6%), y *Pinnularia_sp1* (7.6%) figuran como las especies más representativas. Al comparar estas dos microcuencas podemos observar que la configuración de sus especies dominantes es muy diferente.

En microcuencas como la del río Tenguel y Dos Chorreras donde su especie más dominante alcanzan una abundancia relativa de 46.5% y 37.1% respectivamente, nos indica que la abundancia está pobremente repartida entre sus especies, lo cual afectará negativamente su diversidad; en cambio, microcuencas como la del río Migüir donde su especie más dominante solo alcanza un 11% de su cobertura relativa, indica una distribución de la abundancia más equitativa entre sus especies, lo que favorece su diversidad. (Figura 5. Anexo 2 y 3).

Figura 5. Configuración de las especies en las distintas microcuencas. El eje X muestra las especies y el eje Y la contribución en porcentaje.



2.2.2 Diversidad alfa

2.2.2.1 Riqueza específica

De las diez microcuencas estudiadas, Río Balao es la que registra mayor riqueza específica, con un promedio de 69 especies, seguida de río Cañar y Dos Chorreras, con un promedio de 50 y 44 especies, respectivamente. Río Tenguel, río Vivar y río Yanuncay son las microcuencas que presentan los promedios más bajos, con 28, 27 y 24 especies cada una. (Figura 6)

Si analizamos la riqueza específica por sitio de muestreo, río Balao 1 es el sitio con mayor riqueza, registrando 73 especies, seguida de río Balao 2 (64 sp.) y río Cañar 1 (51 sp.). Al contrario, río Yanuncay 2 el sitio con menor riqueza, alcanzando un registro de 23 sp. (Anexo 4).

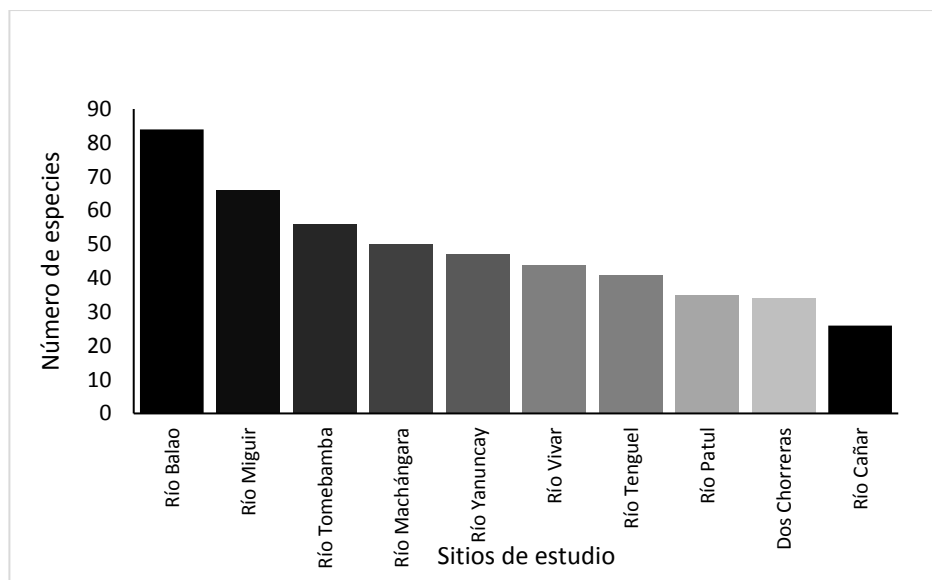


Figura 5. Riqueza específica por microcuenca de estudio. Río Balao y río Cañar con mayor y menor número de especies (columnas color negro).

2.2.2.2 Rarefacción

Para una muestra estándar de 732 individuos, no existe superposición de los intervalos de confianza al 95% en el punto en el que la muestra mayor (río Migüir=10246 individuos) iguala a la muestra menor (río Vivar=732 individuos) en la curva de rarefacción; por lo tanto, la diferencia en la riqueza de especies es estadísticamente significativa, con 30 especies en Vivar y 42 especies en Migüir.

También observamos diferencia estadísticamente significativa en la riqueza de especies entre las microcuencas de río Balao y Dos Chorreras, ya que sus intervalos de confianza al 95% nunca se solapan. Al contrario, las microcuencas de los ríos Migüir, Tomebamba, Tenguel, Machángara, Yanuncay, Patul, muestran intervalos de confianza que se solapan, por lo tanto, no existe una diferencia significativa en la riqueza de especies entre esas microcuencas. (Figura 7).

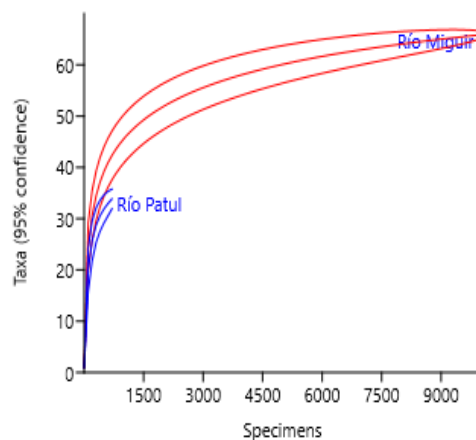


Figura 6. Curva de rarefacción que muestra la riqueza de especies para una muestra estándar de 732 individuos. No existe superposición de los intervalos de confianza en el punto en el que la muestra mayor (río Migüir) iguala a la muestra menor (río Patul).

2.2.2.3 Método no paramétrico de análisis de diversidad (Chao 1)

La curva de acumulación de especies, de Colwell, muestra que la riqueza acumulada de toda el área de estudio tiende a alcanzar una asíntota definida, lo que implica que existe una mínima distancia entre la riqueza observada y la esperada. Chao 1 indica que la riqueza observada alcanza un registro de especies equivalente al 97,8% de la riqueza estimada para toda el área de estudio (riqueza observada=133, Chao1=136 (98.0 ± 26.3 media $\pm$ SD); intervalo de confianza del 95%[CI]=140.4-131.6

Estos resultados sugieren que el esfuerzo de muestreo es el adecuado para el área de estudio, porque la curva tiende a estabilizarse, es decir que, aunque se incrementase el esfuerzo de recolección, se agregarían pocas especies nuevas. (Figura 8).

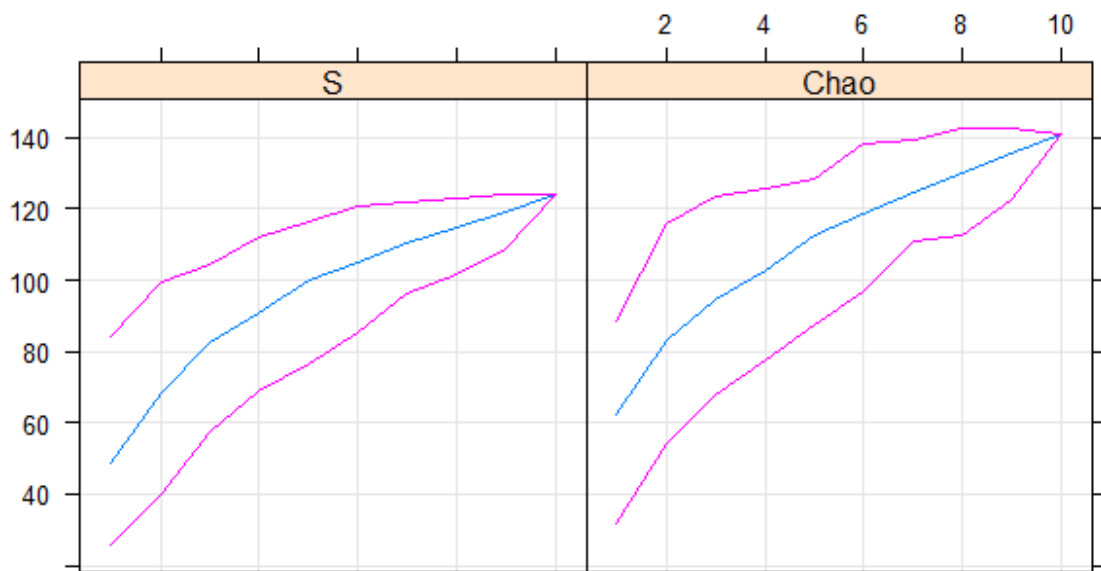


Figura 7. Curva de acumulación de especies. Riqueza observada (Sobs) 133 sp., riqueza estimada 136 sp. El eje de las X indica el número de sitios de muestreo, el eje de las Y muestra el número de especies. Líneas azules indican valores de Sobs y Chao1.

2.2.2.4 Equidad y dominancia.

Los valores del índice de Shanon-Wiener muestran un rango de diversidad alfa que va de 1.9 - 3.0 bits lo que indica que las microcuencas en su conjunto presentan una diversidad media (1.5-3 bits); al igual que la equitabilidad (J) o distribución de la abundancia de las especies, cuyo rango va de 0.48 - 0.76.

Si analizamos la información por microcuenca de estudio, encontramos que río Migüir (3.1 bits) y río Balao (3.0 bits) son los sitios de mayor diversidad, seguidas por la microcuenca del río Yanuncay, con una diversidad de 2.9 bits. Entre las microcuencas con menor diversidad se encuentran río Tenguél, Dos chorreras y río Machángara, con diversidades medias de 1.9 bits, 2.1bits y 2.3 bits, respectivamente.

En cuanto a la equidad (J) o similitud de la abundancia entre las especies, lo cual afecta directamente la diversidad; río Cañar ($J = 0.763$), río Yanuncay ($J = 0.756$) y río Migüir ($J = 0.733$) son la microcuenca con mayor equidad, lo que indica que su alta diversidad depende sobre todo de una distribución similar de su abundancia entre sus especies, no tanto de su riqueza específica. Al contrario, río Tenguél, Dos Chorreras y río Machángara, presentan valores bajos de equidad, lo cual constituye un factor que se relaciona directamente con su menor diversidad.

Podemos también analizar la dominancia de estos sitios, lo cual refleja la concentración de la abundancia en pocas especies. Entre las microcuencas con mayor dominancia están río Tenguél ($D=0.27$), Dos Chorreras ($D=0.20$), río Machángara ($D=0.15$) y río Tomebamba ($D=0.16$). Estos valores indican que su mayor abundancia está concentrada en pocas especies, lo cual sugiere también relacionada con una menor diversidad.

La corta longitud de las barras de error que observamos sobre los puntos (Figura 9) que representan a las diferentes microcuencas, a excepción de río Patul y río Vivar, indica que la concentración de los datos sobre los que se calculó los valores de diversidad, equidad o dominancia, es alta; y que, por lo tanto, debido a la baja incertidumbre, podemos confiar en la seguridad de esos resultados. En río Patul y río Vivar sus largas barras de error indican una alta incertidumbre, por ende, sus valores no se conocen con total seguridad. (Figura 9)

El análisis de Varianza (ANOVA) de medidas repetidas, entre las diferentes microcuencas de estudio, dio como resultado que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los diferentes sitios de estudio ($p=0.0056$, $F=3.797$, $R^2=0.02756$). (Anexo 5).

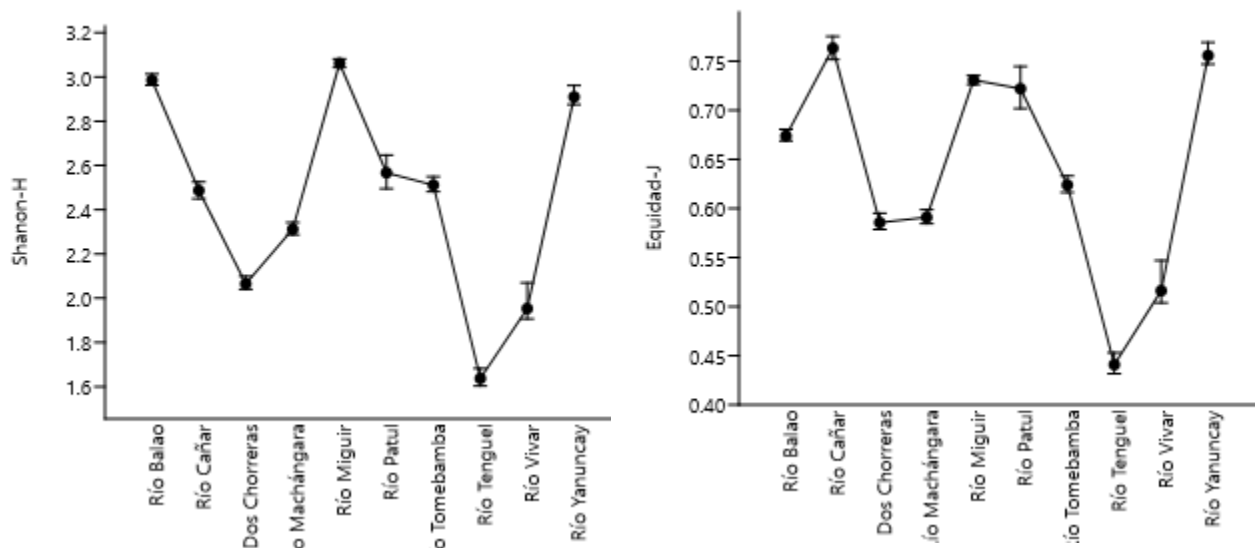


Figura 8. Valores de diversidad de Shanon-Wiener y equidad (J). Río Balao y río Miguir los más diversos; río Cañar y río Yanuncay, las microcuencas con mayor equidad (J). Las barras de error indican la incertidumbre de los datos.

2.2.3 Ordenamiento de las comunidades biológicas

2.2.3.1 Análisis de conglomerados (Clúster).

El análisis de clasificación jerárquica, o llamado análisis Clúster, a un nivel de similitud del 50 % muestra la conformación de dos grandes grupos, con máxima homogeneidad dentro de los elementos de cada grupo, y mayor diferencia entre grupos. Es decir que las microcuencas consideradas similares serán asignadas a un Clúster, mientras que las que sean diferentes formarán un Clúster distinto.

El primer grupo de clasificación está formado por río Migüir, río Tomebamba, río Balao y río Tenguel; mientras que el grupo dos lo conforman río Vivar, río Patul, río Yanuncay, río Machángara, río Cañar y Dos Chorreras. La mayor o menor distancia espacial entre estas microcuencas está determinada por muchas variables, como las especies que comparten entre sí.

Si realizamos un corte a un 60% de similaridad obtenemos cuatro grupos, el primero formado por los ríos Migüir y Tomebamba, el segundo grupo constituido por los ríos Balao y Tenguel, el tercer grupo formado únicamente por el río Vivar, y el cuarto grupo por los ríos Patul, Yanuncay, Machángara, Cañar y Dos Chorreras. Esta nueva configuración de grupos indica que a medida que aumentamos el nivel de similaridad estas se parecen menos, hasta llegar a un nivel de similaridad (80%) donde cada microcuenca se comporte de manera única.

Podemos también analizar que dentro del grupo 1 de clasificación jerárquica (Clúster), mencionada inicialmente, río Migüir y río Tomebamba, son las microcuencas que más se parecen entre sí, con un nivel de similitud del 62%. Mientras que en el grupo dos, río Cañar y Dos Chorreras son las que más se parecen entre sí, mostrando incluso uno nivel de similitud del 80% aproximadamente.

Por el contrario, si analizamos la disimilitud entre los dos grupos, encontramos que la microcuenca del sector Dos Chorreras, o río Cañar, no se parecen a microcuencas del río Tomebamba o del río Miguir, ya que son microcuencas que, de acuerdo a la clasificación jerárquica de conglomerados, su ubican en clúster diferentes. (Figura 10).

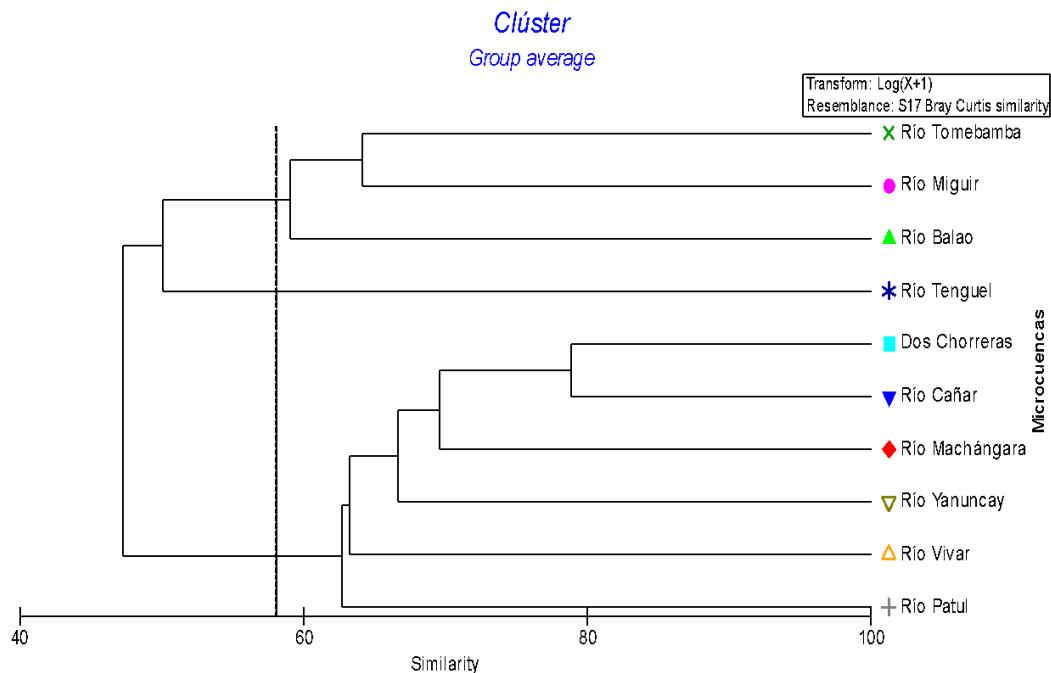


Figura 9. Análisis de conglomerados (Clúster) de las diferentes microcuencas de estudio.

2.2.4 Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

En el ACC nuestras variables externas como temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos disueltos (ppm), porcentaje de saturación de oxígeno ($\% \text{O}_2$), oxígeno disuelto (mg/l), ancho del cauce (m) y caudal (m/s) fueron las variables explicativas en un modelo de regresión lineal que nos permitió obtener las dimensiones del espacio que mejor explican la varianza (inercia) de los datos.

El primer resultado que obtuvimos es la inercia total (2.444) que indica la varianza total de los datos, la misma que está formada por la inercia restringida (1.334) que es el espacio donde hallamos las mejores dimensiones que explican los datos de la especie, y la inercia

no restringida (1.110) que es el espacio que no se halla correlacionado con las variables ambientales. Estos resultados indican hasta el momento una alta probabilidad que no exista relación entre las variables ambientales y las especies. (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de inercia total (restringida y no restringida). La Inercia restringida representa el 54.58%, la inercia no restringida equivale al 45.41%.

Inercia:		
	Valor	%
Total	2,4445565	100
Restringida	1,33438026	54,5857812
No-restringida	1,11017624	45,4142188

Dentro de la inercia restringida encontramos las mejores dimensiones F1 (30.62%) y F2 (20.89%) que explican el 51.51 % de la varianza de los datos. Si escogiésemos otras dimensiones como F1 (30.62%) y F3 (17.37%) apenas se explicaría el 47.99% de la varianza total de la inercia total restringida. (Tabla 4).

Tabla 4. Dimensiones que mejor explican la inercia total restringida (donde se encuentran las dimensiones relacionadas con las variables explicativas).

Valores propios y porcentajes de inercia (ACC):							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valor propio	0,409	0,279	0,232	0,145	0,131	0,087	0,051
Inercia restringida (	30,622	20,891	17,375	10,885	9,839	6,545	3,843
% acumulado	30,622	51,512	68,887	79,773	89,612	96,157	100,000
Inercia total	16,715	11,403	9,484	5,942	5,371	3,573	2,098
% acumulado (%)	16,715	28,118	37,603	43,545	48,915	52,488	54,586

La prueba de contrastación de hipótesis nula (H_0 =no existe relación lineal entre las variables ambientales y las especies) e hipótesis alternativa (H_i = sí existe relación lineal) dio como resultado un p value=0.095; lo que nos indica que aun nivel de significancia del 0.05, no existe ninguna relación lineal entre las variables explicativas o ambientales y las especies.

Al estudiar la relación de las estaciones de muestreo con las variables ambientales podemos ver que los ríos Tenguel (RTN2), Patul (RP1 y RP2) y Yanuncay (RY2) mantienen relación con el oxígeno disuelto (mg/l) y ancho del cauce (m); mientras que no muestra relación con variables como el caudal (m/s), pues se encuentran al lado opuesto del eje. Otras estaciones como río Cañar (RC1 y RC2) se relacionan con la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), aunque esta relación no es tan cercana, pues se encuentran alejados del vector ($^{\circ}\text{C}$), río Machángara (RM1) parece estar más relacionado con el caudal (m/s). Dos Chorreras (RCH1 y RCH2) y río Yanuncay (RY1) muestran una fuerte relación con las variables físico-químicas como el pH, la conductividad (uS/cm) y sólidos disueltos (ppm), siendo esta la más importante de las relaciones entre sitios y variables.

Analizando la Figura 11, microcuencas como la del río Balao (RB1 y RB2), río Tomebamba (RT1 y RT2) y río Migüir (RN1 y RN2) no muestran relación con ninguna de las variables ambientales, esto se comprueba por la ausencia de los vectores en el cuadrante superior derecho donde se localizan las estaciones mencionadas.

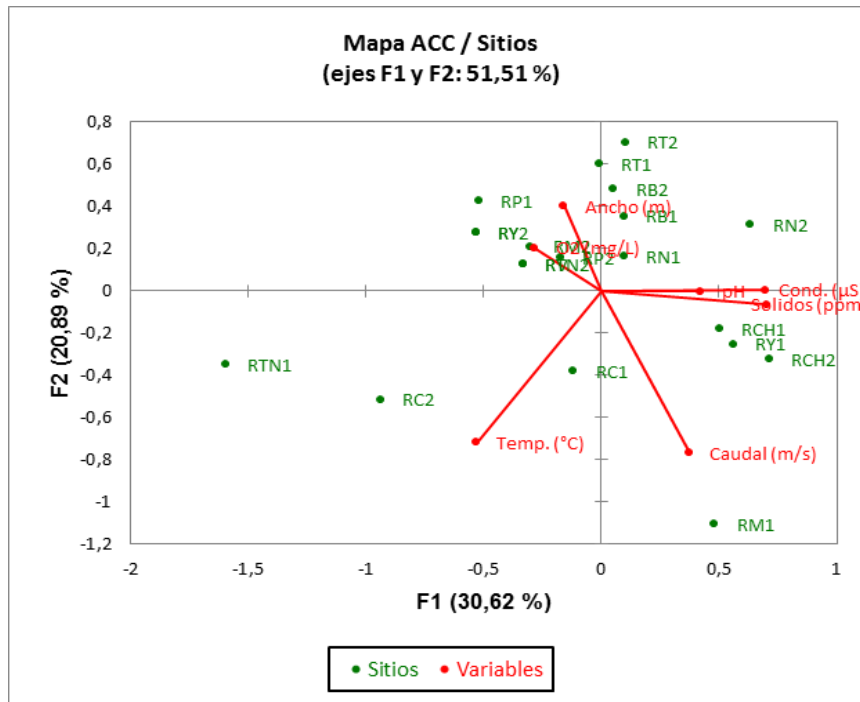


Figura 10. Relación entre sitios de estudio y variables ambientales. Los vectores (líneas rojas) indican la proximidad de las variables con las estaciones de muestreo (en color verde).

Al estudiar la relación de las variables físico-químicas, con las especies y las estaciones de muestreo (Figura 12), vemos que especies como *Pleurotarium* (Pleur), *Gomphonema sp.2* (Gom2), *Surirella biseriata* (Sur_bi) y *Anabaena sp.* están relacionadas con los sólidos disueltos (ppm) y el ancho del cauce (m) en las estaciones de los ríos Tenguel (RTN2), Yanuncay (RY2) y Patul (RP1). Otras especies como *Melosira sp.1* (Mel1), *Tabellaria sp. 2* (Tab2), *Pinnularia gibba* (Pinn_gi) están fuertemente relacionadas con las estaciones de los ríos Tenguel (RTN1) y Cañar (RC2), aunque muestran una relación débil con la temperatura (°C). Los códigos asignados a las especies para el ACC se pueden observar en el Anexo 7.

Especies como *Gomphonema sp.3* (Gom3), *Gomphonema sp.1* (Gom1), *Surirella ovata* (Sur_ov), *Gomphonema olivaceum* (Gom_ol), *Navícula sp.2* (Nav2), *Eunotia sp.1* (Eun1), *Ephithemia sp.* (Eph-sp), *Eutonia sp.3* (Eun3) están fuertemente relacionados con la

conductividad (uS/cm), el pH y los sólidos disueltos (ppm), en las estaciones Dos Chorreras (RCH1 y RCH 2) y río Yanuncay (RY1). Con el caudal (m/s) están fuertemente relacionadas especies como *Cymbella prostata* (Cyb_pr), *Achnanthidium sp* (Ach_sp), *Gomphonema sp.4* (Gom4) y *Gomphonema sp.6* (Gom6) en la estación del río Machángara (RM1).

La temperatura (°C), el caudal (m/s), la conductividad (uS/cm) y los sólidos disueltos (ppm) son los factores más importantes en el ordenamiento de las especies en los sitios de muestreo, esto se determina por la mayor longitud de sus vectores. Las variables ambientales con mayor correlación entre sí son la conductividad (uS/cm) y los sólidos disueltos (ppm), por un lado; y el oxígeno disuelto (mg/l) y el ancho del cauce, por otro, esto se demuestra por el menor ángulo existente entre sus vectores (Figura 12).

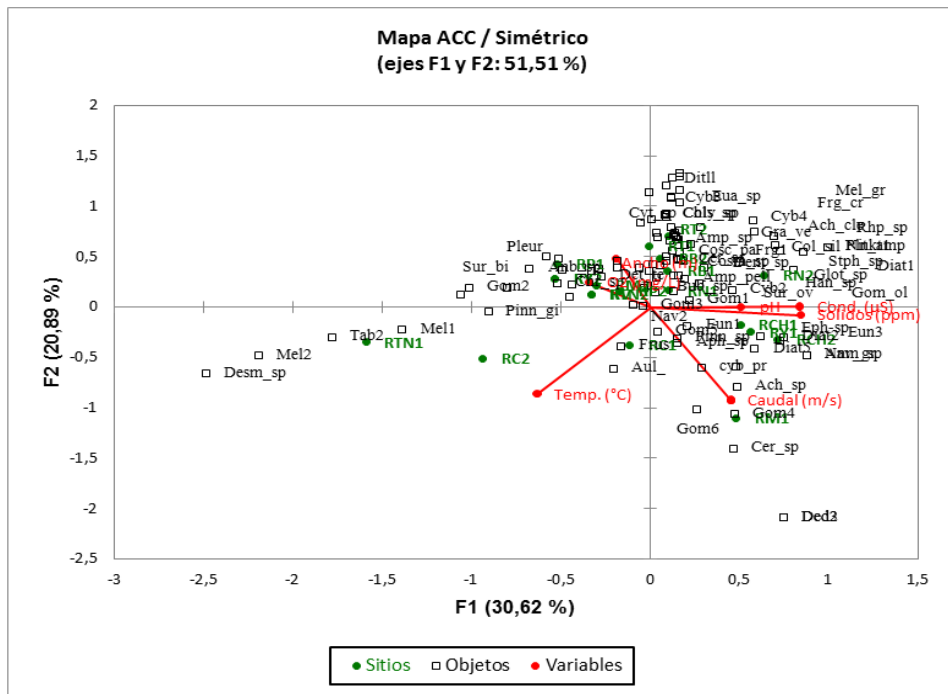


Figura 11. Correlación de sitios, objetos (especies) y variables ambientales.

CAPÍTULO III

DISCUSIONES

Variables físico químicas.

En nuestro estudio se registró 126 especies de microalgas bentónicas, de las cuales 12 especies son las más comunes y abundantes, en algunos riachuelos se pudo observar que influyó las variables físico químicas.

Los bajos niveles de oxígeno disuelto registrados en Dos Chorreras puede explicarse por la intensa actividad antropogénica, (Licursi, & Gómez, 2003) como el uso de abonos en pastos para ganadería, que luego por escorrentía son llevados hacia quebradas y ríos, lo cual provoca un incremento de la materia orgánica que agota los niveles de oxígeno disuelto (Díaz-Quirós & Rivera- Rondón, 2004).

Las descargas agrícolas explica también las altas concentraciones de sólidos disueltos (82ppm) y conductividad eléctrica (164 $\mu\text{S}/\text{cm}$) registradas en Dos Chorreras, lo cual coincide a lo reportado por Díaz-Quirós & Rivera- Rondón, (2004) en su estudio de “Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales”.

La mayor abundancia de diatomeas está relacionada con muchos factores, entre ellos, el pH. En un pH básico es donde mejor se desarrollan las comunidades de perifíton, ya que esto incide directamente en el incremento de los niveles de nutrientes (De la Parra & Rodelo, 2012), a su vez esto coincide con nuestros resultados encontrados, donde los ríos con pH ligeramente básico como Migüir (pH=7.6) y Balao (pH=7.6) son las microcuencas con mayor abundancia.

A temperaturas bajas existe una mayor abundancia de diatomeas debido a que su rango ideal va de 5 °C a 20 °C; mientras que, a temperaturas altas no son tan abundantes, de acuerdo a lo expresado por Stevenson (1996). Esto coincide con nuestros resultados, ya que se observa una mayor abundancia de diatomeas en los ríos Migüir y Balao, con temperaturas promedio de 8.0 °C y 8.9°C, respectivamente, en comparación con

microcuencas con menor abundancia como río Vivar y Cañar, con temperaturas más altas, de 11.8°C y 13.8°C respectivamente.

Según Ramírez, et. al. (2008) una baja abundancia de diatomeas está en relación con un pH ácido, el cual se da por un alto contenido de materia orgánica que puede ser procedente de la vegetación circundante o por condiciones geológicas de la microcuenca. Esto coincide con nuestros resultados, donde el pH ácido (pH=6.6) y (pH= 6.8) de los ríos Yanuncay y Patul explica la menor abundancia en estas microcuencas.

Dentro de nuestro estudio se registraron 126 especies de diatomeas, de las cuales solo 12 de estas especies se encuentran en todas las microcuencas, siendo estas: *Amphipleura pellúcida*, *Cymbella sp. 1*, *Fragilaria sp. 1*, *Melosira sp. 1*, *Navícula sp.*, *Tabellaria sp.1*. La distribución de estas especies nos indica que pueden ser catalogadas como especies cosmopolitas (Koppen 1973, Potapova 2011). Es decir que estas especies se adaptan a diferentes condiciones tanto extremas como básicas, sin restricciones de variables específicas.

En los ríos con mayor caudal (Machángara, Migüir y Yanuncay), encontramos una baja diversidad, siendo las especies más representativas *Achnantheidium sp1*, *Ceratoneis arcus* y *Melosira sp1*, ya que al parecer estas especies soportan altas corrientes, según explica Potapova & Charles (2002) quienes reportaron resultados semejantes a los de este estudio y esto posiblemente debido a que tienen desarrollado un mucilago formando cadenas de valvas que se encuentran fuertemente adheridas al sustrato, y se desarrollan en medios más eutróficos.

Las microcuencas que presentaron mayor riqueza fueron río Balao con 69 especies, río Cañar con un total de 50 especies y dos Chorreas con 44 especies, de acuerdo al estudio de Ramírez, et. al. (2008) concuerda que uno de los factores que influencia es la baja corriente y el pH debido a que algunas especies están en aguas alcalinas y de alta conductividad.

En tanto que los ríos que presentan menor riqueza son río Tenguel, Vivar y Yanuncay con un porcentaje de 28, 27 y 24 especies, esto se puede dar por las bajas fluctuaciones de las

variables físico-químicas e hidrológicas, o también por la relación de la interacción biológica estos resultados concuerdan con el estudio de McCauley y Briand, (1979); Cuker (1983)

La mayor abundancia de especies como *Tabellaria* (17.5%), seguida de *Melosira*, *Achnanthidium*, *Navicula sp.1*, *Navicula sp.2* y *Synedra* coincide con los estudios de Hurtado y Morales (2016) que registran estos géneros de algas perifíticas para esta zona de estudio, lo cual además coincide con el estudio de Moschini (1996) que indica que los géneros *Amphora*, *Nitzchia* y *Melosira* se encuentran en medios más eutróficos, es decir, que toleran más la contaminación, mientras que los géneros *Ceratoneis*, *Fragillaria*, *Diatoma* y *Achnanthes* son de medios oligotróficos (Hurtado y Morales 2016).

Al momento de analizar las microcuencas con mayor y menor abundancia, podemos ver que sus especies dominantes son diferentes, en la microcuenca con mayor abundancia (Migüir, Balao) encontramos *Melosira*, *Ceratoneis* y *Navicula* lo que según Segura, Cantoral, Uriza, Israde, Maidana (2012); Hurtado y Morales (2016), y Molina (2013) nos indicaría que aquí se encuentran aguas más contaminadas ya que estas especies son tolerantes a la contaminación. Mientras que en la microcuenca con menor abundancia (Vivar, Patul) encontramos especies como son *Tabellaria*, *Achnanthidium* y *Trachelomana sp.2* las cuales son más sensibles a los medios contaminados según AELS (2018).

Según el análisis clúster podemos ver que las microcuencas ms parecidas son la de Dos Chorreras y río Cañar con un índice de similaridad de 80% el cual se debe a sus características similares en temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos, siendo estas a su vez las más diferentes a las microcuencas del río Tomebamba y al río Migüir, las cuales son de características similares debido a las actividades antropogénicas presentes en ambas microcuencas. Si realizamos el corte a 63% podemos ver que existen 4 grupos de microcuencas de las cuales río Tenguel es la microcuenca más independiente ya que no tiene similitud con otras microcuencas.

Nuestro análisis Canónico nos permite ver que cada variable tiene su vector y su longitud, la cual indica la importancia de las variables al estar más o menos alejada de los puntos se puede observar una relación mayor o menor con los sitios muestreados, al igual que vemos que tan relacionadas están las variables entre sí por el ángulo formado entre ellas. Por

ejemplo río Tenguel está muy alejado de la temperatura es decir tiene una relación mínima, de esta manera pudimos relacionar la abundancia de especies con las variables ambientales (Hurtado y Morales 2012).

CONCLUSIONES

Las variables físico químicas nos muestran que en los diferentes punto de estudio existe una diferencia significativa entre pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, y caudal.

En nuestro estudio existe una diferencia significativa ya que se registraron 103993 individuos que corresponden a 126 especies de diatomeas, de las cuales solo 12 de estas especies se encuentran en todas las microcuencas, siendo los géneros más representativos: *Amphipleura pellúcida*, *Cymbella sp. 1*, *Fragilaria sp. 1*, *Melosira sp. 1*, *Navícula sp.*, *Tabellaria sp.1*. ya que estas especies son más tolerantes a ecosistemas contaminados y son cosmopolitas.

Los ríos que presentan mayor riqueza son Balao, Cañar y dos Chorreras, ya que influyen algunas variables como es el pH, alcalinidad y la conductividad, en tanto los ríos que muestran una baja riqueza son Tenguel, Vivar y Yanuncay, debido a las bajas fluctuaciones de las variables físico-químicas e hidrológicas.

Existe diferencia y variación entre la abundancia y diversidad ya que las comunidades de diatomeas nos indican el estado de cambio de las fluctuaciones a través de los parámetros físico – químicos y como influencia en cada uno de las especies.

BIBLIOGRAFÍA

Aels. (2018). Autoecología del genero Tabellaria. Recuperado de:

<http://aulaestudiolagosanabria.info/genero-tabellaria/>

Boqué, R., & Maroto, A. (2004). El análisis de la varianza (ANOVA) 1. Comparación de múltiples poblaciones. *Grupo de Quimiometria y Calimetria. Universitat Rovira i Virgil*.

Calizaya-Anco, J., Avendaño-Cáceres, M., & Delgado-Vargas, I. (2013). Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 30, 58-63.

Calero, T. Huanacuni & Nina (2012). *DIATOMEAS COMO BIONDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA*.

Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sustentable. *ANALES*, 77 – 91.

Cambra, J., Ector, L., & Sabater, S. (2005). Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva del MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos Microalgas Bentonicas. Confederación Hidrológica de EBRO, URS. Recuperado de:
http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_fitobentos.pdf

Carmona Jiménez, Javier et al. (2016). “Estudio Del Valor Indicador De Las Comunidades De Algas Bentónicas: Una Propuesta De Evaluación Y Aplicación En El Río Magdalena, Ciudad De México.” *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32(2): 139–52.
<http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.02.01/46574>

Céspedes Vargas Edwin. (2014). Análisis taxonómico de las principales especies de diatomeas (Bacillariophyceae) en seis sitios en la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa

Rica. Universidad de Costa Rica. Tesis presentada para optar al grado de Licenciatura en Biología, con énfasis en Ecología y Gestión de Ambientes Acuáticos. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

Colín-García, M., Heredia, A., Dos-Santos-Rodríguez, C., Figueira, E., Almeida, S. F., Basiuk, V. A., ... & Vrieling, E. G. (2013). Sílice de las Algas Diatomeas (Clase Bacillariophyceae) como material complejo y su importancia nanotecnológica. *La Granja*, 17(1), 5-15.

Colwell, R. K. 1997. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 5. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, U.S.A. Accesible en internet: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Cuker B. (1983) Grazing and nutrient interactions in controlling the activity and composition of the epilithic algal community of an arctic lake. *Limnol. Oceanogr.*;28(1):133-141.

Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scand. J. Statist.*, 11: 265-270

Chao, A. y S. M. Lee. (1992). "Estimating the number of classes via sample coverage", *Journal of American Statistical Association*, núm. 417, p 210 - 217

Díaz-Quirós, C., & Rivera-Rondón, C. A. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26(2), 381-394.

De La Parra, A., & Rodelo, K. (2012). Composición y abundancia de la comunidad de algas perifíticas del Río Cesar asociado a variables físico-químicas e hidrológicas durante los meses de Febrero-Septiembre del año 2011. Universidad del Atlántico.

Espinosa, T. E. (2003). ¿Cuántas especies hay. *Los estimadores no paramétricos de Chao*. *Elementos*, 52, 53-56.
<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/14653952/29405209.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1544748570&Signature=WJpcDNGtSV>

[W0niUudd5zOxIGkeU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCuántas_especies_hay_Los_estimadores_no.pdf](#)

Etapá. (2013). Macizo del Cajas, quinta reserva de la biosfera. 2019, de Ministerio de Turismo Sitio web: <https://www.turismo.gob.ec/macizo-del-cajas-quinta-reserva-de-la-biosfera/>

Galeas, R., & Guevara, J. (2012). Metodología para la representación cartográfica de los ecosistemas del Ecuador continental. Quito: MAE

Guamán, M., y Gonzales, N. (2016). *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador. Biodiversidad de los principales géneros de Microalgas y cianobacterias encontradas en sistemas lacustres de áreas protegidas de los Andes y Amazonía del Ecuador*. Quito – Ecuador. QUIK PRINT. Recuperado de: <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/Catlogo-de-Microalgas-y-Cianobacterias-del-Ecuador.pdf>

Hernández González, S. (2012). Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del Río Viejo, utilizando Fitobentos (Diatomeas). *Universidad Y Ciencia*, 6(9), 20-23.

Hernández-Pérez, A., & Labbé, J. I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(2), 157-173.

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., & Cerra, M. (2014). Los páramos andinos¿ Qué sabemos. *Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN, Quito, Ecuador, 156.

Hurtado, M., & Morales, L. (2016). 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. Tesis Biologo con mención en Ecología y Gestión. Cuenca – Ecuador.

Jiménez Tapia, A. K., & Rodríguez Rueda, R. Q. (2013). Incidencias de la declaración del macizo del Cajas como reserva de la biosfera en el aspecto turístico del Parque Nacional Cajas (Bachelor's thesis).

Koppen J. 1975. A morphological and taxonomic consideration of Tabellaria (Bacillariophyceae) from the north central United States. *Journal of Phycology*, 11: 236-244.

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13

Licursi, M., & Gómez, N. (2003). Aplicación de índices bióticos en la evaluación de la calidad del agua en sistemas lóticos de la Llanura Pampeana Argentina a partir del empleo de diatomeas. *Biología acuática*, (21), 31-49.

Lobo, E. A., Wetzel, C. E., Ector, L., Blanco Lanza, S., Katoh, K., & Mayama, S. (2010). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers

Lujan (2000) Las algas, indicadores de la calidad del agua, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Mccauley E & BRIAND F. (1979) Zooplankton grazing and phytoplankton species richness: Field tests of the predation hipótesis. *Limnol Oceanogr.* 24(2):243-252.

Medina, J., Piña, V., Nieves, S., Arzola, G., & Guerrero, I. (2012). La importancia de las microalgas. CONABIO. *Biodiversitas*, 103, 1-5.

Ministerio del Ambiente. 2014. Guía informativa de las Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. Quito.

Ministerio del Ambiente. 2018. Actualización del plan de Manejo del Parque Nacional Cajas. ETAPA EP.

Molina, M. (2013). Efectos del derrame de petróleo sobre la comunidad fitoplanctónica de la laguna de Papallacta y sus principales afluentes (Tesis de Licenciatura). Quito- Ecuador.

Moschini, C. (1996). Importancia, Estructura e Dinamica da Comunidade Perifítica nos Ecossistemas Aquáticos Continentais. São Luís, Maranhão, Brasil. Recuperado de:

<http://www.ib.usp.br/limnologia/perspectivas/arquivo%20pdf/capitulo%206.pdf>

PEET, R. K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5: 285-307.

Pedraza, E., & Donato, J. C. (2011). Diversidad y distribución de diatomeas en un arroyo de montaña de los Andes Colombianos. *Caldasia*, 33(1).

Pinilla, G. A. P. A. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica*. U. Jorge Tadeo Lozano.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tvTbgUT4YM4C&oi=fnd&pg=PA7&dq=indicadores+biologicos++en+ecosistemas+acu%C3%A1ticos&ots=JiUSFMftMv&sig=SlxMgEe2ajfLFn887QBLEBXqYjU#v=onepage&q=indicadores%20biologicos%20%20en%20ecosistemas%20acu%C3%A1ticos&f=false>

Potapova MG, Charles DF. Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *J Biogeogr.* 2002;29(1):167-187.

Potapova M. 2011. *Tabellaria vetteri*, a new diatom (Bacillariophyceae: Tabellariaceae) from Pennsylvania, USA. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 161: 35-41.

Ramírez, A. M., & PLATA-DÍAZ, Y. A. S. M. Í. N. (2008). Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta biológica colombiana*, 13(1), 217-228.

Río, R. G., Anta, M. A. S., & Martín, F. G. (1993). Aportación al conocimiento de las diatomeas bentónicas de las aguas corrientes salmantinas. *Acta botánica malacitana*, (18), 5-29.

Rodríguez, S., Rodas, F., Schubert, A. y S. Vasco. 2014. Área de Biosfera Macizo del Cajas, Experiencias de Desarrollo Sostenible para el Buen Vivir. ETAPA EP, Municipio de Cuenca, Ministerio del Ambiente, SENPLADES, Ministerio de Relaciones Exteriores, Cooperación Alemana GIZ, Naturaleza y Cultura Internacional. Cuenca, Ecuador. http://www.biosferacajas.org/documentos/biosfera_es.pdf

Salazar, L. 1987. Atlas de los microorganismos de Agua Dulce. Ediciones Omega. Barcelona.

Santana, Ó. F. (1991). El análisis de cluster: aplicación, interpretación y validación. Papers: revista de sociologia, (37), 65-76.

Santamaría Buitrago,(2011) D. E. *Algas termófilas: revisión y caso de estudio parque nacional natural los nevados* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias).

Smith,E.P.&G. Van Belle 1984. Nonparametric estimation of species richness. Biometrics, 40: 119-129. SOBERÓN,J.&J.LLORENTE 1993. The use of species

Stevenson, R.J., M.L.Bothwell & R.L. LOWE. 1996. Algal Ecology. Academic Press. California. USA. 753 pp

Toro, J., Schuster, J. P., Kurosawa, J., Araya, E., & Contreras, M. (2003). Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados Río Maipo (Santiago: Chile). In *Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica*, 16 (p. 11).

Vannote R. L., G. W. minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell & C.E. Cushing. 1980. the river continuum concept. Cenad. J. fish Aquatic. Soci. 37:130-137.

Villafañe, V., y Reid, F. (1995). *Metodos de Microscopia para la cuantificacion de fitoplancton. Manual de Métodos Ficológicos*. Concepción.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 21(2/3):213-251.

Wilson, M. V. Y A. SHMIDA. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72: 1055-1064.

ANEXOS

Microcuencas de estudio	Abundancia total	Abundancia relativa (%)
Río Machángara	16514	15,9
Río Migüir	12884	12,4
Río Cañar	12813	12,3
Río Balao	11667	11,2
Río Vivar	11093	10,7
Río Patul	10157	9,8
Dos Chorreras	9511	9,1
Río Tomebamba	7677	7,4
Río Tenguel	7276	7,0
Río Yanuncay	4401	4,2
TOTAL	103993	100

Anexo a. Abundancia total y relativa por microcuenca de estudio

ESPECIES DE ALGAS	RÍO BALAO		RÍO CAÑAR		SECTOR DOS CHORRERAS		MACHANGARA		RÍO MIGUIR		RÍO PATUL		TOMEBAMBA		RÍO TENGUEL		VIVAR	RÍO YANUNCAY		
	RB1	RB2	RC1	RC2	RCH1	RCH2	RM1	RM2	RN1	RN2	RP1	RP2	RT1	RT2	RTN1	RTN2	RV	RY	RY1	RY2
Achnanthes_clevei	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achnanthidium_sp	0,86	1,84	15,36	25,93	19,61	14,21	29,95	13,52	0,00	14,91	0,96	18,74	0,00	0,00	0,19	1,25	18,58	7,73	13,04	31,89
Amphipleura_pellucida	1,07	7,03	4,39	4,50	2,78	3,41	0,84	4,08	4,95	7,38	0,21	1,82	3,91	3,41	2,15	0,90	2,73	0,56	14,07	1,43
Amphipleura_sp. 1	0,91	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	0,00	0,00
Amphora_sp	0,13	0,02	0,10	0,50	0,13	0,22	0,22	1,83	0,00	0,00	0,32	0,56	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,14	0,74	0,33
Amphora_ovalis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,36	0,00	0,21	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,33
Anabaena_sp	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	0,14	0,00	0,00	0,04
Anomoeoneis_sp. 1	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	0,00	0,39	0,00
Aphanothece_sp. 1	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aphanothece_sp. 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aulacoseria_sp.	0,00	0,05	11,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,14	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
Bulbochaete_sp.	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,09	0,11	0,05	0,09	0,00	0,49	0,79	0,00
Cavinula_sp.	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ceratoneis_arcus	0,51	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,28	4,30	0,00	0,00	1,69	3,81	0,87	0,00	0,00	0,00	0,15	0,04
Ceratoneis_sp. 1	1,13	1,46	3,09	1,20	0,88	2,58	20,53	11,57	0,00	0,00	0,43	2,38	0,00	0,00	0,14	2,96	0,68	19,57	0,34	0,00
Chlamydomales_sp.	0,00	0,73	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	0,00
Chroococcus_sp.	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	1,37	0,00	0,00	0,00
Cocconeis_placentula	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,20	0,88	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
Cocconeis_sp.1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	2,68	0,00	0,00	0,00	0,14	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Coelastrum_sp.	0,00	0,09	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	0,00
Coleneis_silicula	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coscinodiscus_pantocsekii	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,13	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,37
Cosmarium_sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Cyclotella_sp.	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,14	0,00	0,61	0,20	0,04	0,00	0,00	0,04	0,84	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Cymatopleura_elliptica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymbella_helvetica	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,69	0,16	0,00	0,00	0,10	5,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	5,17
Cymatopleura_solea	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	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymbella_sp. 1	3,20	5,99	0,86	2,60	0,99	0,89	0,85	9,01	7,63	0,33	0,32	1,68	0,70	14,80	0,23	0,45	1,64	2,30	4,92	1,38
cymbella prostata	0,21	0,02	0,24	0,10	0,02	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymbella_sp. 2	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	2,56	0,00
Cymbella_sp. 3	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	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymbella_sp. 4	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	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dedogonium_sp.2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dedogonium_sp.1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Denticula sp.	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Denticula_tenuis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Denticulada_sp.	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	1,68	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,05	0,00
Desmodesmus_sp.	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	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diatoma_sp.1	0,03	0,09	1,34	0,10	0,15	2,61	0,11	2,07	0,20	13,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,12	0,68	0,07	7,09	3,34
Diatoma_sp.2	0,01	0,02	0,55	0,30	2,29	5,49	0,16	1,46	0,00	0,98	0,85	2,52	0,00	0,00	0,02	0,04	1,50	0,00	3,54	0,24
Diatoma_sp.3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diatoma_sp.5	0,00	0,00	2,81	0,40	2,90	5,49	0,00	3,05	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Diatomea_sp.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diatomella_sp.	0,16	0,05	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	0,00
Diploneis_ovalis	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,05	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20
Diploneis_sp.1	0,01	0,02	0,03	0,10	0,02	0,00	0,01	0,24	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ephithemia_sp.	0,36	0,13	6,03	0,20	5,50	18,51	0,40	0,91	0,06	2,54	0,21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,63	0,00	0,07	2,36	3,14
Euastrum_sp.	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo b. Composición de las comunidades por cada uno de los sitios de estudio. Abundancia relativa.

ESPECIES DE ALGAS	RÍO BALAO		RÍO CAÑAR		SECTOR DOS CHORRERAS		MACHANGARA		RÍO MIGUIR		RÍO PATUL		TOMEBAMBA		RÍO TENGUEL		VIVAR	RÍO YANUNCAY		
	RB1	RB2	RC1	RC2	RCH1	RCH2	RM1	RM2	RN1	RN2	RP1	RP2	RT1	RT2	RTN1	RTN2	RV	RY	RY1	RY2
Eunotia_arcus	0,01	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
Eunotia_sp. 1	0,01	0,02	0,07	0,00	0,06	0,08	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Eutonia_sp. 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eutonia_sp. 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,06	0,00	0,00	0,11	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
Faccia conmesurale	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,61	0,00	0,00	1,17	0,56	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	0,00	0,00	0,00
Fragilaria_capuccina	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	2,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fragilaria_construens	4,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,26	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,01	0,00	0,00	0,07	0,05	0,00
Fragilaria_crotonensis	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	0,00	0,00
Fragilaria_sp. 1	3,40	5,67	0,82	0,20	0,05	2,33	1,00	0,67	7,36	7,66	10,43	0,56	6,23	3,81	2,33	0,36	1,37	0,70	2,56	4,68
Fragilaria_sp. 2	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fragilaria_sp. 3	5,15	0,46	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	0,00
Frustila	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Girosigma_sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gloeocapsa_sp.	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	1,27	0,00	0,00	0,68	4,73	0,07	0,00	0,00	0,00	1,43	0,24
Gloeothece_sp.	0,02	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,48	0,00	0,00	0,16	0,32	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphoneis_sp. 1	0,50	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,90	0,51	0,00	0,00	0,04	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,69
Gomphoneis_sp. 2	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema_acuminat	2,03	0,26	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	0,00
Gomphonema_olivaceum	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gomphonema_sp. 1	3,10	3,94	0,69	2,60	0,68	0,25	5,55	7,73	2,43	0,85	0,43	0,98	4,34	9,74	0,23	1,16	2,87	5,22	2,71	0,53
Gomphonema_sp.2	0,01	2,92	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,55	0,00	0,21	0,00	0,28	0,01	0,29	2,45	0,18	0,00	0,00	0,25	0,33
Gomphonema_sp. 3	0,12	0,14	0,17	0,70	0,27	0,03	0,32	2,38	0,08	0,07	0,00	0,98	0,59	0,23	0,09	0,94	0,55	0,49	0,10	0,00
Gomphonema_sp. 4	0,26	0,35	0,07	0,00	0,07	0,03	2,77	1,04	0,10	0,12	0,00	0,00	0,89	0,21	0,03	0,18	0,00	0,97	0,05	0,00
Gomphonema_sp. 5	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07	0,73	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,09	0,00	0,14	0,00	0,00
Gomphonema_sp. 6	0,01	0,07	0,03	0,50	0,00	0,08	0,21	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,14	0,10	0,00
Gracilaria_verrucosa	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hantzschia_amphioxys	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hantzschia_sp. 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,10	0,00
Hyalotheca_sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melosira_amphioxys	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	0,00	0,00	0,00
Melosira_granulata	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melosira_sp. 1	4,27	3,05	11,83	21,42	0,12	0,11	1,25	4,75	19,49	0,71	0,43	5,87	8,69	4,52	55,86	0,22	2,32	11,07	0,20	0,53
Melosira_sp. 2	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Microspora_sp.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
Microspora_confervicola	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	0,44	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00
Mougeotia_sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Navicula_granulata	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	0,00	0,10	0,00
Navicula_pupula	1,72	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	0,00	0,00
Navicula_sp. 1	9,61	5,13	7,27	5,11	4,25	9,27	1,94	2,31	6,72	13,17	14,89	18,88	8,36	15,03	0,59	2,33	5,74	8,08	17,62	4,93
Navicula_sp. 2	5,96	9,73	1,75	11,51	2,16	2,11	8,23	11,33	2,99	7,87	38,83	0,14	3,49	7,04	6,42	1,48	11,48	4,18	3,64	13,89
Navicula_sp. 3	0,31	4,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neidium_iris	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Neidium_sp. 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neidium_sp. 2	0,00	0,06	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	0,00
Nitzschia_amphibia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia_amphioxys	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia_angustata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitzschia_fonticola	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	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

[illegible]

Río Balao_Especies	AT	AR	Río Cañar_Especies	AT	AR
Tabellaria_sp. 1	2493	26,1	Achnanthidium_sp.	354	18,1
Navicula_sp. 2	756	7,9	Tabellaria_sp. 1	306	15,6
Navicula_sp. 1	697	7,3	Melosira_sp. 1	280	14,3
Surirella_sp. 1	478	5,0	Synedra_sp.	203	10,4
Cymbella_sp. 1	444	4,6	Aulacoseria_sp.	174	8,9
Fragilaria_sp. 1	437	4,6	Navicula_sp. 1	132	6,7
Synedra_sp.	421	4,4	Ephithemia_sp.	89	4,5
Amphipleura_pellucida	398	4,2	Amphipleura_pellucida	87	4,4
Melosira_sp. 1	348	3,6	Navicula_sp. 2	83	4,2
Gomphonema_sp. 1	338	3,5	Ceratoneis_sp. 1	51	2,6
Fragilaria_sp. 3	260	2,7	Diatoma_sp.5	43	2,2
Navicula_sp. 3	253	2,6	Pinnularia_sp. 1	36	1,8
Tabellaria_sp. 2	211	2,2	Cymbella_sp. 1	26	1,3
Pinnularia_sp. 1	191	2,0	Gomphonema_sp. 1	23	1,2
Fragilaria_construens	190	2,0	Diatoma_sp.1	20	1,0
Pinnularia_viridus	151	1,6	Fragilaria_sp. 1	13	0,7
Gomphonema_sp.2	145	1,5	Stauroneis_sp. 1	12	0,6
Achnanthidium_sp.	131	1,4	Diatoma_sp.2	10	0,5
Ceratoneis_sp. 1	124	1,3	Gomphonema_sp. 3	6	0,3
Gomphonema_acuminatum	107	1,1	Amphora_sp.	4	0,2
Triceratium_sp. 1	104	1,1	cymbella prostata	4	0,2
Ceratoneis_arcus	102	1,1	Gomphonema_sp. 6	3	0,2
Navicula_pupula	79	0,8	Diploneis_sp.1	1	0,1
Placoneis_sp.	61	0,6	Eunotia_sp. 1	1	0,1
Tabellaria_floculosa	57	0,6	Gomphonema_sp. 4	1	0,1
Gloeotheca_sp.	48	0,5	Cyclotella_sp.	1	0,0
Amphipleura_sp. 1	42	0,4	TOTAL	1958	100
Gomphoneis_sp. 1	37	0,4			
Chlamydomales_sp.	36	0,4			
Fragilaria_sp. 2	34	0,4			
Cymbella_sp. 2	30	0,3			
Gomphonema_sp. 4	30	0,3			
Ephithemia_sp.	23	0,2			
Eunotia_arcus	22	0,2			
Nitzschia_sp. 1	20	0,2			
Gloeocapsa_sp.	20	0,2			
Nitzschia_sp. 2	19	0,2			
Gomphoneis_sp. 2	16	0,2			
Melosira_sp. 2	16	0,2			
Pseudabaena_sp.	15	0,2			
Surirella_ovata	15	0,2			
Stauroneis_sp. 1	13	0,1			
Gomphonema_sp. 3	13	0,1			
cymbella prostata	11	0,1			
Piatoma_sp.	11	0,1			
Diatomella_sp.	10	0,1			
Neidium_iridis	8	0,1			
Amphora_sp.	7	0,1			

Anexo c. Especies dominantes en cada microcuenca de estudio.

Dos Chorreras_Especies	AT	AR	Río Machángara_Especies	AT	AR
Tabellaria_sp. 1	2248	37,1	Achnanthidium_sp.	2044	28,1
Achnanthidium_sp.	1091	18,0	Ceratoneis_sp. 1	1420	19,5
Synedra_sp.	675	11,1	Synedra_sp.	1032	14,2
Ephithemia_sp.	568	9,4	Navicula_sp. 2	624	8,6
Navicula_sp. 1	348	5,7	Gomphonema_sp. 1	422	5,8
Diatoma_sp.5	223	3,7	Tabellaria_sp. 1	410	5,6
Diatoma_sp.2	197	3,2	Pinnularia_sp. 1	233	3,2
Amphipleura_pellucida	180	3,0	Gomphonema_sp. 4	187	2,6
Navicula_sp. 2	130	2,1	Navicula_sp. 1	145	2,0
Ceratoneis_sp. 1	84	1,4	Cymbella_sp. 1	129	1,8
Pinnularia_sp. 1	59	1,0	Melosira_sp. 1	120	1,6
Cymbella_sp. 1	58	1,0	Amphipleura_pellucida	88	1,2
Diatoma_sp.1	54	0,9	Fragilaria_sp. 1	70	1,0
Fragilaria_sp. 1	44	0,7	Gomphonema_sp. 3	40	0,5
Gomphonema_sp. 1	34	0,6	Ephithemia_sp.	34	0,5
Gomphonema_sp. 3	12	0,2	Amphora_sp.	30	0,4
Stauroneis_sp. 1	10	0,2	Stauroneis_sp. 1	27	0,4
Amphora_sp.	10	0,2	Diatoma_sp.5	25	0,3
Eutonia_sp. 3	9	0,1	Diatoma_sp.1	24	0,3
Melosira_sp. 1	7	0,1	Diatoma_sp.2	23	0,3
Eunotia_sp. 1	4	0,1	Cocconeis_sp.1	22	0,3
Gomphonema_sp. 4	4	0,1	Fragilaria_construens	19	0,3
Stephanodiscus_sp.	3	0,0	Gomphonema_sp. 6	16	0,2
Cyclotella_sp.	3	0,0	Tabellaria_sp. 2	14	0,2
Gomphonema_sp. 6	2	0,0	Gomphonema_sp. 5	11	0,1
cymbella prostata	1	0,0	cymbella prostata	10	0,1
Diploneis_sp.1	1	0,0	Zygnema_sp.	7	0,1
Gomphonema_sp.2	1	0,0	Faccia conmesurale	7	0,1
Gomphonema_sp. 5	1	0,0	Diatoma_sp.3	6	0,1
Bulbochaete_sp.	1	0,0	Gomphonema_sp.2	6	0,1
Cocconeis_sp.1	1	0,0	Cyclotella_sp.	5	0,1
Denticula sp.	1	0,0	Amphora_ovalis	4	0,0
Fragilaria_construens	1	0,0	Cymbella_sp. 2	3	0,0
Stauroneis anceps	1	0,0	Frustula	3	0,0
TOTAL	6058	100,0	Stephanodiscus_sp.	3	0,0
			Denticula sp.	3	0,0
			Diploneis_sp.1	3	0,0
			Eunotia_sp. 1	3	0,0
			Surirella_angustata	3	0,0
			Gomphoneis_sp. 1	2	0,0
			Nitzchia_sp. 1	2	0,0
			Microspora_sp.	2	0,0
			Dedogonium_sp.2	1	0,0
			Placoneis_sp.	1	0,0
			Bulbochaete_sp.	1	0,0
			Dedogonium_sp.1	1	0,0
			Eunotia_arcus	1	0,0
			Eutonia_sp. 2	1	0,0
			Eutonia_sp. 3	1	0,0
			Girosigma_sp.	1	0,0
			TOTAL	7276	100

Río Migüir_Especies	AT	AR	Río Patul_Especies	AT	AR
Melosira_sp. 1	1128	11,0	Navicula _sp. 2	183	22,1
Ceratoneis_arcus	1057	10,3	Navicula _sp. 1	138	16,6
Navicula _sp. 1	985	9,6	Tabellaria _sp. 1	117	14,1
Fragilaria _sp. 1	767	7,5	Achnantheidium _sp.	72	8,6
Achnantheidium _sp.	687	6,7	Pinnularia _sp. 1	62	7,4
Diatoma _sp.1	653	6,4	Fragilaria _sp. 1	51	6,2
Amphipleura_pellucida	619	6,0	Synedra _sp.	47	5,7
Pinnularia _viridus	584	5,7	Melosira _sp. 1	23	2,8
Navicula _sp. 2	531	5,2	Diatoma _sp.2	13	1,6
Nitzschia _sp. 1	468	4,6	Stauroneis _sp. 1	13	1,6
Cymbella _sp. 1	444	4,3	Ceratoneis _sp. 1	11	1,3
Synedra _sp.	306	3,0	Aulacoseria _sp.	9	1,0
Cymbella _helvetica	215	2,1	Zygnema _sp.	9	1,0
Gomphonema _sp. 1	176	1,7	Amphipleura_pellucida	8	0,9
Tabellaria _sp. 1	172	1,7	Cymbella _sp. 1	8	0,9
Gloeocapsa _sp.	140	1,4	Faccia conmesurale	8	0,9
Pseudabaena _sp.	123	1,2	Tabellaria _sp. 2	7	0,8
Ephithemia _sp.	121	1,2	Denticula _sp.	7	0,8
Placoneis _sp.	103	1,0	Denticulada _sp.	6	0,7
Coscinodiscus_pantocseki	102	1,0	Diatoma _sp.5	6	0,7
Gomphonema _sp. 1	74	0,7	Gomphonema _sp. 1	6	0,7
Nitzschia _amphibia	65	0,6	Eunotia _sp. 1	4	0,5
Planktosphaeria _sp. 1	62	0,6	Frustula	4	0,5
Tabellaria _sp. 2	59	0,6	Amphora _sp.	4	0,4
Stauroneis _sp. 1	54	0,5	Eutonia _sp. 3	4	0,4
Gloeotheca _sp.	48	0,5	Gomphonema _sp. 3	4	0,4
Tabellaria _floculosa	47	0,5	Diploneis _sp.1	3	0,4
Diatoma _sp.2	45	0,4	Navicula _sp. 3	3	0,3
Pinnularia _sp. 1	44	0,4	Amphora _ovalis	1	0,1
Cocconeis _placentula	42	0,4	Denticula _tenuis	1	0,1
Stephanodiscus _sp.	37	0,4	Ephithemia _sp.	1	0,1
Cosmarium _sp.	35	0,3	Gomphonema _sp.2	1	0,1
Rhoicosphenia _sp.	33	0,3	Cocconeis _sp.1	1	0,1
Surirella _ovata	21	0,2	Cosmarium _sp.	1	0,1
Amphora _ovalis	20	0,2	Rhopalodia _sp.	1	0,1
Rhopalodia _sp.	17	0,2	TOTAL	828	100,0
Diploneis _ovalis	16	0,2			
Zygnema _sp.	15	0,1			
Pinnularia _gibba	14	0,1			
Cydotella _sp.	13	0,1			
Gomphonema _sp. 4	11	0,1			
Gomphonema _olivaceum	10	0,1			
Gomphonema _sp.2	10	0,1			
Nitzschia _sp. 2	9	0,1			
Gomphonema _sp. 3	8	0,1			
Cymbella _sp. 2	5	0,0			
Diatoma _sp.3	5	0,0			
Nitzschia _palea	5	0,0			
Stauroneis _sp. 2	5	0,0			
Surirella _sp. 1	4	0,0			
Surirella _angustata	4	0,0			
Hantzschia _amphioxys	3	0,0			
Nitzschia _sigmoidea	3	0,0			
Oedogonium _sp.	3	0,0			
Staurostrum _sp. 1	3	0,0			
Bulbochaete _sp.	2	0,0			
Denticulada _sp.	2	0,0			
Surirella _biseriata	2	0,0			
Surirella _robusta splendida	2	0,0			
Cavinula _sp.	1	0,0			
Gomphonema _sp. 5	1	0,0			
Hantzschia _sp. 1	1	0,0			
Nitzschia _amphioxys	1	0,0			
Achnanthes _clevel	1	0,0			
Mougeotia _sp.	1	0,0			
Nitzschia _angustata	1	0,0			
Staurostrum _sp. 2	1	0,0			
TOTAL	10230	100,0			

Río Tomebamba_Especies	AT	AR	Río Tenguel_Especies	AT	AR
Tabellaria_sp. 1	2118	34,7	Melosira_sp. 1	3101	46,5
Navicula_sp. 1	685	11,2	Tabellaria_sp. 2	1080	16,2
Melosira_sp. 1	421	6,9	Tabellaria_sp. 1	900	13,5
Cymbella_sp. 1	413	6,8	Navicula_sp. 2	373	5,6
Gomphonema_sp. 1	407	6,7	Gomphonema_sp. 2	138	2,1
Fragilaria_sp. 1	317	5,2	Fragilaria_sp. 1	133	2,0
Navicula_sp. 2	306	5,0	Amphipleura_pellucida	130	1,9
Amphipleura_pellucida	226	3,7	Melosira_sp. 2	124	1,9
Ceratoneis_arcus	159	2,6	Navicula_sp. 3	88	1,3
Cymbella_helvetica	153	2,5	Synedra_sp.	77	1,1
Gloeocapsa_sp.	148	2,4	Pinnularia_sp. 1	67	1,0
Nitzschia_sp. 1	86	1,4	Navicula_sp. 1	59	0,9
Synedra_sp.	76	1,2	Ceratoneis_arcus	48	0,7
Nitzschia_sigmoidea	75	1,2	Tabellaria_flocculosa	47	0,7
Fragilaria_capuccina	68	1,1	Stephanodiscus_sp.	47	0,7
Cymatopleura_solea	44	0,7	Ceratoneis_sp. 1	41	0,6
Pinnularia_viridus	40	0,6	Gomphonema_sp. 1	26	0,4
Gomphonema_sp. 4	37	0,6	Achnanthesidium_sp.	25	0,4
Placoneis_sp.	33	0,5	Nitzschia_sp. 2	20	0,3
Cocconeis_placentula	30	0,5	Cymbella_sp. 1	18	0,3
Coscinodiscus_pantocseki	30	0,5	Gomphonema_sp. 3	16	0,2
Tabellaria_sp. 2	28	0,5	Diatoma_sp. 1	14	0,2
Gomphonema_sp. 3	27	0,4	Pinnularia_gibba	12	0,2
Cyclotella_sp.	24	0,4	Zygnema_sp.	11	0,2
Gomphoneis_sp. 1	20	0,3	Ephithemia_sp.	8	0,1
Gloeotheca_sp.	14	0,2	Gloeotheca_sp.	8	0,1
Diploneis_ovalis	14	0,2	Surirella_ovata	8	0,1
Gomphoneis_sp. 2	12	0,2	Synedra_Vaucheriae	7	0,1
Stauroneis_sp. 1	12	0,2	Surirella_biseriata	6	0,1
Stephanodiscus_sp.	12	0,2	Bulbochaete_sp.	4	0,1
Microspora_confervicola	12	0,2	Gloeocapsa_sp.	4	0,1
Gomphonema_sp. 2	8	0,1	Stauroneis_sp. 1	4	0,1
Pseudabaena_sp.	8	0,1	Diatoma_sp. 5	4	0,1
Stauroneis_anceps	7	0,1	Gomphonema_sp. 4	4	0,1
Bulbochaete_sp.	6	0,1	Pinnularia_viridus	3	0,0
Cymbella_sp. 4	5	0,1	Cyclotella_sp.	2	0,0
Fragilaria_construens	4	0,1	Desmodesmus_sp.	2	0,0
Rhoicosphenia_sp.	4	0,1	Diatoma_sp. 2	2	0,0
Diploneis_sp. 1	3	0,0	Cocconeis_sp. 1	1	0,0
Pinnularia_sp. 1	3	0,0	cymbella_prostata	1	0,0
Nitzschia_fonticola	3	0,0	Denticulada_sp.	1	0,0
Amphora_ovalis	2	0,0	Fragilaria_sp. 2	1	0,0
Hantzschia_amphioxys	2	0,0	Gomphonema_sp. 5	1	0,0
Neidium_sp. 1	2	0,0	Gomphonema_sp. 6	1	0,0
Amphora_sp.	2	0,0	Nitzschia_sp. 1	1	0,0
Aulacoseria_sp.	2	0,0	Placoneis_sp.	1	0,0
Oscillatoria_sp.	2	0,0	Stauroneis_sp. 2	1	0,0
Aphanothece_sp. 2	1	0,0	Amphora_sp.	1	0,0
Euastrum_sp.	1	0,0	Cosmarium_sp.	1	0,0
Cocconeis_sp. 1	1	0,0	Eunotia_arcus	1	0,0
Cymbella_sp. 2	1	0,0	Faccia_conmesurale	1	0,0
Cymbella_sp. 3	1	0,0	Fragilaria_construens	1	0,0
Eunotia_arcus	1	0,0	Frustula	1	0,0
Gomphonema_sp. 5	1	0,0	Gomphonema_olivaceum	1	0,0
Hyalotheca_sp.	1	0,0	Nitzschia_linariis	1	0,0
Piatom_sp.	1	0,0	TOTAL	6663	100,0
Surirella_ovata	1	0,0			
Zygnema_sp.	1	0,0			
TOTAL	6103	100,0			

Río Vivar_Especies	AT	AR	Río Yanuncay_Especies	AT	AR
Tabellaria_sp. 1	199	27,2	Achnanthidium_sp.	386	19,6
Achnanthidium_sp.	136	18,6	Navicula_sp. 1	198	10,1
Navicula_sp. 2	84	11,5	Navicula_sp. 2	158	8,0
Trachelomana sp.2	72	9,8	Tabellaria_sp. 1	149	7,6
Navicula_sp. 1	42	5,7	Synedra_sp.	142	7,2
Tabellaria_sp. 2	22	3,0	Amphipleura_pellucida	110	5,6
Gomphonema_sp. 1	21	2,9	Ceratoneis_sp. 1	96	4,9
Amphipleura_pellucida	20	2,7	Diatoma_sp.1	76	3,8
Stephanodiscus_sp.	20	2,7	Pinnularia_viridus	66	3,4
Melosira_sp. 1	17	2,3	Fragilaria_sp. 1	59	3,0
Cymbella_sp. 1	12	1,6	Melosira_sp. 1	59	3,0
Pinnularia_sp. 1	12	1,6	Pseudabaena_sp.	56	2,9
Diatoma_sp.2	11	1,5	Cymbella_sp. 1	56	2,8
Chroococcus_sp.	10	1,4	Gomphonema_sp. 1	48	2,4
Fragilaria_sp. 1	10	1,4	Pinnularia_sp. 1	48	2,4
Synedra_sp.	6	0,8	Cymbella_helvetica	47	2,4
Ceratoneis_sp. 1	5	0,7	Ephithemia_sp.	42	2,1
Diatoma_sp.1	5	0,7	Stauroneis_sp. 1	31	1,6
Hantzschia_sp. 1	5	0,7	Diatoma_sp.2	26	1,3
Trachelomona sp.1	5	0,7	Zygnema_sp.	20	1,0
Gomphonema_sp. 3	4	0,5	Cymbella_sp. 2	17	0,9
Microspora_confervicola	3	0,4	Gloeocapsa_sp.	12	0,6
Cocconeis_placentula	2	0,3	Stauroneis_sp. 2	9	0,5
Microspora_sp.	2	0,3	Amphora_sp.	8	0,4
Pleurotaerium	2	0,3	Bulbochaete_sp.	8	0,4
Anabaena_sp.	1	0,1	Gomphoneis_sp. 1	6	0,3
Eutonia_sp. 3	1	0,1	Gomphonema_sp. 4	5	0,3
Facciaconmesurale	1	0,1	Amphora_ovalis	4	0,2
Stauroneis_sp. 1	1	0,1	Gomphonema_sp.2	4	0,2
Surirella_sp. 1	1	0,1	Coscinodiscus_pantocseki	3	0,2
TOTAL	732	100,0	Gomphonema_sp. 3	3	0,2
			Anomoeoneis_sp. 1	3	0,1
			Diploneis_ovalis	2	0,1
			Placoneis_sp.	2	0,1
			Ceratoneis_arcus	1	0,1
			Eunotia_arcus	1	0,1
			Gomphonema_sp. 6	1	0,1
			Nitzschia_sp. 1	1	0,1
			Rhopalodia_sp.	1	0,1
			Stephanodiscus_sp.	1	0,1
			Rhoicosphenia_sp.	1	0,1
			Aulacoseria_sp.	1	0,0
			Fragilaria_construens	1	0,0
			Gomphonema_sp. 5	1	0,0
			Hantzschia_sp. 1	1	0,0
			Navicula_granulata	1	0,0
			Tabellaria_sp. 2	1	0,0
			TOTAL	1971	100,0

Sitios de muestreo	Riqueza específica
Río Balao 1	73
Río Balao 2	64
Río Cañar 1	51
Río Cañar 2	51
Dos Chorreras 1	49
Dos Chorreras 2	46
Río Machángara 1	41
Río Machángara 2	40
Río Miguir 1	40
RN2Río Miguir 2	36
Río Patul 1	36
Río Patul 2	32
Río Tomebamba 1	30
Río Tomebamba 2	30
Río Tenguel 1	29
Río Tenguel 2	28
Río Vivar	25
Río Yanuncay	25
Río Yanuncay 1	25
Río Yanuncay 2	23

Anexo d. Riqueza específica por sitio de muestreo.

Tabla 5. Tabla de resultados del Análisis de varianza (ANOVA).

Table Analyzed	One-way ANOVA data			
Repeated measures ANOVA summary				
Assume sphericity?	No			
F	3,797			
P value	0,0056			
P value summary	**			
Statistically significant (P < 0.05)?	Yes			
Geisser-Greenhouse's epsilon	0,4199			
R square	0,02756			
Was the matching effective?				
F	5,301			
P value	< 0,0001			
P value summary	****			
Is there significant matching (P < 0.05)?	Yes			
R square	0,3642			
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd) P value
Treatment (between columns)	831209	9	92357	F (3,779, 506) P = 0,0056
Individual (between rows)	17280000	134	128926	F (134, 1206) P < 0,0001
Residual (random)	29330000	1206	24322	
Total	47440000	1349		
Data summary				
Number of treatments (columns)	10			
Number of subjects (rows)	135			

Microcuencas de estudio	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Simpson_1-D	Shannon_H	Equitability_J
Río Balao	88	9576	0,096	0,90	3,01	0,671
Río Cañar	26	1963	0,108	0,89	2,49	0,763
Dos Chorreras	34	6066	0,198	0,80	2,07	0,586
Río Machángara	50	7289	0,154	0,85	2,31	0,591
Río Migüir	67	10246	0,063	0,94	3,08	0,733
Río Patul	35	837	0,117	0,88	2,57	0,722
Río Tomebamba	58	6121	0,155	0,84	2,51	0,619
Río Tenguel	55	6678	0,265	0,73	1,94	0,485
Río Vivar	30	732	0,140	0,86	2,43	0,716
Río Yanuncay	47	1972	0,080	0,92	2,91	0,756

Sitios de muestreo	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Simpson_1-D	Shannon_H	Equitability_J
Río Balao 1	64	9212	0,11	0,888	2,73	0,656
Río Balao 2	73	9896	0,10	0,902	2,92	0,680
Río Cañar 1	25	2917	0,11	0,893	2,47	0,766
Río Cañar 2	23	999	0,15	0,846	2,19	0,699
Dos Chorreras 1	25	8512	0,25	0,749	1,84	0,570
Dos Chorreras 2	30	3604	0,13	0,873	2,36	0,695
Río Machángara 1	40	12910	0,17	0,830	2,15	0,583
Río Machángara 2	40	1642	0,07	0,926	2,94	0,796
Río Migüir 1	49	11242	0,10	0,902	2,68	0,689
Río Migüir 2	51	9217	0,09	0,915	2,83	0,720
Río Patul 1	25	940	0,21	0,792	2,03	0,632
Río Patul 2	29	715	0,12	0,877	2,48	0,738
Río Tomebamba 1	36	6962	0,35	0,655	1,71	0,478
Río Tomebamba 2	51	5244	0,08	0,923	2,94	0,748
Río Tenguel 1	41	11093	0,35	0,646	1,63	0,439
Río Tenguel 2	36	2233	0,41	0,588	1,64	0,457
Río Vivar	30	732	0,14	0,860	2,43	0,716
Río Yanuncay	28	1436	0,11	0,886	2,43	0,728
Río Yanuncay 1	46	2032	0,10	0,904	2,71	0,708
Río Yanuncay 2	32	2455	0,14	0,856	2,46	0,709
TOTAL		103993				

Anexo e. Tabla de resultados de cálculos de diversidad alfa, por microcuencas de estudio y sitios de muestreo.

Especie	código	Especie	Código	Especie	Código
Achnanthes_clevei	Ach_cle	Ephithemia_sp.	Eph-sp	Nitzschia_amphibia	Nit_am
Achnanthes_sp.	Ach_sp	Euastrum_sp.	Eua_sp	Nitzschia_amphioxys	Nit_amp
Amphipleura_pellucida	Amp_pell	Eunotia_arcus	Eun_ar	Nitzschia_angustata	Nit_an
Amphipleura_sp.1	Amp_sp	Eunotia_sp.1	Eun1	Nitzschia_fonticola	Nit_fo
Amphora_sp.	Aph_sp	Eutonia_sp.2	Eun2	Nitzschia_liniaris	Nit_li
Amphora_ovalis	Aph_ov	Eutonia_sp.3	Eun3	Nitzschia_palea	Nit_pa
Anabaena_sp.	Anb_sp	Faccia_conmesurale	Fa_com	Nitzschia_sigmoidea	Nit_sig
Anomoeoneis_sp.1	Anm_sp	Fragilaria_capuccina	Frg_cp	Nitzschia_sp.1	Nit1
Aphanothece_sp.1	Apt_sp	Fragilaria_construens	Frg_con	Nitzschia_sp.2	Nit2
Aphanothece_sp.2	Apt_sp2	Fragilaria_crotonensis	Frg_cr	Oedogonium_sp.	Oed_sp
Aulacoseria_sp.	Aul_	Fragilaria_sp.1	Frg1	Oscillatoria_sp.	Osc_sp
Bulbochaete_sp.	Bub_sp	Fragilaria_sp.2	Frg2	Piatoma_sp.	Pia_sp
Cavinula_sp.	Cav_sp	Fragilaria_sp.3	Frg3	Pinnularia_gibba	Pinn_gi
Ceratoneis_arcus	Cer_ar	Frustula	Frus	Pinnularia_sp.1	Pinn_sp
Ceratoneis_sp.1	Cer_sp	Girosigma_sp.	Giro_sp	Pinnularia_viridus	Pinn_vi
Chlamydomales_sp.	Chly_sp	Gloeocapsa_sp.	Glo_sp	Placoneis_sp.	Pla_sp
Chroococcus_sp.	Chr_sp	Gloethece_sp.	Glot_sp	Planktosphaeria_sp.1	Plnkt1
Cocconeis_placenticula	Coc_pl	Gomphoneis_sp.1	Gop1	Planktosphaeria_sp.2	Plnkt2
Cocconeis_sp.1	Coc_sp	Gomphoneis_sp.2	Gop2	Pleurotaerium	Pleur
Coelastrum_sp.	Cols_sp	Gomphonema_acuminatum	Gom_ac	Pseudabaena_sp.	Psd_sp
Coloneis_silicula	Col_sil	Gomphonema_olivaceum	Gom_ol	Rhoicosphenia_sp.	Rho_sp
Coscinodiscus_pantocis	Cosc_pa	Gomphonema_sp.1	Gom1	Rhopalodia_sp.	Rhp_sp
Cosmarium_sp.	Cosm_sp	Gomphonema_sp.2	Gom2	Staurastrum_sp.1	Staur1
Cyclotella_sp.	Cyt_sp	Gomphonema_sp.3	Gom3	Staurastrum_sp.2	Staur2
Cymbella_helvetic	Cyb_he	Gomphonema_sp.4	Gom4	Stauroneis_anceps	Stn_an
Cymatopleura_solea	Cymt_so	Gomphonema_sp.5	Gom5	Stauroneis_sp.1	Stn1
Cymbella_sp.1	Cyb_sp	Gomphonema_sp.6	Gom6	Stauroneis_sp.2	Stn2
cymbella_prostata	cyb_pr	Gracilaria_verrucosa	Gra_ve	Stephanodiscus_sp.	Stph_sp
Cymbella_sp.2	Cyb2	Hantzschia_amphioxys	Han_am	Suriella_angustata	Sur_ang
Cymbella_sp.3	Cyb3	Hantzschia_sp.1	Han_sp	Suriella_biseriata	Sur_bi
Cymbella_sp.4	Cyb4	Hyalotheca_sp.	Hyal-sp	Suriella_ovata	Sur_ov
Dedogonium_sp.2	Ded2	Melosira_granulata	Mel_gr	Suriella_robusta_splendida	Sur_ro
Dedogonium_sp.1	Ded3	Melosira_sp.1	Mel1	Suriella_sp.1	Sur-sp
Denticula_sp.	Det_sp	Melosira_sp.2	Mel2	Synedra_sp.	Syn_sp
Denticula_tenuis	Det_te	Micropora_sp.	Mic_sp	Synedra_Vaucheriae	Syn_va
Denticulada_sp.	Dent_sp	Micropora_confervicola	Mic_co	Tabelaria_flocculosa	Tab_fl
Desmodesmus_sp.	Desm_sp	Mougeotia_sp.	Moug	Tabellaria_sp.1	Tab1
Diatoma_sp.1	Diat1	Navicula_granulata	Nav_gr	Tabellaria_sp.2	Tab2
Diatoma_sp.2	Diat2	Navicula_pupula	Nav_pu	Trachelomona_sp.1	Trach1
Diatoma_sp.3	Diat3	Navicula_sp.1	Nav1	Trachelomona_sp.2	Trach2
Diatoma_sp.5	Diat5	Navicula_sp.2	Nav2	Triceratium_sp.1	Tric1
Diatomea_sp.	Ditm	Navicula_sp.3	Nav3	Triseratium_sp.2	Tris2
Diatomella_sp.	Dit1	Neidium_iris	Nei_iri	Zygnema_sp.	Zyg_sp
Diploneis_ovalis	Dpl_ov	Neidium_sp.1	Nei1		
Diploneis_sp.1	Dpl_sp	Neidium_sp.2	Nei2		

Anexo f. Códigos (especies) empleados en el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC).

Anexo g. Imágenes de microalgas vistas a través del microscopio



Ilustración 1. *Gomphonema sp.6*



Ilustración 2. *Navicula sp.2*



Ilustración 3. *Amphipleura pellucida* y *Ceratoneis* sp.

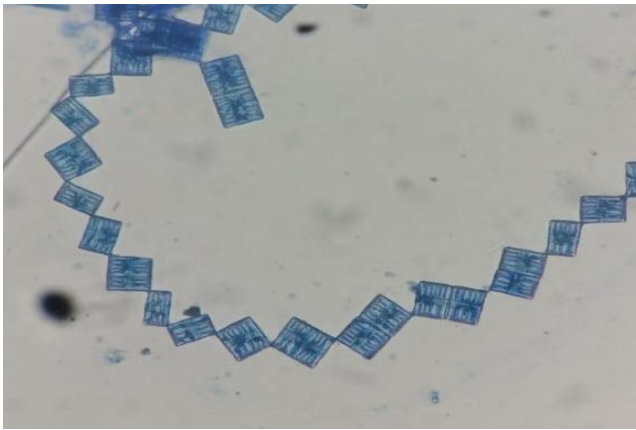


Ilustración 4. *Tabellaria* sp.1

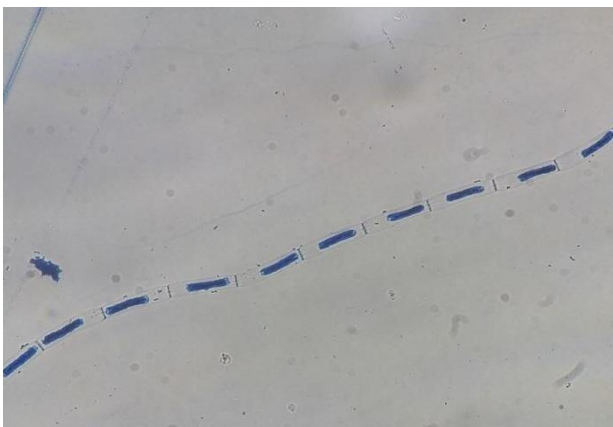


Ilustración 5. *Melosira* sp.

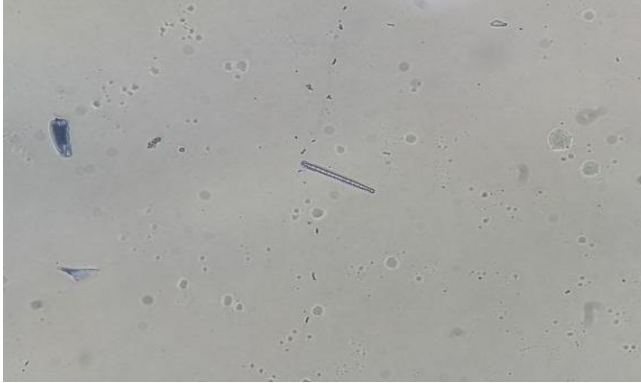


Ilustración 6. *Diatoma* sp. 5

Fase de laboratorio



Ilustración 7. Limpieza de las microalgas con peróxido de hidrógeno



Ilustración 8. Muestra de microalgas para la limpieza



Ilustración 9. Muestras listas para la limpieza

Salida de campo



Ilustración 10. Río Yanuncay



Ilustración 11. Río Yanuncay punto 1



Ilustración 12. Río Balao



Ilustración 13. Piedras con muestra de microalgas



Ilustración 14. Piedras con muestra de microalgas lista para la recolección



Ilustración 15. Río Migüir



Ilustración 16. Río Cañar